

입체 영상 디스플레이 기술 개발 동향

권용무 박사, 김상국 박사
한국과학기술연구원 정보전자연구부

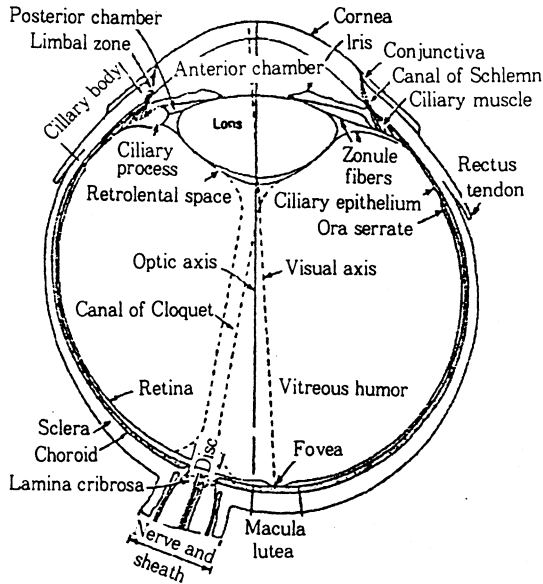
- 1. 서 론
- 2. 입체감의 기본원리
- 3. 입체영상 디스플레이
- 4. 다시점 영상표시 기술
- 5. 연구개발 동향
- 6. 맺음말

1. 서 론

우수한 입체감과 실제감이 풍부한 영상을 표시하는 방법으로 입체 영상 표시 기술이 주목되고 있다. 최근 의학, 교육, CG, 게임, 인공현실감등 여러 분야에 입체 영상 기술이 실용화되기 시작한 것은 디스플레이 디바이스의 현저한 진보, 디지털 영상 신호처리 기술, CG 영상, 인간의 입체시에 대한 연구등의 진보에 크게 의존하고 있다. 본 기고에서는 인간의 입체시의 주요 요인에 대해 살펴보고 이들 요인 중 인간의 입체시에 가장 큰 영향을 갖는 양안의 시차에 의한 입체 영상 디스플레이 방식의 원리 및 최근의 기술 개발 동향을 소개한다.

2. 입체감의 기본 원리

인간에는 시각, 청각, 촉각, 후각, 미각의 5감이 존재하며 일상생활에서 90% 이상을 시각계로 부터 정보를 얻어 행동한다. 인간의 대뇌는 다양한 기능을 복잡하게 분할하여 인식하고 있으며 시각은 대뇌의 후두엽에서 인식하며 눈 망막으로 부터 대뇌 후두엽까지 시각 정보를 전달, 처리하는 망을 시각계라 부른다. [그림 2.1]은 인간의 안구의 구조를 나타낸 것으로 우리가 알고 있는 카메라 구조와 유사함을 알 수 있다. 즉 망막은 필름면에 상당하며 오목렌즈는 수정체에 상당한다.



[그림 2.1] 인간의 안구 구조

1억 3000만개의 시세포에 결상된 상은 세포의 광화학 반응에 의해 광자극에 따라 그 수가 증감하는 스파이크 모양의 전위차 신호로 광전 변환이 일어난다. 이 신호는 시신경 섬유를 병렬로 진행하며 이 과정에서 입력된 정보는 고도의 신호처리를 거쳐 망막으로부터 0.1초 정도의 시간내에 좌우의 대뇌 후두엽의 중추에 전달된다.

깊이감 있는 3차원 화상을 망막상에서는 2차원적인 정보로 밖에는 포착할 수 없으며 따라서 단안으로는 깊이감을 직접적으로 감지하는 것이 어렵다. 대상물을 3차원적으로 지

<표 1> 인간의 입체시 요인

요인	항목	원	근	깊이감의 감도(적용범위)	특징	
시각적요인	생리적요인 1) 수정체의 조절 2) 양안의 폭주각 3) 양안의 시차 4) 단안의 운동시각 5) 빨려들어가는 효과	얇게 작음 작음 작음	두껍게 큼 큼 큼	수십배 수백배 백배	(수m이하) (10m이하) (10m이하) (수m이상) (수m이상)	단안가능 양안필요 양안필요 단안가능 단안가능
	심리 기억적요인 1) 물체의 크기 2) 물체의 높낮이 3) 물체의 중첩 4) 물체의 조절 5) 형상 6) 선원근법 7) 면원근법	작음 높음 후밀	큼 낮음 전조		(수m이상)	단안가능
	광학적요인 1) 명암 2) 콘트라스트 3) 채도 4) 색상도 5) 해상도 6) 음영	암약 청색소	명강 선명 적색대		(수m이상)	단안가능
시각외요인	청각 후각 촉각 기타 감각(진동, 바람, 온도, 유체 등)	소약	대강			

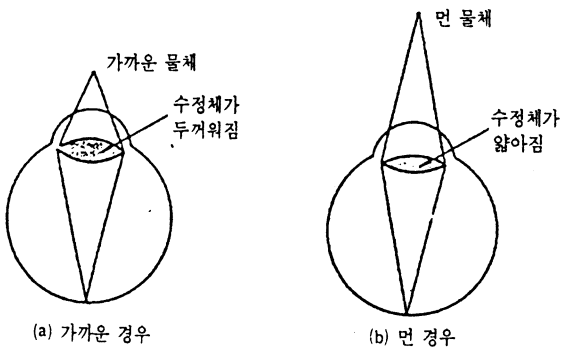
각할수 있는 인간의 입체감은 대부분 시각기 관으로 부터 직접적으로 입체감을 얻는 “생 리적 요인”과 망막에 결상된 망막상으로 부 터 기억, 경험에 의한 판단으로 3차원 감각을 얻는 “심리·기억적 요인”이 있다.

인간의 입체시를 느끼는 요인으로는 <표 1>과 같이 설명하고 있다. 즉 눈의 특성으로 부터 오는 생리적요인, 망막상으로 부터 얻어 지는 심리·기억적인 요인 및 시각외로 기인 하는 항목등이 있다.

가. 생리적인 요인으로 인한 입체시

(1) 수정체의 조절

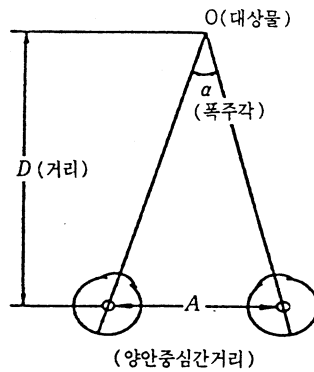
대상물을 선명하게 보도록 눈은 모양체 근 육을 움직여 [그림 2.2]에 나타낸 바와 같이 수정체의 두께를 가까운 곳은 두껍게, 먼곳은 얇게 조절함에 의해 눈의 초점이 대상물에 맞 게 한다. 이 조절량을 감지함에 의해 단안으 로도 입체감을 느낄수 있으나 그 효과는 수 m이내로 한정되며 수정체 단독적인 효과로는 입체시를 느끼는데 거의 유효하지 않다.



[그림 2.2] 물체의 원근에 따른 수정체 조절

(2) 양안의 폭주각(convergence angle)

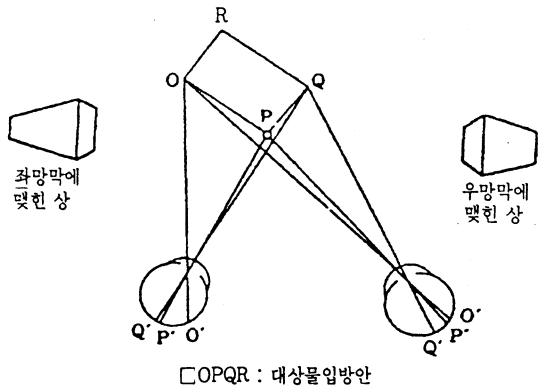
[그림 2.3]에 나타낸 바와 같이 대상물을 양안으로 주시할때 양안의 시선이 그 주시점 과 만나는 교각을 폭주각이라고 하며 시거리 에 대응해서 일정의 폭주각이 되도록 안구를 내측에서 회전시켜 주시점이 시력 및 색판별 능력이 우수한 망막의 중심에 오도록 자동적 으로 조절한다. 이 근육의 운동에 의해 대상 물의 거리감을 느끼게 된다. 이 효과는 양안 의 간격이 평균적으로 65mm 이므로 약 20m 내외로 제한된다.



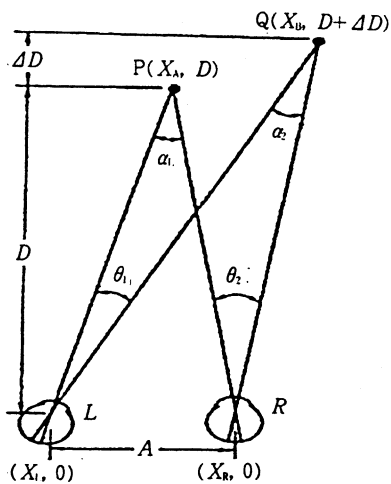
[그림 2.3] 폭주각(convergence angle)

(3) 양안의 시차(binocular parallax)

양안의 간격(65mm) 으로 인해 대상물의 각 점들은 양안의 망막에서 서로 다른 위치에 결상되게 되며 우측 눈 및 좌측 눈에서 동일 한 대상물을 보았을때 양안간의 시 각도차를 양안 시차(binocular parallax) 라고 한다. 이 양안시차는 인간의 입체시에 대한 생리적 요인 중 가장 큰 효과를 나타내며 가까운 대



[그림 2.4] 양안 시차에 의한 좌우 망막에 맺히는 상의 차이

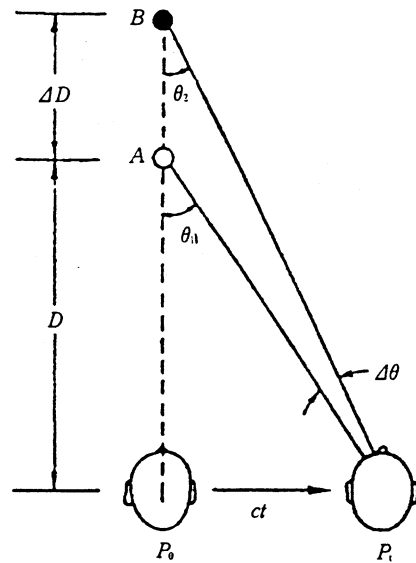


[그림 2.5] 물체의 원근에 따른 양안의 시차 상물은 양안 시차가 크며 먼 물체는 양안시차가 작게된다. [그림 2.4]는 양안 시차에 의해 좌우 망막에 맺히는 상이 서로 다름을 나타내며 [그림 2.5]는 물체의 원근에 의해 양안의 시차가 달라짐을 나타낸다.

(4) 단안의 운동 시차

움직이는 열차나 자동차에서 풍경을 보면 가까운 곳은 빠르게 먼곳은 천천히 움직이는 것을 느낄수 있으며 이 느낌에 의해 원근감의

입체시를 가질수 있다. 같은 원리로 단안으로 물체를 보면서 물체 또는 시점 방향을 이동시키면 망막상에 시차가 생기고 양안시와 동일한 효과를 발생시킬수 있으며 이를 단안 운동 시차(monocular movement parallax) 라고 부른다. [그림 2.6]은 운동 시차에 의해 물체의 원근에 대한 입체시가 나타남을 나타낸다.



[그림 2.6] 운동 시차

(5) 빨려들어가는 효과

관찰자가 시야각이 넓은 대화면을 보고 있으면 자신이 화상 공간속으로 빨려 들어가는 것 같은 착각을 느끼게 됨에 의해 2차원 화상으로 부터 입체감을 느끼게 된다.

나. 심리·기억적 요인으로 인한 입체시

인간은 과거의 경험 및 기억에 근거하여 상상력의 도움을 받아 망막상에 맺힌 평면적인

2차원 화상으로 부터 어느 정도의 입체감을 느낄수 있다.

심리 기억적인 요인으로는 기하학적인 2차원 도면으로 부터 얻는 입체시와 광의 농담으로 부터 얻는 입체시로 나눌 수 있다. 그러나 이들 효과를 이용한 화상 표시는 인간의 착시 현상에 의해 입체감을 느끼는 것이며 생리적 요인과의 상승효과에 의해 보다 현실감있는 입체감을 느낄수 있다.

(1) 기하학적 입체시

물체의 대소 : 건물들이 늘어서 있는 도시 풍경에서 크게 보이는 것은 가까이 있으며 작게 보이는 것은 멀리 있다는 통상적인 인식에 의해 입체감을 느낄수 있다.

물체의 높낮이 : 풍경화에서 높게 보이는 산과 낮게 보이는 논 사이에는 역시 원근감을 느낄수 있다. 높이 있는 물체는 먼 곳에 있는 것으로 느끼며 낮은 곳에 있는 것은 가까이 있는 것으로 느낄수 있으며 이로 인해 입체감을 느낄수 있다.

물체의 겹침 : 가까이 있는 것은 모든 물체가 다 보이며 멀리 있는 것은 앞에 있는 물체에 의해 가려서 보이게 된다. 이와 같이 물체간의 겹침 정보에 의해 입체감을 느낀다.

물체의 조밀함 : 가까이 있는 물체와 멀리 있는 물체간에는 물체 영상의 조밀성에 차이가 있으며 이에 의해 입체감을 느낄수 있다.

형상 : 물체의 오목함과 볼록함에 의해 입체감을 느낄수 있다.

선원근법 : 물체의 주변에 여러 개의 선이 만나는 그림을 사용해 물체의 원근감을 줄 수 있다.

(2) 광학적 입체시

명암·음영 : 명암 및 음영을 이용함에 의해 입체감을 느낄수 있다. 이 기법은 컴퓨터 그래픽스에서 일반적으로 이용하고 있는 방법이다.

contrast : 일상 경험에서 알수 있듯이 가까운 곳은 contrast가 높고 먼 곳은 contrast가 낮음을 알 수 있다.

채도·색상 : 명암뿐만 아니라 색의 채도 및 색상에 의해서도 원근감을 줄 수 있다. 즉 가까운 곳은 색이 선명하나 먼 곳은 대기중의 여러가지 상황에 의해 채도 및 색상이 변화하는 효과에 의한 것이다.

해상도 : 해상도를 이용해 윤곽의 선명도에 차이를 줌에 의해 원근감을 느낄 수 있다.

3. 입체 영상 디스플레이 방식

입체 영상을 표시하는 방식으로서는 특수 안경을 사용하는 방식, 특수 안경을 사용하지 않는 방식 및 호로그래피 방식이 있다. 앞의 두 방식은 인간의 좌안 및 우안에 보이는 영상이 다를 경우 입체감을 느끼는 양안의 시차 원리를 이용하는 방식으로서 기존의 2차원 영상 표시 기술을 그대로 이용할 수 있는 장점을 가진다. 한편 호로그래피 기술을 이용한 입체 영상 기술은 앞의 두 방법과는 달리 광

〈표 2〉 각종 입체 영상 표시 방법의 성능 비교

구 분	특수안경을 사용하는 방식	특수안경을 사용하지 않는 방식	호로그래피 방식
관찰방향 색 상 동 화 상 화면크기 신호전송	촬영방향에 국한됨 천연색 가능 가 능 대화면화 가능 기존의 TV 전송 기술 사용 가능함	촬영방향에 국한됨 천연색 가능 가 능 화면을 크게 하는데 기술적 어려움 기존의 TV 전송 기술 사용 가능함	시역이 넓음 천연색 어려움 어 려 움 화면을 크게 하는 것이 원리적으로 어려움 기존의 TV 전송 기술 사용이 불가능함
원 리	양안의 시차를 이용하는 방식	양안의 시차를 이용하는 방식	3차원 공간에 입체상을 구현할 수 있음
문 제 점	특수안경을 사용하여야 함	입체 가시영역이 한정됨	신호처리 및 전송에 필요 한 정보량이 너무 많음

학적으로 물체의 3차원적인 파형을 3차원 공간에 재생시켜 입체상을 실현하기 때문에 관찰자의 관찰방향에 관계없이 입체감을 느낄 수 있어서 가장 이상적인 입체 표시 방식으로 생각될 수 있다. 그러나 호로그래피 방식은 실용화되기에 아직 기술적으로 해결해야 할 많은 문제점이 남아 있다. 〈표 2〉는 이들 3가지 표시 방식의 특징 및 장단점을 비교한 것이다.

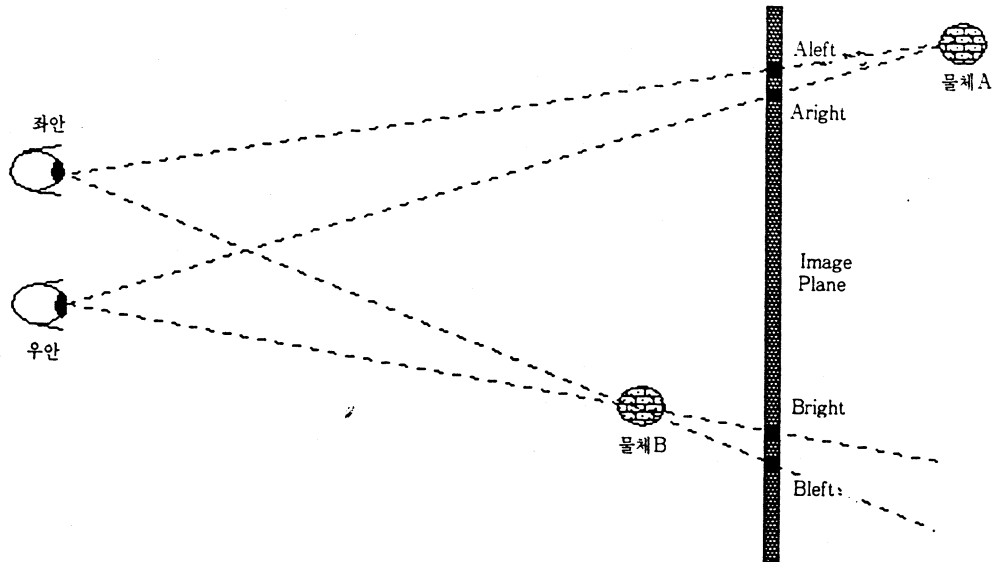
본 장에서는 양안 시차에 대해 보다 자세히 설명하고 양안의 시차를 바탕으로 입체 영상을 표시하는 특수 안경을 사용하는 방식 및 특수 안경을 사용하지 않는 방식의 기본 원리 및 이 방식들의 문제점을 살펴본다.

가. 양안의 시차

시차(Parallax)는 물체의 깊이감을 발생시켜서 입체적인 효과를 만들어내는 중요한 요인이기 때문에 이것에 대한 완전한 이해가 입체 영상 제작에 필수적이다. 일반적으로 시차는 다음과 같이 크게 3가지로 분류될 수 있다.

- Zero parallax(영의 시차)
- Positive parallax(양의 시차)
- Negative parallax(음의 시차)

[그림 3.1]에서 관찰자가 물체 A를 볼 때 image plane상에 생긴 Aright의 x축 좌표가 Aleft의 x축 좌표보다 우측에 있으면 양의 시차라고 하고 이 시차에 의해 물체 A는 image



[그림 3.1] 시차의 종류

plane 즉 디스플레이면 보다 뒤에 있는 것처럼 느껴진다. 반대로 물체 B에 의해 생긴 Bright의 x축 좌표가 Bleft의 x축 좌표보다 좌측에 있으면 음의 시차라고 하고 이런 경우에는 물체가 디스플레이면 보다 앞에 있는 것처럼 느껴진다. 또한 좌우 영상이 화면상에서 동일한 위치에 표시되는 경우를 영의 시차라고 하고 좌/우 영상의 시차가 없으므로 입체감이 전혀 없는데 우리가 현재 흔히 접할 수 있는 2차원 영상 매체에서 보는 영상들은 전부 여기에 속한다.

즉 2차원 화면에서 입체 영상의 구현 방법으로는 좌안 화상을 좌측에 우안 화상을 우측에 배치하면 물체는 화면의 뒤쪽에 있는 것처럼 느끼고, 또 좌안 화상을 우측에 우안 화상을 좌측에 배치하면 물체는 화면의 앞에 있

는 것처럼 느끼게 된다. 이때 물체의 깊이감은 화면에 배치된 좌우화상 사이의 간격에 의해 결정된다. 또한 화면에 좌우화상을 일치시켜 표시하면 물체가 화면 위에 있는 것처럼 느끼게 된다.

나. 특수 안경을 사용하는 방식

특수 안경을 사용하는 방식은 양안의 시차를 이용하여 입체 표시 시스템을 구현하는 가장 잘 알려진 방법 중 하나이다. 이 방식은 기존 2차원 영상 표시 시스템 화면에 좌안으로 보아야 할 화면과 우안으로 보아야 할 화면을 다르게 나타나게 하고 시청자는 특수 안경을 착용하여 좌측 화상은 좌안으로만 그리고 우측 화상은 우안으로만 볼 수 있게 하여 입체감을 느끼게 하는 기술이다.

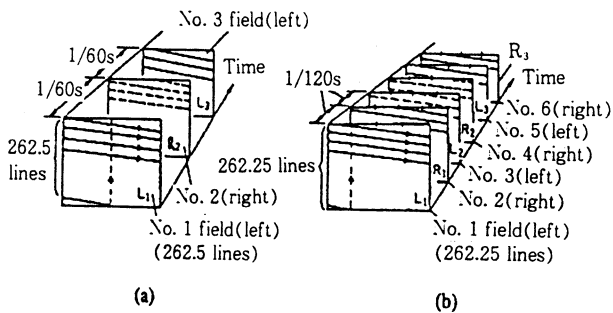
이러한 기술은 초기에는 좌우측 화상을 각각 청색과 적색으로 표시하고 색필터가 있는 안경을 착용하여 화상의 입체감을 느낄 수 있게 하는 아나그리프(Anaglyph) 방법을 사용하였다. 그러나 이 방법은 물체를 천연색으로 표시할 수 없는 결점을 가지고 있어 현재는 많이 사용되지 않고 있다.

고해상도 컬러 동영상 표시가 가능하고 동시에 다수의 사람에게 입체 영상을 보여줄 수 있는 방식으로서 편광 안경을 사용하는 방식이 있다. 이 방식은 화면에 표시되는 좌측 화상과 우측 화상이 각기 다른 편광을 가지고, 시청자가 좌측 안경과 우측 안경에 각기 대응되는 편광판을 부착한 안경을 착용하면 어떤 물체에 대한 좌측 화상과 우측 화상을 분리하여 볼 수 있게 되어 쉽게 입체감을 느낄 수 있게 된다. 최근 2대의 하이 비전 투사형 프로젝터 앞에 서로 다른 편광판을 배치하고 편광안경으로 좌우 영상을 분리해 보는 3D-HDTV 시스템이 개발되었다. 그러나 기본적으로 편광 방식은 입체감이 편광판의 성능에 크게 좌우되기 때문에 편광 성능이 뛰어나지 않은 편광안경을 사용할 경우 좌측 또는 우측에 해당하는 화상이 어느 정도 좌안 또는 우안에서도 보이게 되어 전체적으로 입체감이 떨어지는 문제점이 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 최근에는 좌우 화상을 한 대의 표시기에서 시간적으로 반복되어 나타나게 하고, 액정 셔터를 부착한

특수안경을 사용하여 보는 방법을 개발하였다. 이 방법을 사용하면 액정 셔터의 우수한 스위칭 특성에 의해 좌우 화상을 완전히 분리할 수 있어 입체감을 크게 향상시킬 수 있게 된다. 기본 원리는 좌우 화상을 필드단위로 분리하고 화면에 좌측 필드 영상을 표시할 경우에는 안경의 좌측 액정 셔터가 열리게 하고, 우측 필드 영상을 표시할 경우에는 안경의 우측 액정 셔터가 열리게 하여 좌우측 화상을 각각 좌우측의 눈에만 보이게 한다. 이를 위해서는 화면에 표시되는 좌우 영상과 좌우 안경 셔터가 동기화되어야 한다. 표시되는 영상과 셔터 안경간의 동기화는 종전에는 유선에 의해 이루어졌으나 최근에는 적외선(Infrared) 센서를 사용한 무선 동기 시스템이 쓰인다. 현재 shutter 방식의 입체 표시 시스템은 국내외에서 컴퓨터를 이용한 그래픽 디자인을 위해 상용화되어 널리 이용되고 있다. [그림 3.2(a)]는 NTSC 방식의 인터레이스 표시 방식을 나타낸 것이며 [그림 3.2(b)]는 스테레오 영상의 표시를 위해 시간축에서 멀티플렉싱 방식에 의해 좌우 영상을 표시하는 것을 나타낸다. 이 경우 좌우 영상을 표시하기 때문에 120Hz로 표시하게 된다.

특수 안경을 사용하는 입체 영상 표시 방식은 가상 현실 기술과 관련하여 컴퓨터와 인간의 인터페이스 방식으로서 HMD(Head-Mounted Display)가 개발되어 널리 이용되고 있다. HMD 기술은 1980년대에 NASA



[그림 3.2] 시간축에서의 멀티플렉싱에 의한 입체 영상 표시

(a) interlace 표시(60Hz) (b) 스테레오 영상 표시(120Hz)

연구소가 중심이 되어 개발한 것으로서 헬멧에 소형의 액정 디스플레이를 장착하여 입체 영상을 사용자에게 제공한다. 액정 디스플레이 화면은 광학계에 의하여 먼 곳에 커다란 스크린이 있는 것과 같은 시각 효과를 얻도록 설계되어있다. 최근 헬멧보다도 소형 경량화된 제품이 미국 VPL Research 사에 의해 상품화되어 있다.

다. 특수안경을 사용하지 않는 방식

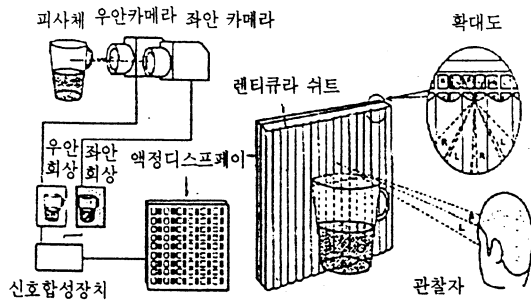
앞에서 설명한 특수 안경을 사용하여 입체 화상을 보는 방식은 입체 화상을 보기 위해서 언제나 특수 안경을 착용하여야 하는 불편함이 있다. 특히 안경을 쓰고 있는 사람은 이미 착용하고 있는 일반 안경 위에 또 다시 특수 안경을 착용하여야 하는 번거로움이 있다. 이러한 불편 때문에 특수안경을 착용하지 않고도 입체 영상을 볼 수 있는 입체 표시 시스템

에 대한 연구가 꾸준히 진행되어 왔다.

현재 안경을 착용하지 않고도 입체 영상을 시청 할 수 있는 방식으로 렌티큐라 쉬트(Lenticular Sheet)를 이용하는 방식, 파라락스 배리어(Parallax Barrier) 방식, 백라이트 분배(Back Light Distribution) 방식 등이 연구되고 있다. 이중 파라락스 배리어 방식은 제작하기가 가장 간단하나 대부분의 빛이 파라락스 배리어에 의해 차단되기 때문에 밝은 화면을 얻을 수 없으며, 백라이트 분배 방식은 시청자의 위치에 대응하는 점에서 두개의 백라이트를 비추어 주어야 하기 때문에 시청자의 위치 추적을 위해 복잡한 정보처리 방법을 필요로 하는 등의 문제점을 가지고 있다. 이러한 이유 때문에 현재까지는 렌티큐라 방식이 가장 실용화 가능성이 크다고 알려져 있다. 여기서는 렌티큐라 방식에 대해 자세히 살펴본다.

(1) 렌티큐라 방식의 기본 원리

렌티큐라 쉬트를 사용한 입체 표시 방식의 기본 원리는 [그림 3.3]에 나타낸 바와 같다. 즉 두 대의 카메라를 사용하여 좌우측 화상을 촬영하고 이렇게 촬영된 두 개의 화상을 신호 처리에 의해 한 화면 위에 규칙적으로 번갈아 배열시킨다. 그리고 실린더 모양의 렌즈들이 일렬로 배치되어 있는 렌티큐라 렌즈를 화면 앞에 설치하면 각각의 화상은 렌티큐라 쉬트를 통과한 후 각각 다른 방향으로 진행하게 되어 우측 화상은 우안에만 보이게 되고 좌측



[그림 3.3] 렌티큐라 방식의 기본 원리

화상은 좌안에만 보이게 되어 시청자는 입체감을 느끼게 된다. 이때 입체감을 느낄 수 있는 시청자의 위치 및 범위 그리고 입체감의 정도 등은 주로 렌티큐라 쉬트의 곡률, 두께, 균일도 등의 특성에 의해 결정된다.

렌티큐라 쉬트는 [그림 3.3]에서 보는 것과 같이 시린더 형태의 렌즈가 일렬로 배열되어 있는 형태이다. 재료로는 투명한 플라스틱을 사용하고 한 개의 렌즈의 폭은 표시기의 화소 폭에 의해 결정된다. 일반적으로 한 개의 렌즈에 좌우화상에 해당하는 두개의 화소가 들어가도록 만들며 이렇게 하면 렌즈효과에 의해 렌즈의 좌측에 있는 화소는 우안에만 보이게 되고 우측에 있는 화소는 좌안에만 보이게 되어 좌우화상의 분리가 가능해진다.

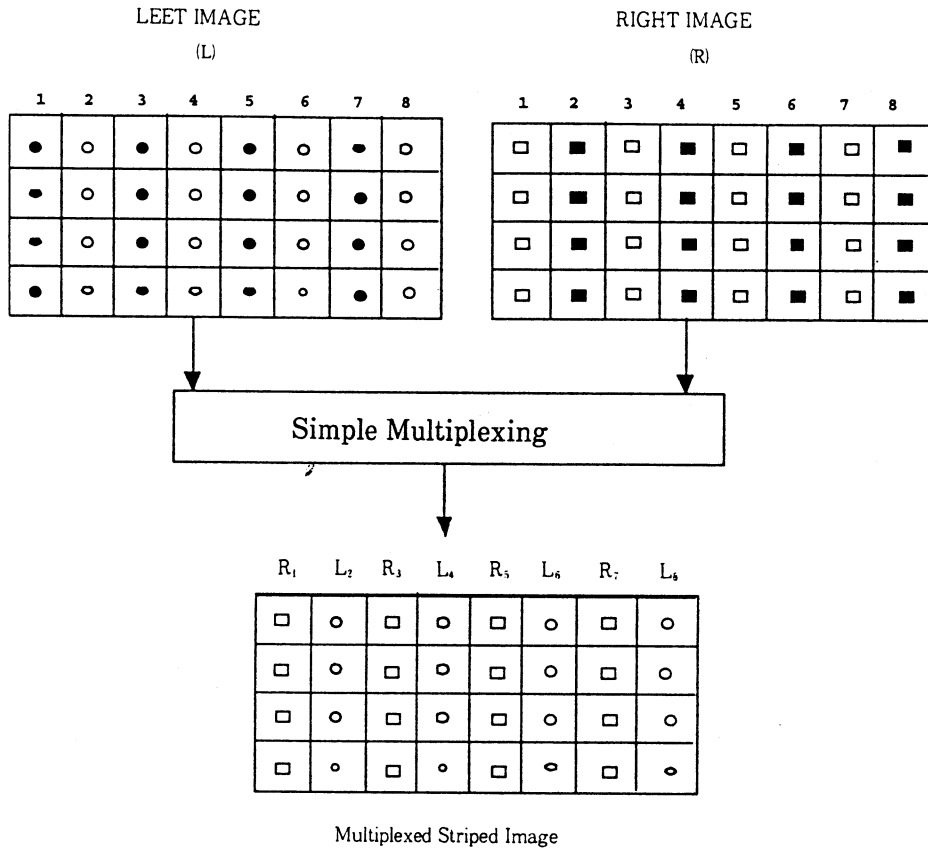
렌티큐라 방식에 의해 특수 안경을 착용하지 않고도 입체 화상을 볼 수 있는 입체 표시 시스템을 만들기 위해서는 우선 좌우화상이 분리된 표시기에 렌티큐라 쉬트를 정확하게 배치하여 좌우화상이 서로 섞이지 않도록 하

는 등 입체 화질을 떨어뜨리지 않도록 하여야 한다. 그러나 기존의 CRT를 사용하는 표시 시스템에서는 표시기가 곡면이어서 평면인 렌티큐라 쉬트를 정확히 배열할 수 없는 어려움이 있다. 이러한 문제점은 최근 개발되는 평면의 화면을 갖는 평판 디스플레이 즉 LCD, EL, PDP 등을 사용하여 쉽게 해결할 수 있으며, 이러한 평면 화면을 사용할 경우 화소의 위치를 정확히 규칙적으로 배열할 수 있어 입체감을 크게 향상시킬 수 있다.

(2) 입체 영상 합성 기법

렌티큐라 표시 방식에서는 [그림 3.3]에 나타낸 바와 같이 좌우 카메라로 부터 입력된 영상을 화소 단위로 교번하여 배치한 영상 (Multiplexed Striped Image)를 합성하여야 한다. [그림 3.4]는 렌티큐라 표시 방식을 위한 Multiplexed Striped Image의 합성 개념을 나타낸 것이다. 좌/우 영상 합성 방식은 크게 아날로그 및 디지털 방식으로 나눌 수 있으며 아래에 그 내용을 요약하였다.

1994년 일본 NTT에서 발표한 입체 화상 전화기는 NTSC 표준의 인터레이스(interlace) 방식을 이용하여 좌/우 영상을 합성한 아날로그 방식을 사용하였다. 인터레이스 방식이란 하나의 영상 프레임이 입력될 때, 홀수 라인(odd field)과 짝수 라인 (even field)이 교번으로 입력되는 되는 것이 아니고, 홀수 라인이 전부 입력된 후, 짝수 라인이 입력되는 방식을 말한다. 이 방식으로 영



[그림 3.4] 입체 영상 합성 기본 원리

상을 합성하기 위해서는 카메라 및 표시 장치가 전부 90도로 회전되어 있어야 한다. 이 방식의 장점은 합성의 용이함을 들 수 있다. 즉, 부가적인 합성용 하드웨어 및 합성 처리가 필요치 않다. 그러나 이 방식은 입력 카메라의 수가 2개로 제한된다는 단점을 가진다. 한편 전용 디지털 멀티플렉싱 회로를 사용함에 의해 좌/우 영상의 합성을 수행할 수 있으며 다수의 카메라를 사용하는 다안식 렌티큐라 입체 영상 시스템의 경우는 디지털 신호처리 방식에 의해 Multiplexed Striped Image를 합성해야 한다.

(3) 입체 시역 확장 기술

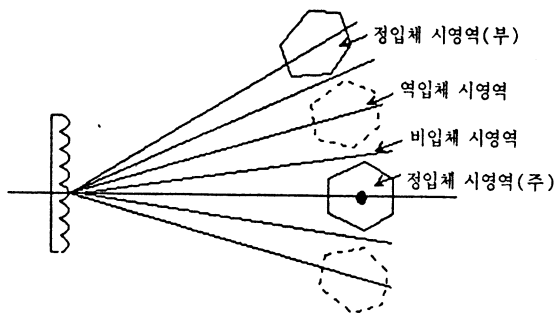
렌티큐라판을 이용한 입체 영상 디스플레이는 안경을 착용하지 않아도 입체감을 느낄 수 있는 장점을 가지고 있지만 입체감을 느낄 수 있는 영역이 제한된다는 단점도 가지고 있다. 이와 같이 입체 시역이 제한되는 디스플레이 시스템을 autostereoscopic 시스템이라 한다.

렌티큐라 표시 방식에서 입체 시역은 다음과 같이 크게 3부분으로 구분할 수 있다.

- 정입체 시영역
- 역입체 시영역
- 비입체 시영역

정입체 시영역은 좌우 영상이 각각 좌우안에 입력됨에 의해 자연스런 입체감을 느낄 수 있는 영역이다. 역입체 시영역은 좌우의 영상이 각각 우안 및 좌안에 입력되는 영역으로 물체의 전후가 바뀌게 된다. 즉 앞에 있는 물체가 뒤로 또한 뒤에 있는 물체가 앞에 있는 것 처럼 보임에 의해 부자연스러운 입체 영상이 보이는 영역이다. 비입체 시영역은 정입체 시영역과 비입체 시영역의 중간 부분으로 전혀 입체감을 느낄 수 없는 영역이다. [그림 3.5]는 입체시 영역의 개념을 나타낸 것이다.

관찰자가 좌우로 위치를 이동하는 경우 연속적으로 정입체시 영상을 보기 위해 관찰자의 위치를 추적하는 연구가 이루어지고 있다. 즉 관찰자의 위치를 추적하여 역입체시 영역의 경우는 좌우 영상을 바꾸어 주어 정입체시 영상을 보여주는 방법이 개발되었다. 관찰자 위치 추적 방법으로서 머리 위치 추적(Head Tracking) 방식, 눈 위치 추적(Eye Tracking) 방식에 대해 살펴본다.



[그림 3.5] 입체시 영역의 종류

(가) 머리 위치 추적 방식

머리 위치 추적 방식은 적외선 센서를 사용하여 관찰자의 머리 위치를 파악, 관찰자가 역입체 시역에 들어오면 좌영상과 우영상의 화소를 서로 바꾸어 역입체 시역을 정입체 시역으로 변화시켜서 입체 시역을 넓히는 기법이다. 즉 정입체 시역과 역입체시역의 경계부분을 투과하는 적외선 센서를 디스플레이면에 부착하고 관찰자가 이동시에 적외선이 반사되는 형태로 센서가 관찰자의 이동을 검출하면 좌영상과 우영상의 위치를 변경하여 역입체시역을 정입체시역으로 바꾸어줌으로써 계속적으로 자연스러운 입체 영상을 볼 수 있는 것이다. 이 방식은 구현이 비교적 단순하고 위치 검출 시간이 짧아 실시간 입체 영상 처리가 용이하지만 입체 시역에 따른 센서의 검출 거리 및 검출 각도 조절이 힘들고 관찰자의 전후 방향 이동의 검출이 어려운 단점이 있다.

적외선 센서의 특성에 따른 튜닝의 어려움을 해결하는 방법으로서 CCD 카메라로서 관찰자 영상을 입력하고 영상처리 방법에 의해 머리 위치를 추적하는 방법도 사용되고 있다.

(나) 눈 위치 추적 방식

눈 위치추적 방식은 사람의 눈의 동공이 적외선 흡수도가 다른 여타 부분에 비해 크다는 원리를 이용하여 관찰자의 전후/좌우 방향 이동을 검출하고 이에 따라 입체 영상을 좌우 이동 내지는 확대 또는 축소하여 입체 시역을

넓혀주는 방식이다. 이 방식은 입체 시역을 머리위치추적 방식에 비해 크게 확장시킬 수 있으나 눈위치를 추적하기 위한 적외선의 흡수도 측정이 실제적으로는 관찰자의 안경이나 목걸이 또는 보석 기타 반사도가 좋은 물체들에 따른 노이즈 문제로 인해 상당히 곤란하므로 보통 반사도가 뛰어난 표시물(Marker)을 관찰자 얼굴에 부착해야하므로 이에 따른 불편함, 관찰자의 위치 검출 시간이 길어 실시간 입체 영상 표시가 힘들고 또 관찰자의 이동에 따른 정확한 입체 영상 위치 제어 기술의 어려움으로 구현이 힘들다는 단점이 있다.

라. 양안의 시차를 이용한 입체 영상 표시 방식 검토

(1) 구현 방법

양안 시차를 이용하는 방식은 표시 화면의 크기가 클수록 입체감이 좋아진다고 알려져 있다. 그렇기 때문에 좋은 입체감을 얻기 위해서는 전체 화면의 크기를 크게 하는 것이 유리하다. 이 경우 특수 안경을 사용하는 방식은 프로젝터형 수상기를 사용하여 화면의 크기를 손쉽게 확대시킬 수 있는 장점이 있으나 특수안경을 사용하지 않는 방법은 화면의 크기가 커짐에 따라 특수 광학 장치의 크기도 커져야 하기 때문에 제작상 어려움이 따르게 된다. 즉 렌티큐라 방식에서는 렌티큐라 판과 stripe 상을 광학적으로 정밀하게 맞추어야

하는 어려움이 있다. 위치 정합이 되지 않는 경우에는 stripe 상과 렌티큐라 스크린과의 위치 차에 의해 입체시에 어려움이 생긴다. 특히 프로젝터를 사용하는 경우 화면 전체에 걸쳐 렌티큐라 스크린과 stripe 상과의 광학적인 정확한 위치 정합이 어렵다. 또한 다수의 프로젝터를 사용하는 경우는 프로젝터 상호간의 특성차를 조정하는 것도 어려운 점 중의 하나이다.

한편 렌티큐라 방식에서 풀 칼라의 입체 영상을 표시하는 경우에 일반적으로 이용되고 있는 칼라 액정 디스플레이의 화소 배열이 stripe, inline, delta 형이 있기 때문에 이와 같은 점을 고려하지 않고 이들 디스플레이 표면에 렌티큐라 판을 배열하면 RGB 각 화소로부터 나오는 빛이 수평 방향으로 확산되어 혼색되지 않는 문제점이 있으므로 이점을 고려하여 시스템을 개발하여야 한다.

렌티큐라 표시 방식은 최적의 입체 영상을 표시하기 위해 렌즈의 광학적 특성을 고려하여 렌티큐라 쉬트와 액정 화면을 종합적으로 설계 제작하여야 한다.

(2) 논의 피로

실제 사물을 바라 볼 때, 만일 가까운 물체를 바라보게 되면 사람의 눈에서 수정체는 두 겹게 되고 물체와 양안 사이의 각도는 커지게 되며, 먼 물체를 바라 볼 경우에는 반대로 수정체는 얇게 되며 양안각은 작게 된다. 그러나 양안 시차를 이용한 입체 표시 시스템에

있어서는 화면은 2차원 표시기 면에 생기게 되나 입체화상은 좌안화상과 좌안과의 연결선 및 우안화상과 우안의 연결선이 서로 교차하는 점에서 생기게 된다. 그렇기 때문에 시청자의 수정체 두께는 표시기의 화면을 기준으로 조정하여야 하나 양안의 각도(convergence angle)는 화면과 떨어진 입체화상을 기준으로 조절된다. 이것은 실제 사물을 볼 때와 크게 다르기 때문에 시청자는 쉽게 피로를 느끼게 되며, 심한 경우 두 개의 상이 합쳐진 입체 화상을 못보고 좌안과 우안에 의한 두 개의 분리된 상만을 보게 된다. 이러한 문제점은 양안 시차를 이용하는 방식의 근본적인 문제점으로 화상정보의 분석 기술을 통해 이러한 문제점을 최소화하여야 할 것이다.

입체 카메라 기술로서 입체 영상의 표시를 위해서는 두 대 이상의 카메라를 사용하며 이때 카메라들간에 화상의 축, 화상의 배율, 밝기에 대한 감도 등이 다를 수가 있다. 이러한 두대의 카메라 화상의 차이는 시청자의 피로감을 더 크게 하기 때문에, 카메라에 의해 입력되는 화상의 차이를 쉽게 조정하여 피로감을 최소화 할 수 있는 입체 카메라 기술을 필요로 한다.

4. 다시점 영상 표시 기술

고선명 텔레비전(HDTV) 이후 차세대 디스플레이로서 입체 텔레비전이 널리 연구되

고 있다. 입체 텔레비전을 구현하는 방법으로서는 양안시차를 이용하는 여러 방법들이 제시되고 있는데, 이러한 방법들이 제시하는 시스템은 관찰자로 하여금 어느 정도의 입체감을 느낄 수 있도록 하지만, 사람이 실제 어떤 사물을 볼 때와 같은 생동감·현실감을 위해서는 관찰자의 위치에 따라 인식되는 사물의 모양도 조금씩 다르게 보이도록 하는 다시점 영상 표시기술을 필요로 한다.

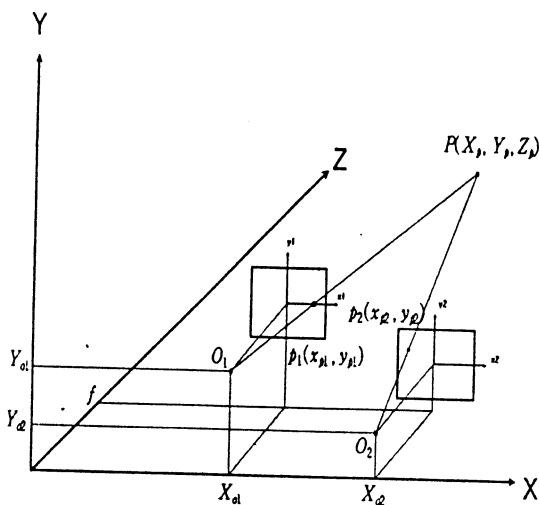
다시점 영상표시기술은 디스플레이 할 대상의 주위에 무한개의 카메라를 설치하고, 각 위치에서 영상을 획득·저장하여 디스플레이 단에서는 관찰자의 위치를 추적하고 그 위치에 해당하는 영상을 표시함으로써 구현될 수 있다. 그러나 이러한 방식은 현실적으로 해결하기 어려운 많은 한계를 가지고 있기 때문에 실제 시스템들은 미리 정해진 위치에 유한개의 카메라를 설치하여 영상을 얻고, 카메라를 설치하지 않은 위치에 해당하는 영상들은 실제 카메라에서 얻은 영상들로 부터 보간법에 의해 합성한다. 카메라를 설치하지 않은 위치의 가상카메라에 해당하는 영상을 합성하는 대표적인 방법으로는 EPI(Epipolar Plane Image) 상에서 표시할 대상을 이루는 3차원 상의 각 점들의 자취선(trace line)을 찾아 보간하는 방식, 자기동일성 개념으로 EPI를 부호화하여 복호화 과정에서 보간하는 방식, 3차원 영역 분할 방식등이 있다. EPI 자취선 방식은 무한개의 중간 영상을 보간해 낼 수

있다. 자기동일성 방식은 디스플레이 하고자 하는 대상의 디스페리티가 커져서 EPI상의 대응점들이 실선의 자취선을 이루지 않을 경우 보간이 되지 않는다는 결점을 가지고 있다. 3차원 영역 분할 방식은 객체기반처리(object based processing)가 가능하다는 장점이 있으나, 이 방식이 사용하는 k-means clustering algorithm과 영역기반의 디스페리티 추정과정이 많은 연산량을 필요로 한다.

이 장에서는 스테레오 카메라 설정 및 다시점 영상획득을 위한 다수의 카메라 설정에 대한 기하학적 관계들을 살펴본 후, 기존 방식들의 기본 개념을 소개한다.

가. 기하학적인 배경

[그림 4.1]은 전체 좌표축을 (X, Y, Z)라 할 때 광축이 평행한 스테레오 카메라들이 시



[그림 4.1] 스테레오 비전의 기하학적 관계

점(viewpoint) $O_1(X_{o1}, Y_{o1}, 0)$, $O_2(X_{o2}, Y_{o2}, 0)$ 에 위치한 것을 나타낸다.

3차원 상의 한점 $P(X_p, Y_p, Z_p)$ 가 두 카메라의 영상평면에 투영된 좌표를 $p_1(x_{p1}, y_{p1}, 0)$, $p_2(x_{p2}, y_{p2}, 0)$ 라 정의하면, 삼각형의 닮은꼴에 의해 식 (1), (2)의 관계를 가진다.

$$\frac{X_p - X_{o1}}{Z_p} = \frac{x_{p1}}{f} \quad (1)$$

$$\frac{Y_p - Y_{o1}}{Z_p} = \frac{y_{p1}}{f} \quad (2)$$

식 (1), (2)으로 부터 식 (3), (4)를 유도한다.

$$x_{p1} - x_{ps} = \frac{X_{o2} - X_{o1}}{Z_p} f \quad (3)$$

$$y_{p1} - y_{ps} = \frac{Y_{o2} - Y_{o1}}{Z_p} f \quad (4)$$

P점에 대해 식 (5)를 유도한다.

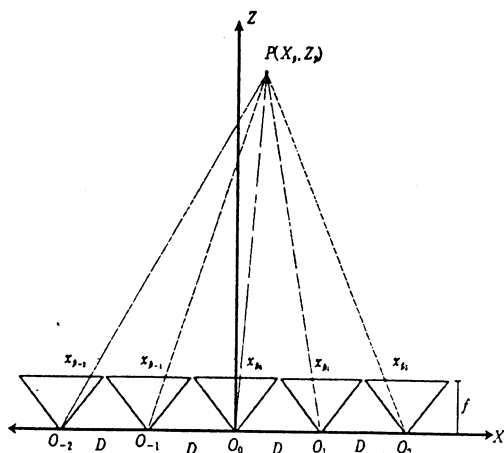
$$\begin{pmatrix} X_p \\ X_p \\ X_p \end{pmatrix} = \frac{X_{o2} - X_{o1}}{x_{p1} - x_{p2}} \begin{pmatrix} x_{p1} \\ y_{p1} \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} X_{o1} \\ Y_{o1} \\ 0 \end{pmatrix} \quad (5)$$

식 (4)는 광축이 평행한 스테레오 카메라들을 동일 수평선상에 설치하면, 3차원 상의 한 점이 스테레오 영상평면의 동일 세로위치에 맞힌다는 에피폴라 구속조건(epipolar constraint)을 나타낸다. 에피폴라 구속조건을 통해 대응점의 정합과정에서 대응점의 탐색범위를 동일한 위치의 행영상(row image)으로 축소시킬 수 있다.

식 (5)는 시점 O_1, O_2 에 위치한 카메라의 영상평면에 맞힌 좌표 p_1, p_2 간의 디스페리티

를 사용하여 P점의 3차원 정보를 알 수 있으며, 그 디스페리티로부터 임의시점 O_3 에 위치한 가상카메라에 해당하는 영상평면에 점 P가 맺힐 좌표를 얻을 수 있다는 것을 나타낸다. 이러한 관계를 이용하여 가상카메라에 해당하는 영상을 합성한다. 이를 위해서는 디스페리티를 얻기 위한 각 영상간의 대응점 결정 과정이 필수적으로 요구된다.

나. 다시점 영상획득 과정에서의 구속조건
 스테레오 카메라를 통한 3차원 정보처리 대상에 대해 카메라가 위치한 두시점에 해당하는 정보만을 사용하기 때문에 폐색영역(occlusion area)에 대해 취약하며, 에피폴라 구속조건에 의해 정합영역을 축소시킬 수 있지만 정확한 정합에는 많은 한계가 있기 때문에 다수의 카메라를 사용하여 다시점 영상들의 정보를 통해 접근해간다.



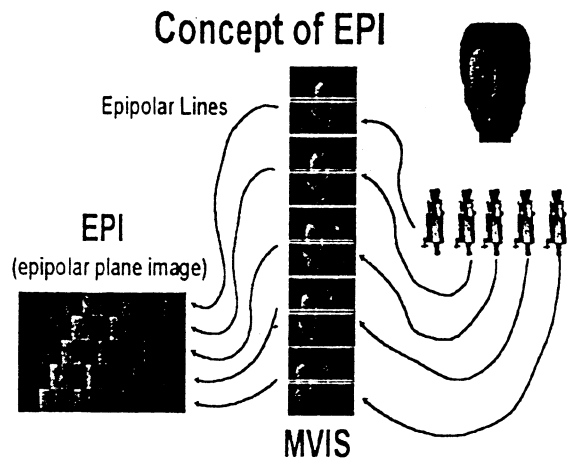
[그림 4.2] 다시점 카메라 영상에서의 기하학적 관계

[그림 4.2]는 다시점 영상 획득을 위한 평행 광축 카메라들을 동일 수평면 상에 설치한 카메라의 설정을 나타낸다. 카메라간의 간격 (D , base line)을 동일하게 설정하면 식 (5)을 통해 식 (6)을 얻을 수 있다.

$$x_{pi} = -d_p \left(i - \frac{X_p}{D} \right) \quad (6)$$

식 (6)에서 d_p 는 위치 O_0 및 O_1 에서 얻은 영상에서 점 P의 디스페리티, i 는 카메라의 위치 정보 (0, 1, 2, ...), x_{pi} 는 점 P가 카메라 위치 i 카메라 영상내에 맺히는 X 좌표, D 는 카메라간의 간격을 의미하여, 광축이 평행한 다시점 카메라 설정에 있어서 카메라간의 간격이 일정하면, 3차원 상의 임의의 점이 각 영상에 맺히는 좌표가 카메라 순서에 선형적인 값을 가진다는 것을 나타낸다.

[그림 4.3]은 EPI의 개념을 나타낸다. 3차원 상의 한 점은 에피폴라 구속조건에 의해 다시점 영상들 내에서 동일한 세로 위치에 나



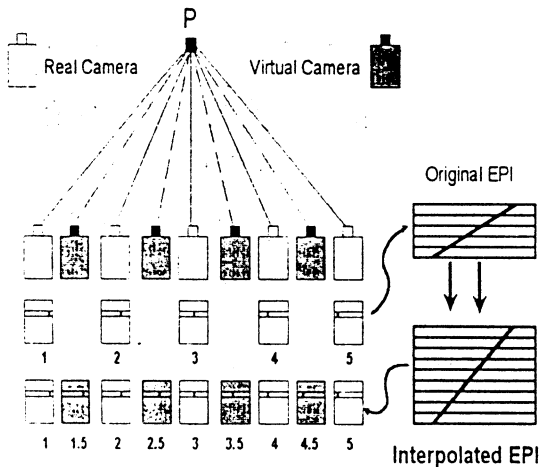
[그림 4.3] EPI의 개념

타난다. 다시점 영상들의 동일한 위치 행영상들을 카메라의 위치에 따라 쌓아서 만든 영상을 EPI라 한다. 식 (6)이 의미하는 바와 같이 3차원 상의 한 점은 EPI상에서 직선(trace line)으로 나타나며, 그 기울기는 카메라와 대상 물체와의 거리에 비례한다. EPI의 세로축은 실제 카메라들의 위치를 의미하여 자취선은 그에 해당하는 3차원상의 점이 카메라의 위치에 따라, 각 영상평면에서 어떻게 이동하는가를 나타낸다.

다. 중간 영상 합성 방법

(1) EPI 자취선 방식

[그림 4.4]는 EPI 자취선 방식의 보간 개념을 설명한다. 즉 5대의 카메라로부터 입력된 영상으로부터 EPI를 제작하고 이중 하나의 자취선에 대해 1.5, 2.5, 3.5, 4.5에 위치한 카메라의 합성 영상의 화소 값을 구하는 과정을 보인 것이다. 식 (6)에 근거하여 합



[그림 4.4] EPI-자취선 방식의 보간 개념

성하고자 하는 가상 카메라 위치의 영상은 구해진 자취선의 기울기에 의해 구해질수 있다. 이 방식은 자취선의 정보를 기반으로 합성하기 때문에 무한개수의 합성영상을 보간 할 수 있다는 장점을 가지고 있으나 각각의 자취선을 찾는 과정에 많은 시간이 요구된다.

(2) 자기동일성 모델링 방식

자기동일성 모델링 방식은 다시점 영상들로 만든 EPI에 자기동일성 모델을 적용하여 부호화하고, 복호화하는 과정에서 자기동일성 모델의 크기 불변성(scale-invariant)을 적용하여 N배 크게 복원함으로써 보간한다. 그러나 이 방식은 EPI상에서 대응점들 간의 디스페리티가 커져 자취선이 연속하는 실선의 형태로 나타나지 않을 경우 복호화 단계에서 보간이 이루어지지 않는다는 결점을 가지고 있어 카메라 설치시 상대적으로 많은 카메라를 조밀하게 설치해야 한다는 단점이 있다.

(3) 3차원 영역 분할 방식

이 방식은 다음과 같은 단계로 수행된다.

1단계 : 다시점 영상들에 k-means clustering 알고리즘을 적용하여 균질영역들로 분할한다.

2단계 : 1단계 결과를 바탕으로 영역 정합 방식을 통해 디스페리티를 추정 및 보정한다.

3단계 : 다시점 영상들내의 각 화소들이 가지고 있는 좌표 및 색 정보와 2 단계에서 얻은 디스페리티 정보에

k-means clustering 알고리즘을 적용하여 표시할 대상을 객체 단위의 3차원 구조로 나타낸다.

4단계 : 객체 단위의 3차원 구조를 기반으로 부호화 또는 중간 영상 보간 작업을 수행한다.

이 방식은 객체기반처리(object based processing)가 가능하다는 장점이 있으나, 영역 분할 과정에서 사용되는 k-means clustering algorithm 및 영역기반 정합방식의 디스페리티 추정에 많은 연산량이 요구된다.

5. 연구 개발 동향

최근 차세대 영상 기술중의 하나로서 입체 영상 기술이 크게 주목받고 있으며 이에 따라 현재 일본, 미국, 유럽에서는 입체 영상 기술 개발에 대한 체계적인 연구 개발을 추진해 오고 있다. 국내에서도 디지털 영상 기술을 기반으로 위성 방송, CATV, 지상파 방송에 대한 연구 및 사업이 진행되고 있으며 2000년대에 입체 방송 및 입체 VOD(Video On Demand) 실현을 위한 중장기 계획을 세우고 있다. 입체 영상 기술은 정보통신, 방송, 의료, 교육훈련, 군사, 산업기술 등 그 응용 분야가 매우 다양하며 여러 분야에 공통적으로 요구되는 핵심 기반 기술이라 할 수 있다.

현재 입체 영상 기술은 일본, 미국, 유럽을 중심으로 연구가 진행되고 있으며 국내에서는 KIST 에서 1994년 부터 입체 영상 표시

기술에 대한 기반기술 연구를 수행하고 있다. 일본은 입체 영상 표시 기법을 상품으로 연결시켜 이미 입체 영상 표시 시스템을 발표하였다. 미국은 대학을 중심으로 아이디어에 근거한 연구를 추진해 오고 있다. 유럽의 경우는 범 유럽 국가들에 의해 공동연구를 수행하고 있다. 표준화 동향으로는 일본의 경우 렌티큘라 방식을 가전용 입체 TV 시스템의 디스플레이 표준 방식으로 정하고 연구 개발에 박차를 가하고 있다. 또한 ITU-R에서도 입체 TV가 연구 과제로 거론되어지고 있으며 국제적인 공동 연구 및 정보 교환의 추진이 요구되고 있다. 각국의 연구 개발 현황은 다음과 같다.

가. 일본

(1) Sanyo Electric Co., NHK 및 Toppan Printing Co. Ltd.

(가) 안경을 사용하는 방식

Sanyo Electric Co.에서는 안경을 사용하는 방식으로서 2차원 영상을 3차원으로 변환하여 스테레오 디스플레이하는 시스템을 개발하여 시판하고 있다. 이 시스템은 기존 시스템에 2차원/3차원 변환 보드만을 장착함에 의해 입체 영상을 볼 수 있다는 장점을 가진다. Sanyo Electric Co.에서는 2차원 영상의 3차원 영상화 기본 원리로서 MTD(Modified Time Difference)기법을 제안하였으며 이와 관련 기술로는 motion estimation, 깊이 정보 추출 및 보정 기술이 요구된다. 또한

MTD 기법을 처리하는 전용 칩을 제작하고 이를 사용한 보드를 구현하였다.

(나) 안경을 사용하지 않는 방식

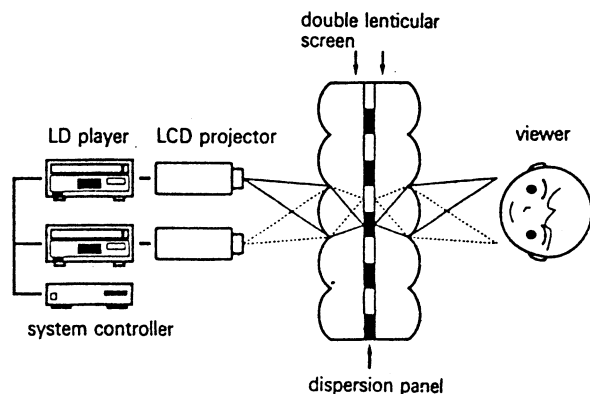
- 직시형 시스템 발표

1994년 10월에 열린 JAPAN Electronics Show에 전시된 Sanyo Electric Co.의 3차원 표시기는 매우 큰 주목을 끌었다. 전시된 제품은 10", 6", 4" LCD를 이용한 안경 쓰지 않는 3차원 영상 표시기이다. 기본 원리는 우안(right eye) 및 좌안(left eye) 영상 분리에 의한 양안의 시차 3차원 영상 표시 기법이다. 10" 시스템의 경우 관찰자는 스크린으로부터 약 1m 정도 떨어져 보아야 하며 앞뒤로 약 10cm 정도 이동이 가능하다. 그러나 그 이상 이동하는 경우는 moire 효과에 의해 표시되는 3차원 영상에 왜곡이 생긴다. 또한 관찰자가 좌우로 65mm(양안의 간격) 이동하는 경우 좌측 영상이 우측 눈에 보이고 우측 영상이 좌측 눈에 보이게 되므로 이에 대한 처리가 요구된다. Sanyo Electric Co.에 의하면 하나의 스크린에 표시된 영상을 현재는 3명까지 볼 수 있다고 한다. 개발된 시스템은 921,600-pixel을 가진 10" LCD 평판을 사용하며 250mm×380mm×77mm 크기를 가진다. 밝기는 250cd/m²이다.

- 투사형 시스템의 상품화

Sanyo Electric Co.는 또한 NHK Science & Technical Research Lab., NHK Engineering Services Inc., 및 Toppan

Printing Co., Ltd.와 공동으로 연구 개발한 70" 및 40" 프로젝션 형태의 3차원 LCD 디스플레이 시스템을 선보였다. 이 제품은 1994년 11월 부터 상품화 하여 현재 판매중이며 70" 시스템은 980만엔, 40" 시스템은 500만엔 수준이다. 이 시스템은 직접 평판 화면에 렌티큐라 스크린을 부착하는 direct-view 형태의 소형 디스플레이 시스템과는 달리 rear-type LCD 프로젝터를 사용하였다. 2대의 레이저 디스크가 각각 좌안 및 우안용 영상을 발생하고 이중(double) 렌티큐라 스크린에 의해 2대의 프로젝터에서 발생하는 좌안 및 우안 영상을 합성하여 3차원 영상을 표시한다. 70" 시스템의 경우 약 3.5m 까지 떨어져 볼 수 있으며 약 7명이 볼 수 있다. TFT-LCD 프로젝터는 컬러 처리를 위해 930,000개의 화소를 갖는 3.1" LCD 3개로 구성되어 있다. 1995년 현재 월 생산 계획은 70" 시스템의 경우 20대, 40" 시스템의 경우 50대이다. [그림 5.1]은 상품화된 시스템의

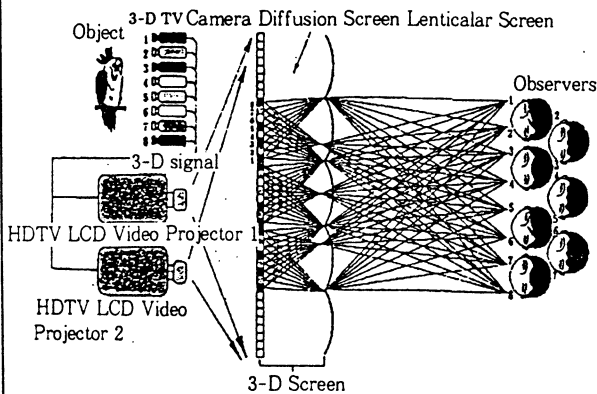


[그림 5.1] 상품화된 렌티큐라 autostereoscopic 시스템 구성도

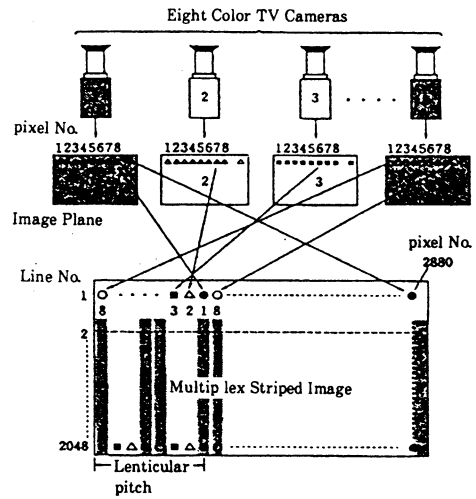
구성도를 나타내며 <표 3>은 주요 성능 사양을 나타낸 것이다.

- Multi-viewpoint 시스템 연구 개발

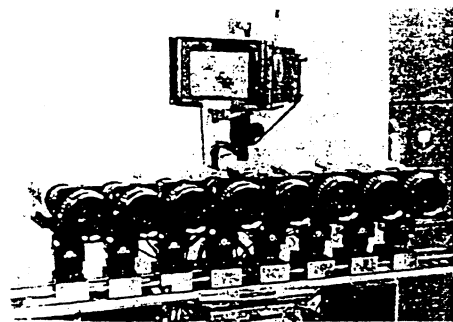
Sanyo Electric Co.에서는 여러 viewpoint에서의 입체감을 느낄 수 있는 8안식 입체 TV 개발 연구 결과를 발표하였다. 이 시스템은 8대의 카메라를 사용하고 이들 카메라로부터 입력된 영상을 합성하여 4개의 서로 다른 viewpoint 영상을 동시에 표시하는 시스템을 연구 개발하였다. 즉 서로 다른 위치에 있는 4명의 관찰자는 각각 서로 다른 viewpoint에서의 영상을 볼 수 있다. [그림 5.2]는 8안식 렌티큐라 시스템의 구성도를 나타내며 [그림 5.3]은 8안식 시스템에서의 Multiplexed Striped Image 합성을 나타낸다. [그림 5.4]는 8안식 시스템의 카메라 구성을 나타내며 [그림 5.5]는 개발된 8안식 50" 렌티큐라 시스템을 나타낸다. <표 3>은 이 시스템의 성능 사양, <표 4>는 8안식 시스템의 카메라 성능 사양을 나타낸다.



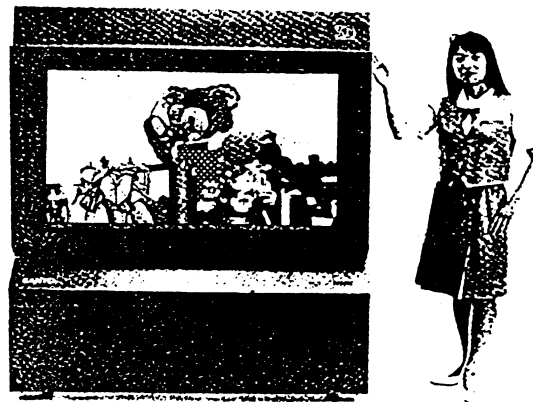
[그림 5.2] 8안식 렌티큐라 autostereoscopic 시스템



[그림 5.3] 8안식 Multiplexed Striped Image 구성



[그림 5.4] 8안식 렌티큐라 autostereoscopic 시스템 카메라 구성



[그림 5.5] Sanyo Electric Co.에서 개발한 8안식 50인치 렌티큐라 autostereoscopic 시스템

〈표 3〉 상품화된 입체 TV 성능 사양

	70" 3D-LCD mini theater without glasses	40" 3D-LCD amusement system without glasses
Model No.	THD-70S1	THD-40A1
3D Display System	LCD rear-projector with double lenticular screen	LCD rear-projector with double lenticular screen
LCD Projector	two LCD projector with double lenticular screen	two LCD projectors(for Right and Left Signal)
Screen	70" Lenticular Screen	40" Lenticular Screen
Size	W1800×H2000×S1200(mm)	W1020×H1350×D860(mm)
Set Up Space	about 7m×5m	about 3m×2m
Proper Viewing Distance	3.5m	1m
Number of People	7 People at one time	2 people at one time
Weight	about 230kg	about 140kg

〈표 4〉 8안식 입체 TV의 성능 사양

Parameters	Specifications
Display Method	LCD Rear-Projection System
Display Image	Full-Color 3-D HDTV Image
Screen Size	50-inch(Aspect Ratio 16:9)
LCD Panel	5.5-inch, a-Si TFT Active Matrix Panel
Number of Pixels	2800(H)×1024(V)×3(RGB) pixels
3-D Screen	Lenticular Screen(Pitch 3.25mm) with a Hollow Structure
Luminance	350cd/m ²
Contrast Ratio	130 : 1

— 특수 필터를 사용한 방식

Sanyo Electric Co.에서는 기존의 TV를 기반으로한 3차원 TV에 대한 연구를 수행

하고 있으며 LCD 평판 위에 특수한 필터를 사용하여 좌안 및 우안 영상을 분리하는 방식을 연구하고 있다. 이 시스템에 사용한 필터는 0.2mm의 피치를 가진다. 그러나 Sanyo Electric Co.는 이 필터에 대해 구체적인 자료를 공개하지 않으며 최근 렌즈를 최적화하여 micron 수준의 오차 범위를 가진다고 한다. 이 시스템은 디지털 방식에 의해 2-D에서 3-D로 변환해 주는 새로운 보드를 개발하여 기존 TV, VCR, laser disk로 부터의 출력을 이용해 3차원 영상을 표시한다. 이 제품은 1997년경 상품화할 예정이다.

(2) NTT

특수 안경을 사용하는 경우 통신시 매우 불편할뿐만 아니라 얼굴의 표정을 관찰하기가

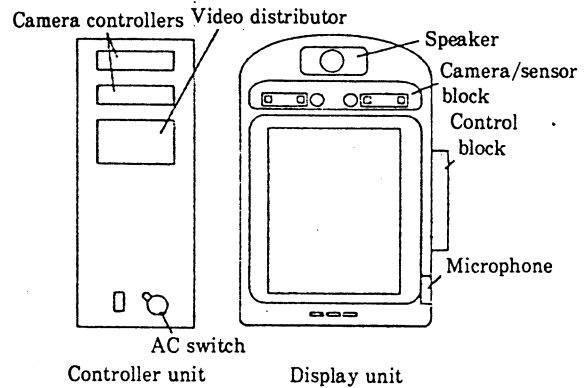
〈표 5〉 8안식 입체 TV카메라 성능 사양

Parameters	Specifications
3-D Pick-up System	Eight Color TV Cameras
Image Device	1/2 inch CCD 3-Chips(RGB) approx. 300,000×3 pixels
Resolution	H: 600 TV lines V: 480 TV lines
S/N	56dB
Optical System	Zoom Lens+ Anamorphic Lens Focal Length: 80~800mm
3-D Viewfinder	6 inch 3-D Color CRT Monitor with a Liquid Crystal Shutter Panel

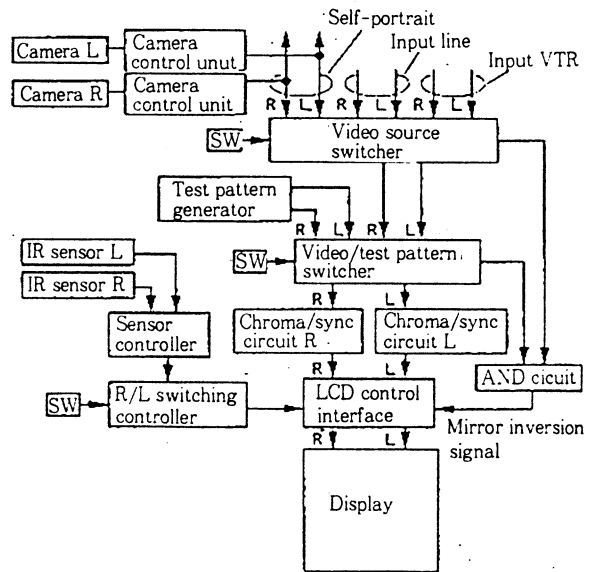
어렵다. 이와 같은 이유에서 NTT에서는 안경을 쓰지 않는 3차원 영상 전화기 개발 연구를 수행했다. NTT는 이미 6.3" 및 10.4" 3차원 영상 표시기를 발표하였으며 15" TFT-LCD와 렌티큐라 슈트, head tracking 기법을 이용한 시스템을 발표하였다. 또한 stereoscopic 디스플레이의 성능을 2차원 디스플레이 시스템과 정량적으로 비교하는 연구를 수행하였다. NTT에서는 44" 렌티큐라 슈트를 이용한 projection 형태의 시스템을 제안하기도 하였다. 그러나 이 시스템은 desktop 용으로는 적합하지 않아 15" 시스템을 개발하였다.

전체 구성은 [그림 5.6]과 같으며 영상 신호 처리도는 [그림 5.7]과 같다. [그림 5.7]에 나타낸 바와 같이 시스템에는 3개의

영상 신호 입력이 있다. 즉 카메라로부터 입력된 자기 자신에 대한 영상 신호, 통신선로에서 입력되는 영상 신호, VTR로부터의 입력 신호이다. 이들 신호는 스위치에 의해 선택적으로 표시될 수 있다. Test Pattern 발생부는 관찰자가 정확한 위치에서 관찰을 하고 있는지 확인하기 위한 것으로서 알파벳 문자 "R"과 "L"을 발생하고



[그림 5.6] NTT에서 개발된 입체 화상 전화기

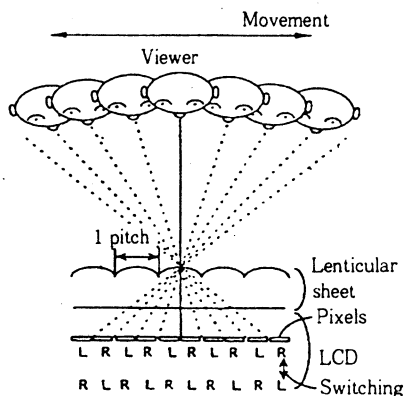


[그림 5.7] 입체 화상 전화기 신호처리도

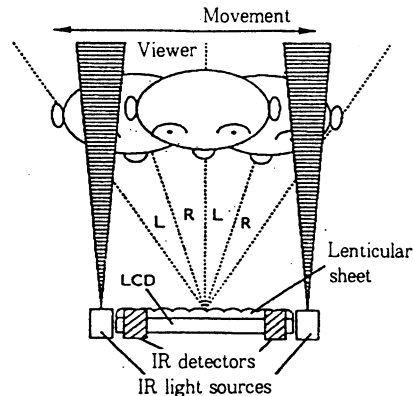
좌안에 “L”, 우안에 “R”이 관찰되어야 정확한 위치에 있는 것이다. 적외선 센서는 관찰자의 위치를 감지하고 관찰자의 위치에 따라 R/L 화소의 표시 위치를 변경할 수 있다.

디스플레이 유닛은 기존의 두꺼운 렌티큐라 쉼트 대신 LCD와 렌티큐라 쉼트 사이에 air를 넣어 무게를 가볍게 했다. 개발된 시스템의 렌티큐라 쉼트 피치는 1mm 이다. 또한 디스플레이 모니터를 90도 돌려 사용하며 그 이유는 일반적으로 화상 전화기의 경우 portrait 형태가 알맞으며 또한 NTSC의 interlace 방식의 특성을 이용하면 좌안 및 우안 영상 교체 회로가 간단히 구현될 수 있다. 렌티큐라 쉼트의 반경 및 두께는 관찰 거리가 800mm가 되도록 설계하였다.

[그림 5.8]은 렌티큐라 쉼트를 이용한 디스플레이 개념 및 관찰자 위치에 따른 좌우 화소 변경 개념을 나타낸 것이다. NTSC



[그림 5.8] 관찰자의 위치 이동에 따른 좌우 화소 재배열



[그림 5.9] 관찰자 머리 위치 이동 추적

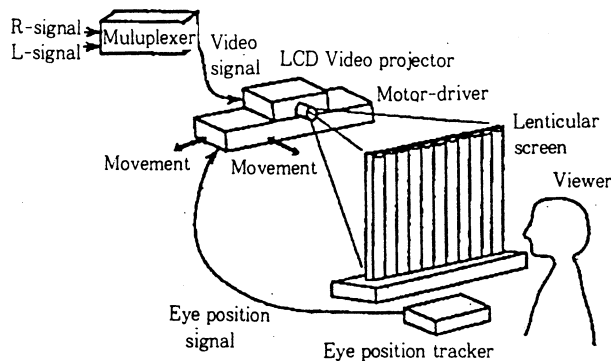
interlace 방식이 사용되며 화면을 90도 돌려 표시하기 때문에 만약 R/L 화소 위치 변경이 요구되면 우측 및 좌측 카메라의 표시 순서를 바꾸어 주면 된다.

[그림 5.9]는 head tracking 개념을 설명하는 것이다. 적외선 센서부는 우측 및 좌측 각각 송신부와 수신부로 구성되며 우측과 좌측 센서부는 약 200mm 떨어져 있다. 일반적으로 양안 거리의 반이 이동하면 좌우 화면이 바뀌므로 일반 성인의 머리 폭 및 양안 거리를 고려하여 좌우 센서부의 거리는 약 200mm로 하였다.

(3) ATR

ATR에서는 시야를 넓히기 위해 eye-position tracking 기능을 갖는 렌티큐라 stereoscopic 디스플레이 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 광학적으로 관찰자가 좌우 또는 전후로 움직이는 경우 관찰자의 시점에 맞추어 표시하도록 조절이 가능하다. 개발된 시스템

은 70" 스크린을 가지며 전후로는 1.5-3m, 좌우로는 +/-50cm가 가능하다. 또한 관찰자의 이동 측정 및 제어 위치 오차 범위는 전후로는 15.1mm, 좌우로는 8.2mm로 발표되어 있다. [그림 5.10]은 eye-position 추적 기법에 의해 관찰자의 전후 좌우 이동시 그에 대응되는 영상을 LCD projector에서 조절하여 표시해주는 시스템 구성도를 나타낸다. 또한 ATR에서는 화상 전화 또는 화상 회의시 상대방의 시점을 보면서 통화할수 있도록 렌티큘라 슈트를 이용한 eye-contact 기법을 제안하였으며 50" double-lenticular 스크린을 사용한 시스템을 개발하였다.



[그림 5.10] ATR의 head tracking 기능을 갖는 autostereoscopic시스템

(4) 동경 대학

Look-around 기능을 위한 다시점(multi-viewpoint) 표시를 하기 위해서는 수신기 측에서 관찰자의 움직임에 따라 중간 영상을 합성하여 표시하여 주는 기법이 요구된다. 영상 합성은 수신된 영상 데이터 및 3차원 영상

모델 정보를 이용하여 구해진다. 수년전 부터 동경대학에서는 보간법 및 신호 처리 기법에 의해 Look-around 기능을 위한 다시점 표시 기법에 대한 연구를 수행해 오고 있다.

나. 미국

ARPA High Definition Systems Program 지원하에 3가지 Advanced Visual Display System(AVDS) 연구 과제를 수행하고 있으며 이 중 한 과제가 입체 영상 및 그래픽 표시 기술 연구이다. 현재 미국에서의 연구 추진 방향은 기존의 2차원 영상 표시 시스템을 기반으로하며 piggy-backing 개념에 의한 입체 영상 시스템을 개발하고자 하며 recording, broadcast, display를 종합적으로 고려하고 있다. 또한 신호처리 기술을 이용하여 여러 시점(viewpoint)에서의 영상을 표시하는 look-around 기능을 위한 연구를 수행하고 있다.

AT&T에서는 광학적 방식을 사용하여 비디오 폰을 위한 eye-contact 기술을 개발하고 있다.

다. 유럽

(1) 유럽 공동체 연구 프로젝트

(가) 1단계 연구(1992-1995)

DISTIMA(Digital STereoscopic IMaging & Application) 프로젝트를 통해 3차원 telepresence 시스템을 향한 1단계 연구를 수행하고 있다. 기본적으로 DISTIMA 프로젝

트는 안경을 사용하는 스테레오 디스플레이 기술 방식을 기반으로 하여 입체 영상 입력, 처리, 압축 및 전송 기술 개발을 개발하였다. 또한 1994년 12월에는 처음으로 실시간 스테레오 비디오 및 서라운드 오디오를 ATM 망을 통해 전송하는 시스템을 실현하였다. 이 망은 네덜란드의 KPN Research, Leidschendam과 독일 Berlin의 Deutsche Telekom 연구소를 연결하고 있다. 1995년에는 DISTIMA ATM망을 통해 4개의 비디오 채널 또는 다시점 3차원 영상의 전송을 가능하게 하였다.

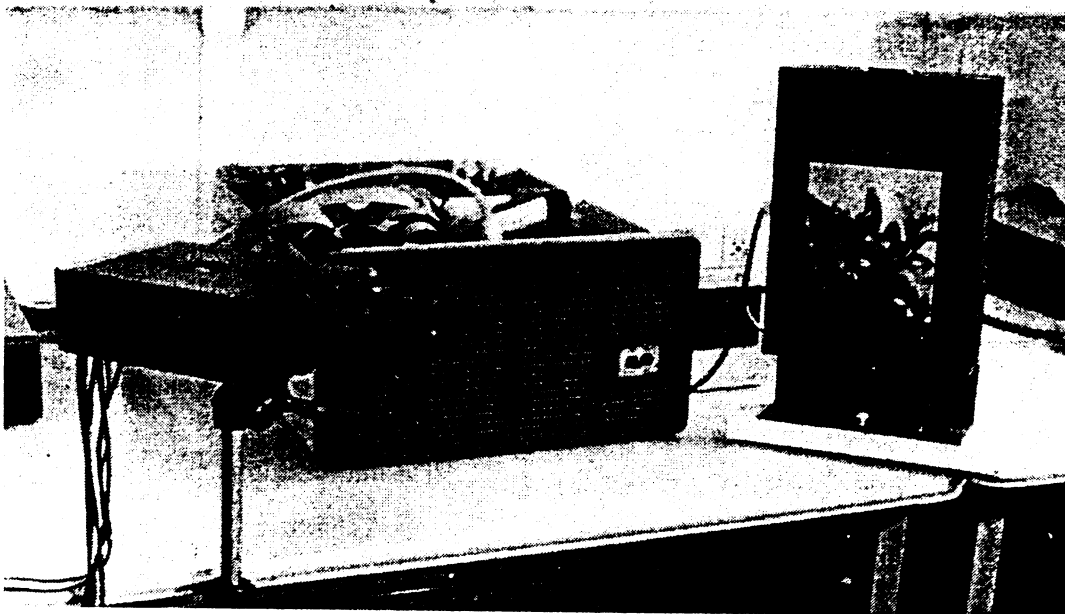
(나) 2단계 연구(1995-1998)

1995년 부터 DISTIMA 프로젝트의 연속 프로그램으로서 PANORAMA(PACKage for New Operational Autostereoscopic

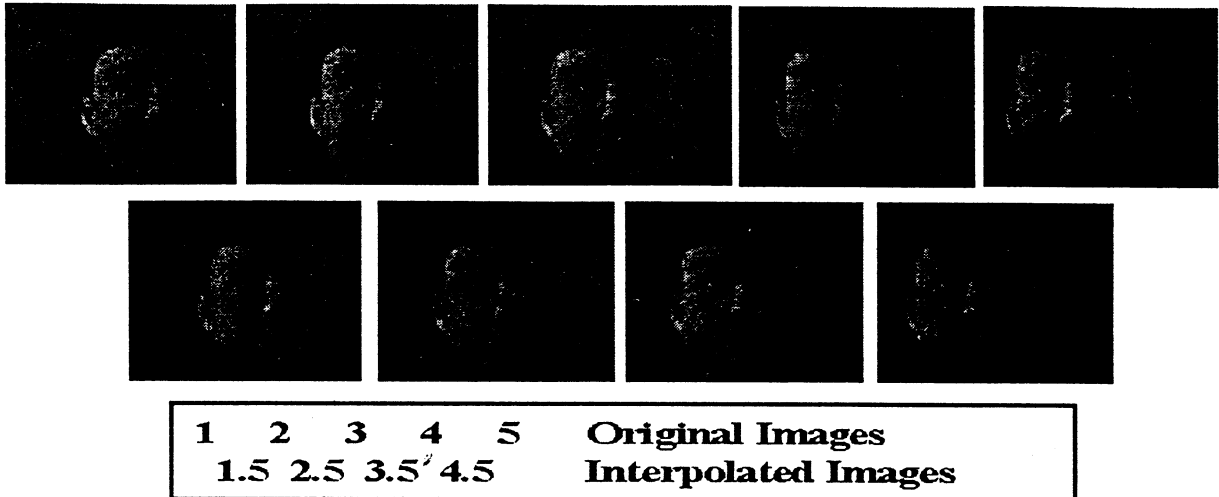
Multiview systems and Applications) 프로그램을 시작하였으며 PANORAMA 프로젝트에서는 기본적으로 안경을 사용하지 않는 입체 표시 기법을 바탕으로 look-around 효과를 위한 다시점 표시 기법을 연구 개발 목표로 하고 있다.

(2) HHI의 렌티큐라 설계 기법 및 시스템 연구

HHI(Heinrich-Hertz-Institut)는 렌티큐라 스크린을 이용한 3차원 영상의 프로젝션 기법 및 멀티 채널 slide 프로젝터 기법에 대해 연구하고 있다. 주요 연구 내용으로는 광학 특성 개선을 위한 렌티큐라 스크린 설계로서 프로젝터로부터의 빛 반사를 피하기 위한 lenticular screen overlay 구조를 개발하였다.



[그림 5.11] KSIT에서 개발한 렌티큐라 입체 영상 표시 시스템



[그림 5.12] 다시점 영상 및 합성된 중간 영상

멀티 채널 프로젝터 기법으로는 18-채널, 5m 관찰 거리 및 24-채널, 3.5m 관찰 거리 시스템에 대한 연구를 완료하였다. 렌티큐라 스크린을 사용하는 멀티 채널 autostereoscopic 시스템에서 관찰자의 head tracking 기능을 갖는 시스템에 대해 연구하고 있으며 현재 head tracking 기능을 갖는 2채널 시스템이 설계되었다. 또한 CRT 프로젝터 110인치 반사형 렌티큐라 스크린에 전면에서 투사하는 9안식 입체 TV를 개발하였다. HHI는 PANORAMA 프로젝트에서 보다 활발한 연구 결과를 발표할 것으로 예상된다.

라. 한국

KIST에서 1994년 부터 3차원 영상 매체 기술 프로젝트를 시작하였다. 이 프로젝트에서는 차세대 3차원 TV 기술로서 호로그라피 TV 기술과 특수 안경을 사용하지 않는 렌티큐라 입체 디스플레이 기술 연구를 수행해 왔

다. 또한 look-around 기능을 위한 다시점 표시 기법에 대한 연구를 수행하고 있다.

[그림 5.11]은 KIST에서 개발된 렌티큐라 시스템이며 [그림 5.12]는 look-around 기능을 위한 다시점 영상 합성 기법에 대한 연구로서 9대의 카메라에서 얻은 영상중 5개를 사용하여 그 중간에 위치한 4개의 영상을 합성한 결과를 나타낸다.

6. 맺음말

입체 영상 시스템 기술은 크게 나누어 입력 기술, 표시 기술, 저장/전송 기술, 평가 기술로 분류할수 있으며 각 기술별로 다음과 같은 연구들이 요구되며 이들 기술들이 종합적으로 상호 결합됨에 의해 보다 현실감 있는 입체 영상 시스템의 개발이 가능하리라 생각한다.

* 입력 기술로는 입체 카메라 제작 기술,

카메라 보정 기술, 입체 영상 제작 기술 등을 들 수 있다.

- * 표시기술로는, 디지털 신호처리 기술, 광학 기술, 소재 기술, 입체시의 생리·심리적 특성 및 눈의 피로 등에 대한 시각 정보처리 기술 등을 들 수 있다.
- * 저장/전송기술로는 입체 영상 압축 및 부호화 기술에 대한 연구가 요구된다.
- * 평가기술로는 입체시에 대한 객관적 및 주관적 평가 방법에 대한 연구가 요구 된다.

본 기고에서는 입체 영상 표시 기술중 디지털 신호처리 기술에 초점을 맞추어 기술하였으며 최근의 연구 개발 동향을 소개하였다. 특히 특수 안경을 사용하지 않는 렌티큐라 방식 및 최근 주목받고 있는 다시점 영상 표시 기술에 대해 살펴보았다.

앞으로 가까운 장래에 입체 영상 시스템이 개발되어 방송, 통신, 의학, 교육, 산업분야등 보다 현실감 있는 화상정보를 필요로 하는 많은 분야에서 응용 될 수 있으며 또한 입체 영상 기술과 방송 기술이 결합됨에 의해 현재 각 가정마다 설치되어 있는 기존의 TV를 입체 TV가 대체하여 시청자들이 보다 현실감 있는 입체영상을 볼 수 있으리라 기대된다.

참 고 문 헌

1. Daniel B. Diner, Derek H. Fender, "Human Engineering in Stereoscopic

Viewing Devices," Plenum Press, 1993.

2. Shinichi Shiwa, Nobuji Tetsutani, Kenji Akiyama, Susumu Ichinose, Tadahiko Komatsu, "Development of direct-view 3D display for videophones using 15 inch LCD and lenticular sheet," *IEICE Trans. Information and Systems*, Vol. E77-D, No. 9, pp. 940-948, Sep. 1994.
3. Takeshi Naemura, Hiroshi Harashima, "Self-similarity modeling for Interpolation and Extrapolation of Multiview Image Sets," *IEEE ICASSP '94*, pp. 369-372, 1994.
4. H. Isono, et al, Autostereoscopic 3-D television using eight TV cameras," *television 學會誌*, Vol. 48, Np. 10, pp. 1267-1275, Dec. 1994.
5. 3次元映像의 基礎, NHK 放送 技術 研究所, Ohmsha, 1995.
6. H. Murata et al., "Conversion of two-dimensional images to three dimensions," *SID 95 Digest*, pp. 859-862, May 1995.
7. T. Motoki, H. Isono, I. Yuyama, "Present status of three-dimensional television research," *Proceedings of the IEEE*, pp. 1009-1021, July 1995.
8. Joji Hamasaki, "Recent developments

of autostereoscopic displays and television in Japan," *Proc. Int'l Workshop on Stereoscopic and Three Dimensional Imaging*, pp. 7-13, Sep. 1995.

9. A. Katayama, K. Tanaka, "A viewpoint dependent stereoscopic display using interpolation of multiviewpoint images," *Proc. SPIE, Stereoscopic dis-*

play and Virtual Reality Systems II, Vol. 2409, pp. 11-20, 1995.

10. Takeshi Naemura, Masahide Kaneko, Hiroshi Harashima, "3-D segmentation of multiview images based on disparity estimation," *Proc. SPIE*, Vol. 2727, pp. 1173-1184, 1996.