

《主 題》

# 삼차원 영상처리와 디스플레이 기술

박 대 철\* · 김 경 태\* · 손 정 영\*\*

(\*한남대학교 정보통신공학과, \*\*한국과학기술연구원)

■ 차

레 ■

I. 서 론

II. 3차원 화상 시스템

III. 3차원 화상 디스플레이 기술

IV. 렌즈판 삼차원 화상처리 및 코딩

V. 3차원 TV 시스템 기술 현황 및 전망

VI. 결 론

## I. 서 론

기원전 100년경 고대 그리스 벽화에 원근법에 의한 입체감이 있는 그림으로부터 시작하여, 서기 1600년경 이탈리아의 G.B. della Porta가 그림을 양안으로 보아서 상이 뜨는 것을 느끼게 하는 양안시차에 의한 입체표시 그림엽서를 최초로 소개하였다. 1839년 영국의 Charles Wheatstone이 발표한 telescope 그림이 있는데 이는 스테레오 쌍 그림을 좌우로 분리하여 평행하게 중앙에 위치한 2장의 거울을 통하여 화상을 보아서 입체감이 나타나도록 했다. 1849년 스코틀랜드의 David Brewster는 Wheatstone은 거울 대신에 프리즘을 사용했으며, 미국의 Wendell Holmes가 이블 프리즘 앞에 볼록렌즈의 기능을 추가하여 폭주각을 좁혀서 눈의 초점거리를 조절하는 방법을 사용하여 입체감을 더욱 향상시켰다. 19세기 말경에는 들여다 보는 방식의 스테레오스코프가 유행했다. 1903년 미국의 F.E. Ives는 1896년 Berthier가 최초로 착안한 Parallax Barrier를 이용하여 무안경식의 스테레오그램을 제안했다. 1918년 미국의 C.W. Kanolt는 시점이 고정되는 결점을 보완하여 연속적 3차원 화상이 보이도록 하는 Parallax panoramagram을 제안했다. 1908년 프랑스의 M.G. Lipmann은 Integral photography라고 하는 곤충의 복안렌즈판을 이용하는 방법을 제안했다. 스

피커를 이용한 Varifocal mirror 방식은 1961년 T. Muirhead에 의해 제안되었으며 이는 내부의 상이 비취 보이게 하는 phantom imaging의 특징이 있다. [1]

최근 각 분야에서 개최되는 박람회와 전시관에서는 편광 안경을 사용한 대형 입체 영화가 상영되어 큰 호평을 얻고 있다. 가정용 비디오 디스크에도 3-D 작품이 발표되고 편광 안경을 사용하여 가정에서 필요할 때 입체영상을 즐길 수 있다. 더욱이 보통 카메라와 같이 누구라도 입체 촬영이 가능한 3-4안 입체 카메라가 미국과 일본에서 개발되어 입체화상을 간단히 만들 수 있게 되었다. 이와같이 3 차원 영상 매체를 접하는 기회가 점차 많아지고 입체시에 관한 흥미와 유용성에 대해 사람들이 관심을 끌기 시작하였다.

인간이 주변세계로부터 받아들여지는 정보의 80% 이상은 시각을 통해 얻어지므로 정보매체중 영상매체가 차지하는 비중이 커지게 되었다. 이에 따라 정보통신서비스도 가시성과 인간공학(Human Engineering)을 위주로 하게 될 것이다. 지금까지의 영상매체 기술은 인간시각에 가장 자연스럽게 인식되고 우리가 살고 있는 세계(3차원)의 가장 사실적인 표현 및 전달을 시도하려는 영상매체 개발이 진행되고 있다. 가시성을 극대화하는 21세기 정보통신 서비스는 3차원 영상매체 기술의 개발을 통해서 달성될 수 있으며

HDTV이후의 TV는 3차원 (혹은 입체)TV가 되어야 할 것이다. 이와같이 입체TV를 위시한 3차원 영상매체는 2000년대에 HDTV나 2차원 영상매체를 대신할 새로운 매체이다.

3차원 영상매체의 개발은 영상분야 뿐만 아니라 관련 산업적인 효과로는 가전 및 통신산업은 물론 우주항공, 예술산업, 자동차산업 분야에 이르기까지 영향을 미치며 HDTV의 파급효과보다 훨씬 더 클 것으로 전망된다. 3차원 영상매체에 관련된 기술 흐름도를 대략적으로 [그림 1]에 나타내었고 3차원 영상매체 기술의 응용분야를 [표 1]에 보았다. 이와 같은 3차원 영상매체 기술이 실용화 된 것은 최근 디스플레이 소자기술의 현저한 진보와 디지털 화상처리기술, 컴퓨터 그래픽 기술, 입체시에 관한 인간시각시스템 연구 등의 진보에 의한 것이다. 입체TV 기술분야에서는 지금까지 평광안경, 액정 shutter 등 안경방식을 사용한 입체표시 방법이 일반적이지만 안경 장착의 불편

한 점과 한방향 시점에서 본 입체화상으로 한정되는 문제가 있다. 이를 위해서 안경이 불필요하고 입체화상의 관찰범위가 넓고 관찰자의 위치에 대응한 입체화상을 볼 수 있는 다안식 3차원 TV시스템이 요구되며 최근 일본의 NHK 방송기술연구소는 Toppan 인쇄소, Sanyo 사와 공동으로 3차원 TV를 개발하였다[2]. 3차원 화상디스플레이 방식으로 여러가지 표시방법이 제안되고 있지만 텔레비전과 같은 동화상 표시에 적합한 방식으로는 렌티큘라 렌즈를 사용하는 방식이 있다. 무안경 방식인 렌티큘라 판 렌즈(Lenticular Sheet Lens)를 사용하여 입체 디스플레이하며 대표적인 것으로는 직접 투사형 투과식과 LCD 비디오 프로젝터를 사용하는 투사형 투과식 방식이 있다.

본고의 제 2장에서는 3차원 화상 시스템의 전반적인 사항과 시스템 구성요소를 기술하고 응용분야를 살펴 보았다. 제 3장에서는 여러가지 3차원 화상 디스플레이의 원리와 방식들에 대한 분류, 실무자의 학습

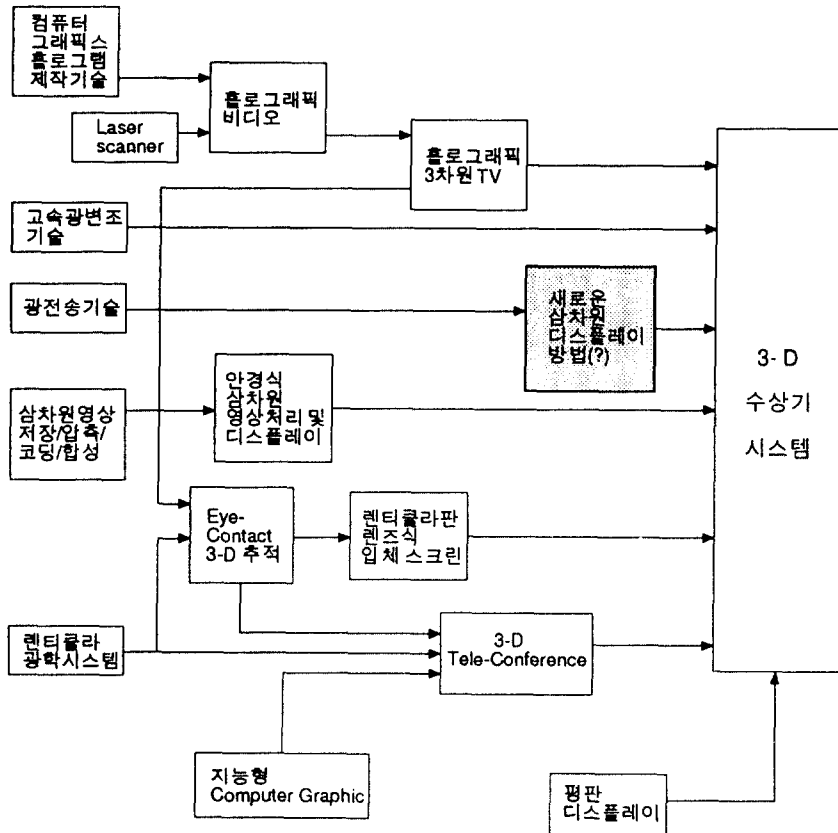


그림 1. 3차원 영상매체 관련 기술 흐름도

표 1.3차원 영상매체 기술의 응용분야

기술응용 분야	실 명	특 징	사 용 장 소
3-D 응용화상	컴퓨터 단층촬영의 3차원 영상합성 및 디스플레이	정확한 부위 판별 실물영상 표시	의료기관
3-D 광고물 제작	대형 삼차원 광고물 제작	실제적, 환상적, 배리적인 표현	출판사, 백화점 산업공인
문화재 보존 및 전시	문화재를 삼차원 실물적으로 저장	보존, 관리, 전시가 용이함	박물관, 미술관
3-D TV 및 비디오	입체방송, 입체통신 등 HDTV 기술을 대체, 홀로그래픽 혹은 다안명식 수상기 구현	현실감, 자연감, 입상감 실현	방송국, 통신사업자
컴퓨터 비전	감시부위의 3차원 영상처리	원격감시의 정확성, 신속성	공장자동화, 연구소
가상세계 체험	바다속, 우주공간, 분자세계 등 실제적으로 접근이 어렵거나 불가능한 세계를 실제환경과 유사하게 모의실험된 환경에서 체험을 가능케 해줌.	현실감, 안정성	연구소, 핵연료 공장
모의훈련 및 작업	특수훈련, 직능훈련이나 작업수행, 혹은 고가비용 훈련 등 가상현실의 장조에 의해 수행	실제훈련 혹은 작업과 유사	학교, 공장, 국방 관련
3-D 화상회의	3-D TV를 통한 회의	현실감	회사, 통신사업자
3-D 그래픽스	3차원 모니터에 의한 표시	환상적	산업체, 연구소, 학교
3-D 오락기	3-D 가상세계의 창출	현실감, 환상적	영화관, 오락실
3-D영화	입체 및 삼차원 영화 감상	입상감	전시실, 영화관

적 입장에서 여러가지 방식들의 특징을 검토하였다. 특히 가까운 장래에 입체TV에 응용될 무안경 렌티큘라판 렌즈에 의한 3차원 화상처리 및 정보량 분석과 데이터 압축을 위한 코딩 방법 등을 제 4장에서 살펴 보았다. 제 5장에서는 최근 국내외 식으로 3차원 영상매체의 기술개발에 관한 기술현황과 전망을 간단히 분석하였다.

## II. 3차원 화상 시스템

### 1. 입체감 요인

인간이 깊이감을 느끼는 원인으로서는 눈의 특성에서 오는 생리적인 요인, 망막상으로부터 얻어지는 심리적, 기억적인 요인 및 시각외의 요인(정각, 후각, 촉각 등)의 항목이 있다.

#### 1) 생리적인 요인에서 오는 입체감

##### (1) 수정체의 조절

대상물체의 원근에 따라 수정체의 두께를 조절한다. 즉 물체가 멀리 있을 때는 수정체의 두께를 얇게, 물체가 가까이 있을 때는 수정체의 두께를 두껍게 하

여 줌됨을 맞춘다. 이 조절량을 감지하여 단안으로도 입체감을 느낄 수 있다. 그러나 그 효과는 수 미터 이내 정도이다.

#### (2) 양안의 폭주각(convergence angle)

그림 2)에서처럼 어떤 대상물 (O)을 양안으로 주시할 때 양안의 시선이 그 주시점과 이루는 각  $\alpha$ 를  $A/D$ 를 폭주각이라고 한다. 시거리에 대해서 폭주각이 일

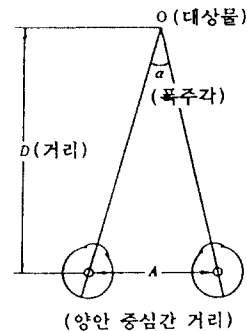


그림 2. 양안의 폭주각

정하도록 안구를 내측에서 회전시켜 주시하는 점이 시력과 색변별 능력이 우수한 망막의 중심에 들어 오도록 자동적으로 조절하며 이 근육의 작용에 의해서 대상물체와의 거리감이 생긴다. 양안의 간격이 6.25cm이라고 하면 그 효과는 근거리에서는 크며, 대략 20m 내외에 한정된다.

(3) 양안의 시차

양안 간격의 미소한 차이로 인하여 양안의 망막에는 같은 대상물의 다른 면이 맺히게 한다. [그림 3] 처럼 어떤 점 P를 주시했을 때 P점은 양안에 망막의 중심 P'에 맺히고 O, Q 점은 양안의 망막상 O', Q'에 맺혀서 양안에는 서로 다른 형태의 상이 맺힌다. 이런 현상을 양안시차(Binocular Parallax)라고 한다. 이 양안시차  $\Delta\theta$ 는 [그림 2](b)에서  $(\alpha_1 - \alpha_2)$  혹은  $(\theta_1 - \theta_2)$ 로 정의되고  $\Delta\theta \approx A/D - A/(D + \Delta D)$ 가 된다. 또한 양안시차는 생리적인 요인중에서 입체감의 효과가 가장 크다.

(4) 단안의 운동시차

움직이는 열차 혹은 차에서 경치를 바라보면 가까이 있는 것은 빠르게, 멀리 있는 것은 느리게 움직이는 것을 보고 거리를 판단할 수가 있다. 이와 마찬가지로 단안으로 물체를 보면서 물체 또는 시점의 한쪽을 이동하면 망막상에 시차가 생겨 양안시와 같은 현상이 생기는 것을 단안운동시차(monocular movement parallax)라고 한다. 아래 [그림 4]에서 관찰자가 물

체 A와 B를 보면서 속도  $v$ 로써  $P_0$ 에서  $P_1$ 로 이동했을 때  $\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2 \approx (\Delta D/D^2) \cdot vt$ 로 되고 물체 A와 B의 깊이의 차를 식별하는 데 필요한 운동시차  $\omega = d(\Delta\theta)/dt = (\Delta D/D^2) \cdot v$ 가 된다.

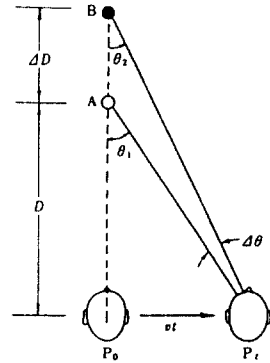


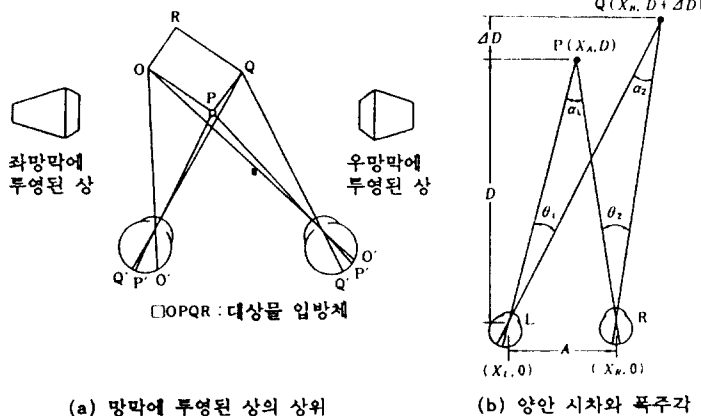
그림 4. 운동시차에 의한 물체 전후 관계의 판단

(5) 빨려 들어가는 효과

관찰자에게 시야각이 넓은 대화면을 제시하면 관찰자 자신이 그 화상의 공간내로 빨려 들어가는 것 같은 착각이 생긴다. 이러한 효과에 의해 2차원 화상에서도 입체감을 느낄 수 있다.

2) 심리·기억 요인에서 오는 입체감

앞에서는 시각의 생리현상에 의하여 입체감을 느



(a) 망막에 투영된 상의 상위

(b) 양안 시차와 폭주각

그림 3. 양안의 시차

끼는 요인에 대하여 설명했다. 그러나 인간은 이 외에도 이미 알고 있는 대상물에 대하여 형태와 크기를 어느 정도 기억하고 있다. 이와 같은 과거의 경험과 기억에 의한 상상력으로 망막상이 평면화상으로부터 어느 정도의 입체감을 느낄 수 있게 된다. 이러한 심리, 기억적인 요인은 기하학적인 2차원의 부도로부터 느끼는 입체시와 농도와 음영으로부터 느끼는 입체시의 요인으로 나눌 수 있다. 이들의 효과를 이용한 화상표시는 인간의 착각현상에 의해 입체감을 느끼고 생리적인 요인과 함께 더욱 실제적인 입체감을 느끼는다고 생각할 수 있다.

2. 입체 화상의 분류

1) 깊이 화상

심리, 기억적인 요인과 빨리 들어가는 효과에 의해서 2차원 화상이 표시면보다 깊이 방향의 공간에 대하여 입체감을 가지게 하는 방법이다. 진사는 투시도법, 중첩, 음영과 명암, 움직임 등을 계산에 의해 표시하는 3차원 컴퓨터 그래픽스, 후자는 화면을 대형화하여 초점조절을 제거하는 등 광시야 자극에 의한 입체감을 유도하는 방법이다.

2) 입체 화상

좌우안에 대응하는 방향에서 본 물체 즉 시차가 있는 두개의 화상을 좌우안이 혼동하지 않고 이를 각각 분리하여 제시하면 표시면 전후의 공간정보를 나타내어 입체감을 느끼게 하는 방식이다. 이 방식은 광의 파장과 편광면에 대하여 특성이 다른 특수 안경을 이용하는 안경방식과, 시차가 있는 화상이 동일면에 제시되었을 때 그 면위에 지향성이 강한 표시면을 입혀

서 각각의 화상이 좌우로 분리되어 사람의 좌우의 눈에 들어와서 사람이 입체감을 느끼게 하는 표시면 방식(무안경식)이 있다. 안경방식에는 좌상선택성이 있는 색안경(색번조) 방식, 편광자의 차광효과를 이용한 편광안경 방식, 눈의 산상시간 내에 좌우의 화상을 교대로 제시하는 시분할 안경 방식이 있다. 이외에도 좌우안에 투과율이 각각 다른 필터를 장착하여 이 투과율의 차로부터 오는 시각계의 시간차에 따라서 좌우방향의 움직임에 대한 입체감을 얻는 방식이 있다. 그리고 관찰자 쪽이 아닌 표시면 쪽에서 입체감을 내게하는 방식인 무안경방식에는 parallax stereogram 방식, 렌티큘러 방식, 미소반사 소사 방식(Corner cube mirror)과 홀로그래픽 방법을 이용한 지향성 스크린 방식이 있다.

3) 3차원 화상

깊이 화상과 입체 화상은 물체의 전후(깊이)의 정보만을 재현하지만 관찰자가 물체를 여러방향에서 보았을 때의 화상은 볼 수 없고, 관찰자가 주시하는 대상물에 초점을 바꿀 수 없는 등 공간상을 재현하는 데는 문제가 있다. 이 문제는 깊이 표분화 방식, 홀로그래픽 표시 방식과 깊이 공간에 화상을 재현하는 방법으로 어느 정도 해결할 수 있다. 다안식(多眼式)에는 패리릭스 베리어(Parallax barrier)방식, 렌티큘러 방식, 인테그럴 방식이 있다. 깊이 표분화 방식에는 Varifocal Mirror 방식인 표시면 진동 방식, 회전 원통 방식, 표시면적중 방식, 반투과 기층 합성 방식이 있다. 기계적인 작동부가 필요한 이 방식은 눈의 산상시간을 이용하는 표시 방법인데 산상시간내에 깊이 정보가 많은 화상을 표시하기에는 주사속도에 문제가

표 2.3차원 표시기술의 분류와 효과

분 류	원 리 및 효 과	방 식
깊이화상 (2차원 화상, 1장)	심리효과 (단안정보에 의한 깊이효과) 표시면 효과 (표시면의 유무를 잘 느끼지 못하게 한다.)	투시도법, 조명효과(음영, 반짝임 등), 움직임 등 허상(공중상) 대화면(빨리 들어가는 효과)
입체화상 (2차원 화상, 2장)	양안 시차 효과	안경방식: 안경: 색, 편광 개속: 시터 등 표시면(무안경)방식 렌티큘러판, 등
3차원 화상 (2차원 화상, 여러장, 공간상)	입체시 효과 (운동시차(다방향 관찰), 양안시차, 폭주각, 렌트조절 등의 주요인을 재현)	다안식: IP(Integral Photography) 가변 초점 광학계, 공간 스크린, 과밀 재생법: 홀로그래픽

있다. 또, 표시면 적층방식과 반투과 거울 합성 방식은 깊이화상의 수를 늘리기가 어렵다. 홀로그래픽 디스플레이는 3차원 화상표시 중에서 가장 뛰어난 방식으로 알려져 있다. 홀로그래피에는 레이저광 재생 홀로그래피와 백색광 재생 홀로그래피가 있다. 3차원 디스플레이의 최종목표는 관찰자측의 시각특성과 화상과의 정합이 잘 되어 자연감이 있는 3차원 표시 시스템의 개발에 있다. 입체시의 대상화상의 질에 따라서는 눈의 초점을 맞추는거나 시야가 큰 곳에서 볼 경우라던가 어떠한 형태가 되어도 눈에 피로를 느끼게 한다. 따라서 3차원 디스플레이 장치를 구축할 때는 이들의 문제에 대한 해결법, 이용목적에 따른 장치의 선택법 등을 충분히 고려해야 한다. 지금까지 설명한 3차원 디스플레이 기술 분류를 [표 2]에 나타냈다.

3. 시스템 구성 요소 기술

3차원 화상 시스템의 구성을 입력기술, 처리기술, 전송기술, 표시기술, 소프트웨어 기술, 광학기술로 나누어 생각해 보고자 한다.

1)입력 기술

[표 3]에 보인 바와 같이 3차원 입력기술은 입력장치의 물리적 특성으로부터 카메라 입력방식, 광학 입력 방식과 3차원 데이터 입력 방식으로 나눌 수 있다.

표 3. 3차원 입력기술의 분류

방 식		기 술
카메라 입력 방식	단카메라 입력	슬리트 투영 방식
	2 카메라 입력	스테레오 사진 방식
	다카메라 입력	3 차원 계측 방식
광학 입력 방식	보통의 광 입력	렌티큘러 렌즈 입력 복안 렌즈 입력
	레이저 광 입력	홀로그래프 작성
3 차원 데이터 입력 방식	접촉 입력	3 차원 디지털izer
	비접촉 입력	CG(Computer Graphics) 데이터 작성, 토포그래피, 유한요소법, 차분법 해석

광학 입력방식의 한 방법인 렌티큘러 판 렌즈(Lenticular Sheet Lens) 입력은 평행하게 배치된 다수의 반원주형 렌즈로 구성된 렌티큘러 렌즈를 통하여 생성되는 대상물을 카메라로 촬영하여 대상물을 여러 시점에서 본 화상을 얻는 방법이다.

2)처리 기술

화상처리 기술은 데이터화 된 화상을 처리하는 것이다. 주로 컴퓨터 그래픽스 기술이 유용하게 사용된다. 다음 [표 4]와 같이 화상처리 기술의 과정을 보면 작성, 해석, 記述, 기본처리 기술의 4단계로 볼 수 있다. 작성처리 기술은 입력된 물체의 정보와 보는 위치로부터의 시차계산으로 우안화상과 좌안화상을 작성하거나, 물체의 위치 좌표를 평행, 혹은 회전, 이동 후의 3차원 위치 좌표를 계산하여 작성하거나, 물체를 표시했을 때의 실재감을 주도록 물체의 보는 방향을 계산하여 3차원적인 표시화상을 작성하는 기술이 있다. 해석처리 기술은 물체의 윤곽과 특징점 등을 추출하여 형상해석에 의해 판단하거나 물체의 특징점이 위치의 변화로서 움직이는 양을 해석해서 판단하는 기술이다. 記述(description)하는 기술은 모델링법에 의해 물체의 형상, 위치, 특징 등을 컴퓨터로 처리하기 쉬운 형으로 기술하거나, 지정된 변화량에 따라서 변형된 물체를 작성하는 기술 등이 있다. 기본처리는 물체의 특징추출, 강조, 평활화, 입체시 영역 개선, 칼라 양자화 등의 처리를 하는 기술이다.

표 4. 3차원 화상 처리 기술

	과 정	기 술
3차원 화상 처리 기술	작성	시차 계산 처리
		평행 회전 운동
		트레이싱
	해석	형상 해석
		움직임 해석
		상면 해석
	記述	물체의 형상 記述
		물체의 운동 記述
	기본처리	물체의 변형 처리
		2차원 화상처리의 3차원화
3차원 특유의 화상처리		
입체시 영역 개선		

3)전송 기술

3차원 화상의 전송기술은 [그림 5] 처럼 기본적으로 TV 시스템과 유사하다. 현재의 TV는 평면 정보를 전달할 수 있지만 공간정보 즉 깊이정보는 전달할 수 없다. 우주통신이 발달함에 따라 화상전송도 광대역 디지털 전송의 시대가 되었다. 이와 함께 3차원 화상의 전송도 디지털화 된다. 이에 따라 쌍안 정보를 가진 스테레오 쌍 화상신호에 대해서도 고능률 부호화

기술(JPEG, MPEG1, MPEG2 등)의 도입으로 대역압축이 가능하게 될 것이다. 그러면, 현재의 전송기술로서 필요로 하는 대역폭을 3차원 화상전송의 가능성에 대해서 생각해 볼 때, 전송매체 및 설비가 문제된다. 지상에 있어서 무선전송 설비에 대한 주파수 할당이 진행되고 있고 3차원 화상전송을 위한 전용 통신로의 확보는 어렵고 위성통신의 이용이 주목된다. 위성에 탑재되어 있는 중계기 1대당의 대역폭으로서 25~250 MHz가 사용가능함으로 입체 TV의 3차원 정보의 전송도 가능한 범위에 있다. 유선 전송은 광파이버 전송이 주류를 이루고 있다. 또한 광파이버의 경우 전송속도가 2.5 Gbps가 실용화되었고 조만간 10 Gbps 이상의 전송속도가 될 것임으로 문제가 없다. 그리고, 과장분할 다중 방식(Wavelength Division Multiplexing) 전송기술을 사용하면 하나의 광파이버로서 다채널 전송이 가능하다. 따라서, 이 기술이 가입자까지 적용되면 CCIR601 화상입력의 경우 약 120 Mbps 정도임을 생각하면 양안서차에 의한 입체TV 전송은 현재의 기술로서도 실용 가능하다.

표 5. 3차원 화상표시 기술의 분류

입체화상 (2안식)	두여나 보는 방식	기울 방식 프리즘 방식 렌즈 방식
	안경 방식	적청색 안경 방식 농도차 방식 편광 방식 시분할 방식 (편광 안경, 셔터 안경)
	무안경 방식	Parallax 스테레오그램 렌티큘러 방식 대형 오목면 거울 방식 대형 볼록렌즈 방식
3차원 화상	다안식	Parallax 파노라마 방식 렌티큘러 방식 인테그럴 방식
	깊이 표본화 방식	Varifocal 기울 방식 회전 위동 방식 표시면 진동 방식 표시면 직송 방식 반투과 기울 합성 방식
	홀로그래피	레이저 재생 홀로그래프 백색광 재생 홀로그래프 : Lipmann 홀로그래프 Rainbow 홀로그래프 홀로그래픽 스테레오그램

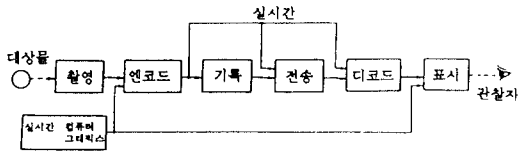


그림 5. 3차원 화상 시스템의 구성 요소

4) 표시기술

3차원 디스플레이 기술의 분류는 관찰자에게 어느 정도의 3차원 영상의 정보를 제공할 수 있는가에 의한 표시능력으로부터 깊이 화상, 입체화상 및 3차원 화상으로 분류하고, 표시화상이 움직임을 표시할 수 있는지 아닌지에 따라 정지화상과 동화상으로 분류한다. 또한, 표시에 이용하는 주요기술이 TV 기술, 홀로그래피 기술, 컴퓨터 그래픽스 기술에 의한 분류가 있고, 화상의 입력, 제시, 시청 등 시스템의 형태가 동일한 장소에서 이루어 지는 고립형인가 혹은 화상을 통신로를 통해서 떨어진 지점으로 송수신하여 시청하는가에 따라 분류할 수 있다. 다음의 [표 5]는 현재 까지 보고된 각 방식을 표시능력의 관점에서 분류한 것이다.

5) 소프트웨어 기술

영화, 전시회, 게임 등과 같은 오락 분야의 영상 소프트웨어는 입체감을 실현하고 느끼게 하는 가장 좋은 응용 분야라 할 수 있다. 앞으로 다른 분야에 어느 정도로 큰 영향을 미칠 것인가에 대하여는 실용적인 하드웨어와 소프트웨어가 어느 정도까지 가능한가에 달려 있다고 해도 과언은 아니다. 주 3차원 화상을 지금까지의 2차원 화상의 연장선으로 생각할 것이 아니라 실물에 가까운 영상이 되도록 해야 한다. 여기에는 시각인식 등 입체영상이 공급될 수 있는 이론과 기술, 음성의 스테레오화도 함께 검토해야 할 대상이다. 그러면 입체화상, 혹은 3차원 화상을 만들 때 소프트웨어의 입장에서 보면 어떤 문제가 생길 수 있을까? 이를 알아 보기 위하여 실물감, 평면영상감 그리고 입체 영상감을 구별해서 생각해 볼 필요가 있다. 영상이 뒤어 나오는 것처럼 느끼는 입체 영상의 특징은 촉감을 가지는 영상의 기능을 가지고 있다. 이와 같은 기능을 가지고 있는 화상의 대소는 촬영시의 카메라 렌즈의 간격, 프레임, 화면의 전환 기술에 의해 입체감이 없어질 수도 있기 때문에 촬영조건, 촬영범위, 화면 전환의 기술 등에 관련된 수법의 확립이 필요하다.

6) 광학기술

3차원 화상기록을 위한 3-D 카메라기술, 화상입력/기록을 위한 고출력 펄스 레이저 기술, 홀로그래피 광소자기술, 전송광학 시스템 설계기술, 광대역 전송용 파이버 기술, 렌티큘라렌즈 제작기술, 고집적광학 기술, 고속변복조기술등 관련된 광학기술등에 관한 기초 및 응용 연구방법의 확립을 필요로한다.

4. 3차원 화상시스템의 응용

3차원 디스플레이는 최근에 발전하는 기술로서 그만큼 기대도 크다. 현재의 사회환경과 기술동향으로부터 생각될 수 있는 응용분야는 서론에서 언급한 바와 같이 [표 1]에 잘 요약되어 있다. 이들의 응용분야는 극히 한정된 분야에서 온라인으로 사용되고 방송과 통신회선을 사용하여 전송하고, 정보화 사회로 가는데 기반기술이 된다. 또한 각 응용분야에 대한 3차원 화상의 장점을 아래 [표 6]에 나타내었다.

3차원 화상의 장점으로서의 임장감, 실존감, 자연감, 대정보량 및 허상을 들 수 있다. 임장감과 실존감은 각종 시뮬레이터에 응용하면 모의 훈련과 교육 학습의 가상 체험을 할 수 있고, 홀로그래피에 의한 연극무대의 장식과 선전, 조사 연구 등의 응용에서는 수송, 보존, 관리 등의 문제를 해결하고, 방송 통신에의 응용은 거리감을 느끼지 않는 친근감 있는 커뮤니케이션이 될 것이다.

대정보량과 허상은 거대화, 고도화된 장치의 장소를 점하지 않고 전시할 수 있으며, 귀중한 문화재와

고가의 장식품을 전시할 때도 가벼운 마음으로 전시하고 선전의 효과를 얻을 수 있다. 이들은 고객에게 정보를 제공할 뿐만 아니라 성능에 대한 가격을 내릴 수 있다. 로봇의 원격 조작과 항공관제와 같은 분야는 2차원 화상으로는 제어가 곤란한 분야로서 3차원 제측제어와 3차원 화상 표시 기술의 활용은 작업의 능률성, 신뢰성을 높이고 조작하는 사람의 정신적인 부담을 덜어 준다.

Ⅲ. 3차원 화상 디스플레이 기술

3차원 화상 디스플레이 방법에는 물체의 전후(깊이) 정보가 있는 입체 화상과 물체의 측면 정보가 있는 3차원 화상이 있다. 입체 화상 디스플레이는 양안 시차효과와 원리에 의한 기술로서 양안에 해당하는 각각의 2차원 화상을 어떻게 좌우안구에 독립적으로 바르게 제시하고 융합할 수 있는가의 기술에 달려있다. 현재의 제시 기술로서는 특수안경을 사용하는 방식과 지향성이 강한 표시면을 이용하는 방식의 두 종류가 있다. 3차원 화상 디스플레이 기술로서는 특수한 렌즈판을 사용하는 다안 방식, Varifocal Mirror 방식인 깊이 방향 표본화 방식, 광의 진폭과 위상을 기록하고 재생하는 홀로그래픽 방식이 있다.

1. 양안시차(Binocular Parallax) 원리와 입체감 영역

[그림 3]에서 처럼 관측거리  $D$ , 깊이  $\Delta D$ , 양 동공의 간격  $A$ , 물체를 관찰했을 때의 양안시차를  $\Delta\theta$  라

표 6. 3차원 화상의 장점

분 야	장 점			
	임 장 감	실 존 감	대 정보 량	허 상
교육, 학습, 훈련	모의훈련 시뮬레이터	교재	실습	실내로 가져올 수 없는 교재
문화, 예술	연극무대 설정	그림, 조각	문화재 보존(고고학)	장소는 선정하지 않는 전람회
선전	큰물건, 여행 등의 선전	쇼윈도우	카탈로그 쇼핑	포스터
장식	작식용 그림			소공간 장식
인쇄, 출판			삽화	그래프, 지도
취미, 오락	영화, 게임	게임	수예, 모형, 스포츠 지도	월드 스포츠
조사, 연구	천체, 해양조사, 심리실험	화학, 물리 등의 이미지화	계측, 전자현미경	
의료	정신진료	의료진료	CT, 계측	
제조		CAD, CAM	계측	
제어		로봇	항공관제	
방송(프로그램 제작)	입체 텔레비전	크고작은 도구	정보제공	특수효과
사무(통신)	TV 회의, TV 전화	정보제공	데이터의 시각화	
도목, 건축		CAD, CAM	입체계측	



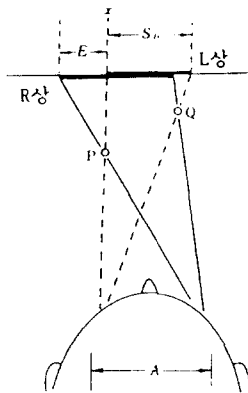
하면,  $\Delta\theta \approx \frac{A}{D} - \frac{A}{D+\Delta D}$  가 된다. [그림 6]에서 값의 차가 있는 상 P, Q를 보았을 때 좌안은 점선의 연장선상에 있는 L 상을, 우안은 실선의 연장선상에 있는 R 상을 보는 것과 같다. 즉, [그림 6(b)]와 같이 우안상인 x를 기준으로 하면, E만큼의 위치차, 크기  $S_p$ 의 시각차상 L, R이 동일 화면상에 역으로 제시되었을 때 좌우상을 바르게 분리하여 볼 수 있으면 시거리와 같은 표시거리  $D_s$ 에 있어서의 양안시차  $\Delta\theta$ 는 다음과 같게 된다. 즉,  $\Delta\theta \approx \frac{E}{D_s}$  이다. 여기서 E는 [그림 6(b)]와 같이 교차할 때는 음(-)의 값, 교차하지 않을 때는 양(+ )의 값을 가지며 위의 식에서  $D = D_s$ ,  $D + \Delta D = D_0$ 가 된다. 재현상  $S_r$ 와 표시거리  $D_s$ 와의 차, 즉 깊이  $D_i$ 는 표시거리  $D_s$ 를 기준으로 하면

$$D_i = D_0 - D_s = \frac{D_s E}{A - E}, \quad S_r = \frac{S_p A}{A - E}$$

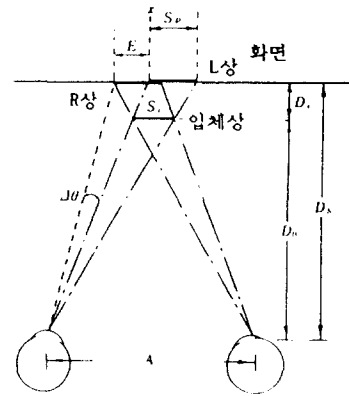
이다. 따라서 재현상의 크기는 표시거리  $D_s$ 와 무관하므로 표시거리를 늘이면 시차는 작아지지만 재현되는 입체화상의 깊이는 크게 된다. 또, 표시거리  $D_s$ 에 있어서 양안시차 및 눈과 재현상까지의 거리  $D_0$ 와의 관계는

$$\Delta\theta = \frac{A(D_0 - D_s)}{D_s \cdot D_0}$$

가 된다. 이것과 관련된 실험결과를 보면 양안시차가 있는 상의 융합된 상의 한계는 표시거리와 무관하고 화면의 크기에 비례한다는 사실이 밝혀 졌다. 따라서 화면은 크면 클수록 좋다.



(a) 시차상



(b) 재생상

그림 6. 양안시차와 재생상의 관계

## 2. 3차원 화상 디스플레이 방식

### 1) 특수 안경에 의한 입체 화상 디스플레이

양안시차가 있는 화상이 동시에 제시되었을 때 안경방식에 있어서 좌우화상 분리하는데는 광의 서로 다른 파장을 이용하는 파장 분리형 색안경 방식, 광의 편광 상태가 다른 성질을 이용하는 편광 분리형의 편광 안경 방식 및 화상의 제시시간을 달리하는 시분할형 방식이 있다.

#### (1) 색안경 방식

이 방식은 투과 파장 영역을 공통으로 갖지 않는 보색에 가까운 색필터의 조합을 사용하는데 색차가 너무 크면 화상의 밝은 부분과 콘트라스트가 높은 도형의 윤곽부분이 시야부쟁에 의해 불안정하게 된다. 이는 가장 간단한 방법이지만 눈에 두색만 제시되기 때문에 컬러화에는 좋지 않다.

#### (2) 편광안경 방식

편광안경 방식에는 직선 편광의 진동방향이 다른 성질, 혹은 원편광의 회전방향이 다른 성질을 각각 이용하여 좌우안 상을 분리하는 방법이다. 이 원리를 이용하여 좌우안에 해당하는 화상을 동시에 표시한 CRT1과 CRT2를 직각으로 두고 그 CRT위에 편광축이 서로 직각인 편광판을 둔다. CRT의 사이 45도에 반투과 거울을 이용하여 1장으로 합성된 화상을 서로 식교하는 편광안경을 통하여 관찰하면 양화면의 분리가 가능하게 된다.

### (3) 시분할 안경 방식[3]

앞의 두 방식은 모두 좌우 화상을 동시에 제시하는 방식이었다. 이에 대하여 시분할 방식은 좌우화상을 서로 절환시켜가면서 교대로 제시하는 방식이다. 따라서 좌화상을 제시할 때는 좌안에만 화상이 제시되고, 우화상을 제시할 때는 우안에만 화상이 제시 되도록 하는 기술이 필요하다. 초기에는 기계적인 셔터 안경을 이용했지만 현재에는 좌우화상의 절환 방법을 전자적으로 안경쪽에서 하는 시분할 안경 셔터 방식과 절환을 화상 표시쪽에서 하는 시분할 편광 안경 방식이 실용화되고 있다. 시분할 셔터안경 방식의 표시면측은 단순히 좌우 화상을 번갈아 가면서 절환만 하여 표시하지만 안경측을 표시 화상에 동기시켜 개폐한다. 이와 같은 셔터 기능을 가진 광학계의 기구는 여러 가지가 있다. 또한 시분할 편광 안경 방식은 안경측에서 절환조작을 하는 번거러움을 없애기 위해서 셔터 안경을 구성하는 편광판과 편광소자를 표시측에 두고 관찰자는 적교한 편광판의 안경만을 쓰면 되는 방식이다. 이들 모두는 처음에 설정한 표시화상의 편광면에 대한 편광 안경의 방위각과 다르면 분리상태가 저하된다.

### (4) 농도차 방식

Pulfrich효과인 착각현상을 이용한 농도차 방식은 감광(減光) 필터를 두 눈중의 어느 한 쪽의 눈에만 씌우므로 좌우안의 밝기가 다르게 되어 정보가 망막에서 뇌로 전달되는 속도가 달라지는 성질을 이용한다. 이렇게 이동속도와 농도의 차에 의해 깊이의 변화가 생겨 깊이감을 느낀다. 만약, 감광(減光) 필터를 사용하지 않으면 보통의 2차원 화상이 되고, 좌우로 움직이는 정보로부터 깊이를 느끼게 됨으로 정지 상태에서는 효과가 없으며 움직이는 방향에 따라 깊이의 전후가 반전된다.

### 2) 무안경식 입체 화상 디스플레이

안경을 사용하지 않고 좌우 화상을 분리하는 방법으로서 Parallax barrier, Lenticular 판, 파리 눈 렌즈판 등에 의해 표시면측을 가공하여 특정의 관찰 위치에서 좌우안에 해당하는 화상을 분리하여 제시하는 방법이 있다.

#### (1) Parallax 방식

Parallax 방식은 [그림 7]과 같이 좌우안에 해당하는 L, R 화상의 앞에 세로격자 모양의 개구(Aperture)

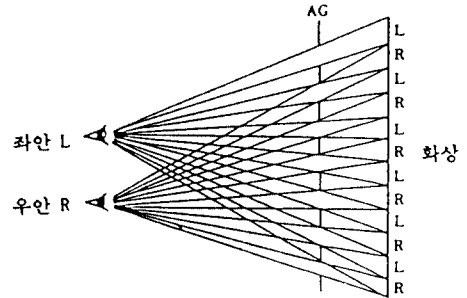


그림 7. Parallax 방식의 원리

AG를 통하여 화상을 분리하여 관찰하는 방식이다. 개구의 위치, 슬리트의 폭, Barrier의 피치는 화상의 폭에 따라 변하고 Barrier 때문에 밝기가 저하하여 눈에 기술리는 단점이 있다.

눈에 기술리는 단점을 없애기 위해서 베리어의 피치를 망막 분해능의 한계치로부터 대략 (개구와 눈과의 거리)/3500 이하로 할 필요가 있다. 예를 들면, 개구와 눈과의 거리가 1 m이면 피치는 약 0.3 mm가 되고, 슬리트의 폭은 피치의 약 1/10인 30 um 정도가 알맞다. 그러나 이 방법은 제작이 까다롭고 회절현상의 문제로 현재는 거의 사용하지 않는다.

#### (2) 렌티큘러 방식

세로 격자 모양의 Parallax barrier 대신에 [그림 8]과 같이 반원통형 렌즈를 배열한 렌티큘러판을 사용하는 방법이다. 이 렌즈판의 초점면에 좌우안에 대응하는 화상(평행 광선이면 그 상은 직선으로 되기 때문에 수평 방향의 해상도는 0이다)을 배치하고 이 렌즈판을 통하여 관찰하면 렌즈판의 지향특성에 따라서 좌안과 우안에 화상이 분리되어 입체로 보이게 된다. 가능하면 많은 다안화상을 기록하기 위해서는 카메라의 렌즈 구경을 작게 해야 하는데 이렇게 하면 필립폭이 좁게 되어 화질이 저하된다. 카메라의 간격 때문에 화상이 불연속하게 되는 flipping 현상의 크기  $F$ 는 카메라 또는 투영기 렌즈의 피치  $d$ , 렌즈와 렌티큘러판의 간격  $a$ , 렌티큘러판과 필름간의 간격을  $b$ 라 하면 다음의 관계식이 성립한다.

$$F = \frac{d \cdot b}{a + b}$$

한편 렌티큘러판의 최적 렌즈 피치는 0.1 ~ 0.5 mm 이고, 관찰정보는 적어도 5방향 이상으로부터 기록하

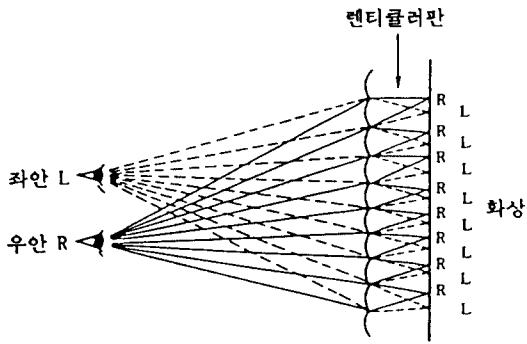


그림 8. 렌티큘러 방식의 원리

는 것이 좋다.

(3) 인테그럴(Integral Photography) 방식

렌티큘러 방식은 좌우 방향에 대해서만 입체감이 얻어지고 상하 방향의 정보는 없다. 그러나 인테그럴 방식은 1상의 인화판에 완전한 3차원의 화상을 기록하여 그 실상을 재생할 수 있다. 즉, [그림 9]과 같이 파리 눈모양의 렌즈판을 배치시키고 인화지상에 각 렌즈에 대응한 다른 방향에서 본 피사체의 부수히 많은 도립상을 기록한다. 이로부터 같은 크기의 양화를 작성하고 파리 눈 렌즈판을 원래의 위치에 두고 양화의 뒤쪽에서 빛을 비추면 양화의 각상의 광속(光束)은 촬영때와 같은 경로의 역방향으로 진행해 가면서 원래의 피사체 위치에 3차원의 실상이 생긴다.

(4) 대형 오목거울 및 대형 볼록렌즈 방식

오목 거울 및 볼록렌즈의 결상(結像) 작용을 이용하여 양안시차 화상 혹은 복수안 화상을 양안에 제시하여 입체감을 느끼게 할 수 있다. 그 원리는 [그림

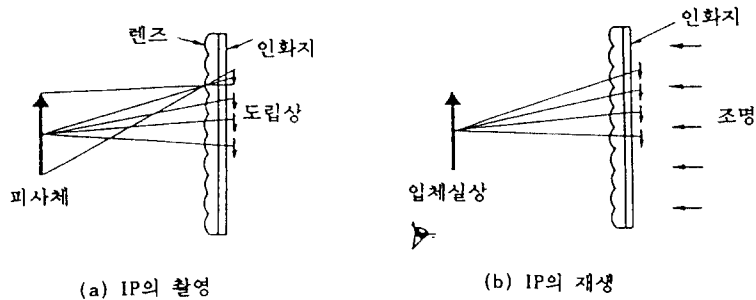
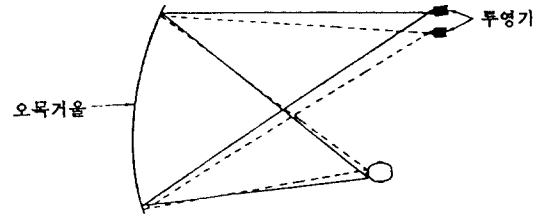
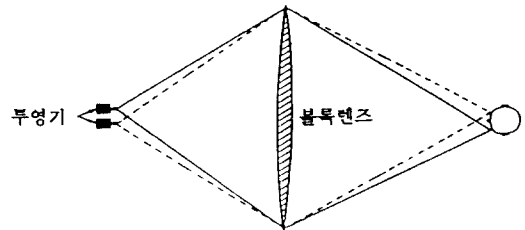


그림 9. 인테그럴 방식의 촬영과 재생원리

10]처럼 관찰자는 프로젝터로부터 투영상을 대형 오목거울의 스크린에 반사시켜서 본다. 볼록렌즈 방식은 오목면 거울에 의한 반사형에 대하여 투과형으로 한 것으로 원리적으로는 같다. 일반적으로 표시된 화상을 직접 관찰하기 보다는 오목면 거울을 통하여 그 화상을 관찰하는 편이 깊이감이 훨씬 있다.



(a) 대형 오목거울 방식의 원리



(b) 대형 볼록렌즈 방식의 원리

그림 10. 오목거울 및 볼록렌즈 방식의 원리

3) 깊이 방향 표분화 방식-Varifocal Mirror 방식

깊이 방향 표분화 방식의 원리는 물체의 각 위치에 서 2차원의 실단 화상의 수 10여장이 얻어졌다고 하면 결상(結像)계의 이동에 의해 깊이 방향의 정보를 분할 표시하여 눈의 산상현상을 이용하여 공간에 화

상을 띄어 오르게 할 수 있다. 이 방법은 깊이 정보가 가진 완전한 화상이 공간에 재생되기 때문에 눈의 위치를 좌우상하로 움직이면 그 위치에서 본 화상이 관찰될 수 있다. 여기에는 표시면 진동 회전 방식과 표시면 적층 반투과 기술 합성 방식이 있다.

4) 홀로그래픽 디스플레이

홀로그래피는 입체감이 생기는 요인인 초점 조절, 폭주각, 양안시차, 운동시차 등 모든 요인을 갖춘 완전한 3차원 화상이 얻어지는 방식이다. 이 홀로그래피는 3차원 디스플레이의 관점에서 보면 재생용 광원의 종류에 따라 레이저 광 재생 홀로그램과 백색광 재생 홀로그램으로 분류되고 홀로그래피에 의한 3차원 표시를 홀로그래픽 디스플레이라고 한다. 파면이 평행한 평면파를 어떤 점에 조사(照射)하면 물체로부터의 반사파는 구면파가 되어 사방으로 전파된다. 이 때 파면이 평행한 평면파를 대상물에 조사하면 대상물의 반사광은 무수한 점을 원점으로 하는 구면파의 합성으로 생각할 수 있다. 왜냐 하면 대상물이 복잡할 때는 대상물을 무수히 많은 점의 집합으로 생각할 수 있기 때문이다. 합성된 구면파는 구면파들 간에 간섭무늬가 생기고 위상이 같은 부분과 다른 부분에 의해서 간섭무늬의 휘도의 차이가 생긴다. 따라서 이러한 간섭패턴은 물체의 무수한 점으로부터 광의 진폭과 위상의 정보를 가지고 있다. 보통의 카메라는 광의 강도 정보만을 인화지에 기록하지만(Photography), 홀로그래피는 간섭패턴을 기록 재생하는 기술이다(Holography).

(1) 홀로그램의 촬영

홀로그램의 촬영광학계의 개념을 [그림 11]에 나타냈다. 간섭성이 좋은 레이저 광원을 반투과 거울과 대물렌즈를 사용하여 평행한 물체로 조명광(평면파)

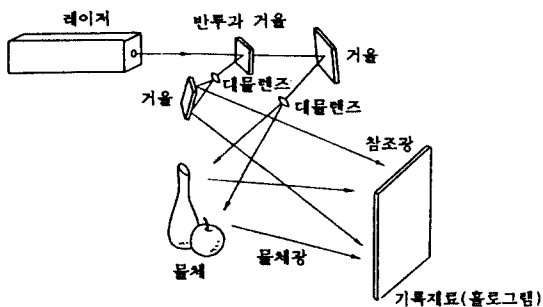


그림 11. 홀로그램의 기록

과 참조광(평면파)으로 나누어 기록 인화지 상에 물체광(구면파)과 참조광을 간섭시키면 공간주파수의 간섭 무늬가 생긴다. 이 간섭무늬 혹은 기록된 인화지를 홀로그램이라 하고 이를 이용한 모든 기술을 총칭하여 홀로그래피라고 한다.

(2) 레이저 광 재생 홀로그램

앞에서 설명했듯이 홀로그램에는 물체의 모든 점의 정보가 전면에서 기록되어 있다. 즉 홀로그램의 한 점에 물체의 모든 정보가 기록될 수 있음을 의미한다. 따라서 이 홀로그램의 일부분으로부터 원래의 3차원 화상을 재생할 수 있고 한장의 인화지에 나수의 정보를 기록할 수도 있다. 홀로그램이 기록된 인화지에 대하여 기록될 때와 같은 참조광의 위치에서 조명광을 조사하고 홀로그램의 뒤쪽에서 관찰하면 물체광의 파면을 그대로 같은 모양으로 재현되기 때문에 원래의 위치에 물체가 재현된다. 이 재현을 위해 레이저 광원을 사용하면 단색광을 위해서 재생상은 어렵게 되지만 깊이가 선명한 3차원 화상이 얻어지는 특징을 가지고 있다. 이 방법으로 재생된 3차원 화상은 홀로그램 면보다 안 쪽에 있지만 이를 개량하여 홀로그램 면의 전후에 나타나게 하고, 레이저 만큼 간섭성이 좋지 않은 광원으로도 좋은 이미지 홀로그램도 제안되고 있다. 최근에는 정밀을 필요로 하는 화상의 기록, 보존 등 특수한 용도에 자주 사용되고 3차원 디스플레이의 목적으로는 거의 이용되지 않는다.

(3) 백색 광 재생 홀로그램

백열등과 같이 저렴한 광원의 조명으로도 요구사항을 만족하도록 개발된 백색광 재생 홀로그램에는 백색광 중에서 특정의 파장만을 선택해서 관찰하는 리프만 홀로그램이 있고, 재생상을 홀로그램 면상에 만드는 이미지 홀로그램이 있다. 리프만 홀로그램은 [그림 12]와 같이 레이저 빔을 넓게 물체에 조명하고 입체표시하고자 하는 바로 앞에 수직으로 홀로그램 인화지를 둔다. 물체쪽으로의 조명광은 참조광이 된 동시에 인화지 뒤쪽의 물체에 부딪쳐 그 반사광이 물체광으로 되어 인화지에 간섭무늬가 기록된다. 재생시에는 조명한 위치로부터 백색광을 조사하면 원래의 위치에 참조광과 같은 색(파장)의 3차원 상이 재생된다.

(4) 홀로그래픽 스테레오그램

지금까지의 홀로그래피는 입체표시를 하고 싶은

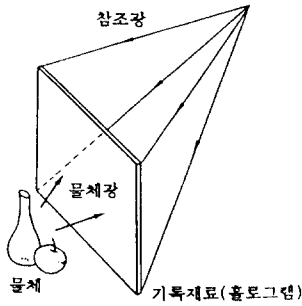


그림 12. 홀로그래프의 작성원리

물체를 촬영하여 직접 홀로그래프를 작성하는 방법이다. 홀로그래픽 스테레오그램은 보통의 카메라로서 복수의 다른 방향에서 촬영한 여러 장의 평면상을 한 장의 홀로그래프에 합성하여 입체상으로 표시하는 방법이다. [그림 13]에서처럼 카메라의 초점을 물체의 가운데에 맞추고 초점 심도를 깊게하여 수평방향에 있는 간격 P에서 이동시키면서 보통의 사진촬영을 한다. 이 필름을 현상한 후 [그림 13] (b)와 같이 레이저 광을 사용하여 확산 스크린상에 원래의 크기로 투영하고 스크린으로부터 촬영시의 카메라의 위치에 홀로그래프 인화지를 배치하여 이것도 참조광으로 조사한다. 또한 인화지의 앞에 수직방향으로 긴 카메라의 이동간격 P와 같은 슬리트를 두고 이동시키면 슬리트의 개구부분 만큼 시차를 가진 홀로그래프가 기록

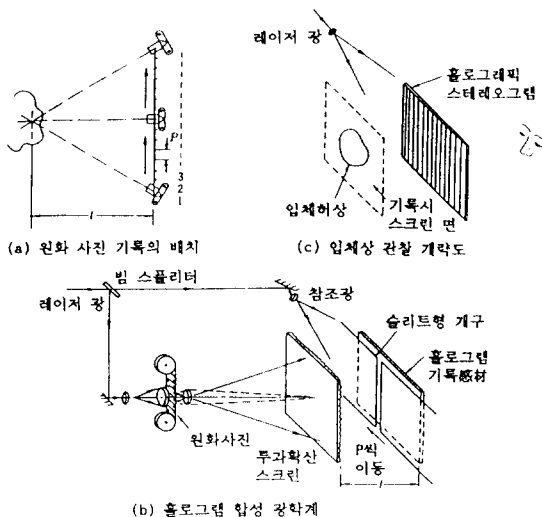


그림 13. 홀로그래픽 스테레오그램의 작성 원리

된다. 현상한 홀로그래프를 [그림 (c)]와 같이 참조광원의 위치에서 다시 조명하면 확산 스크린의 위치에 입체상이 관찰된다. 이는 앞에서 기술한 렌티큘러 방식과 비슷하고 합성된 인화를 작성할 때에 레이저 광을 필요로 하지 않기 때문에 2차원 화상인 인물, 풍경, X선 화상과 같은 가공 물체에 대한 3차원상의 기록, 재생이 쉽다. 또 이대로는 레이저광 재생 홀로그래프이기 때문에 백색광으로 재생이 가능하기 위해서는 이 홀로그래프를 마스터 홀로그래프로 하여 이미지 홀로그래프를 작성해야 한다.

#### IV. 렌즈판 삼차원 화상처리 및 코딩

##### 1. 3차원 화상의 정보량

3차원 화상의 정보량은 상황에 따라 다르지만 물체의 어느 한 점이 가지는 정보는 위치, 콘트라스트, 색(위상, 포화도, 명도)과 시간정보까지 추가하면 수치로 나타낼 수 없을 만큼의 방대한 양이다. 일반적으로 이들의 정보량은 광학계, 기록재료, 환상계, 전송계, 표시계 등에 의해 큰 제약을 받는다. 따라서, 정보량은 시스템의 표시정능을 나타내는 해상도와 소위 주파수 대역폭으로 나타내는 경우가 많다. 3차원 화상의 정보량을 계산하는데 필요한 기본 변수들은 프레임당 라인수, 프레임당 유효주사선수 프레임위 속도, 비원주사율, 색차신호, 포화화 샘플수, 비디오 신호시간, 화면비, 광전변환 함수, 수평/수직 주사율 등이 있다. 기존 Composite 컬러 TV의 경우  $525 \text{ (lines/frame)} * 525 * 4/3 \text{ (pixels/line)} = 367,500$  개의 화소로 구성되어 있고 비원주사비가 2:1 인 경우  $367,500 * 1/2 = 183,750 \text{ Hz}$  가 되고 이러한 화상을 1초에 30장을 전송하기 때문에  $183,750 * 30 = 5,512,500 \text{ Hz}$  로 된다. 여기에 주사와 관계있는 수직, 수평 위선기간을 각각 3.5%, 12%로 보면 실제 주파수 대역폭은  $5,512,500 * (1 - 0.035) * (1 - 0.12) = 4,468,432.5 \text{ Hz}$  즉, 약 4.5 MHz가 된다. 그리고 HDTV의 경우 수평주사선이 1125선이고 화면의 비가 16:9를 고려하면 약 20 MHz가 요구된다. 물론 화상소스를 콤포넌트 비디오 신호로 입력하는 경우 휘도(Luminance)부분이 약 4.5MHz, 색차신호(Chrominance)부분의 경우 휘도의 약 1/2로 보면 대략 소요되는 기저신호대역폭은 7MHz가 요구된다. 더욱이 CCIR601 비디오 포맷(480lines/frame, 720 samples/line, 30frames/sec, 4:3 aspect ratio, 4:2:0 Color format의 경우)인 경우 전체 비트율은 124Mbps가되며 2안 입체화상데이터로 한 경우 124

표 7.3차원 TV 전송에 필요한 주파수대역폭 [4]

3차원 TV의 방식	해 상 도	소요 대역폭
2안 정보를 홀로그래피로 전송하는 경우	N = 500	120 MHz
2안 입체화상	N = 500	130 MHz
쌍안, 접안형 홀로그래피	N = 500	120 MHz
	눈에 준하는 해상도	6,000 MHz
광시야 홀로그래피	눈에 준하는 해상도	1,500,000 MHz
	정보량 시각형 N = 500	600,000 MHz
	황방향시차, 투사형 N = 500	3,000 MHz
Integral Photography	N = 500	42,000 MHz
다안 3차원 화상	N = 500	750 MHz

Mbps × 2 = 248Mbps가 된다. 비압축시 요구되는 기저대역폭은 스펙트럼 효율성이 2 bit/s/Hz인 경우 248 Mbps/2 bps/Hz = 128 MHz가 요구된다. OKOSHI 교수는 해상도 500 조건으로 3차원 TV 전송에 필요한 주파수 대역폭을 각 방식에 대하여 계산한 결과를 [표 7]에 나타냈다. 이 표에서 알 수 있듯이 방대한 정보량이 생성되며 해상도에 따라 엄청난 정보량이 생성되어 정보량의 리던던시(Redundancy), 신호대역폭의 압축 그리고 정보처리 및 코딩 기술 등의 확립이 요구된다.

2. 렌티큘라 렌즈판 입체화상 합성 및 코딩

렌티큘라 판 렌즈는 원통형의 렌즈를 종방향으로 배열되어 있다. 표시하려는 화상의 위치는 원통형 렌즈의 초점거리에 화상이 배치된다. 렌티큘라의 성질은 입사광선의 방향을 초점면의 위치에 빛강도와 위치정보를 기록/재생하는 것을 특색으로 하고 있다. 렌티큘라 방식의 수평해상도는 렌즈 피치에 대응하며 수직해상도는 원화상의 해상도와 같다. [그림 14]는 입체 카메라에 의해 촬영 되어진 시차가 다른 화상을 원통렌즈의 1 pitch에 우안상 화소와 좌안상 화소를 컬럼 방향으로 배치하여 렌티큘라 렌즈판 입체화상을 합성하는 과정을 보여 주고 있다. 이렇게 합성된 stripe상의 화상은 원통형 렌즈를 통해서 확대되고 적당한 관찰 거리에서 공간적으로 화상이 분리되고 좌우의 눈에 분리된 화상이 제시되는 것에 의해 입체상을 관찰할 수 있다. 앞서 서론에 간단히 언급한바와 같이 무안경 입체 디스플레이 방식의 대표적인 렌티큘라 판 렌즈를 사용한 입체 표시는 처음에는 정지화상을 위한 것이었지만 표시 장치의 진보와 함께 동화상의 입체 표시가 가능하게 되었다. 여기에서는 동화

상 표시에 실현된 렌티큘라 입체표시 장치에 대해서 직시형(직접투사형)과 액정 투사형으로 나누어 화상 합성과 코딩에 대해 간단히 소개 하고자 한다.

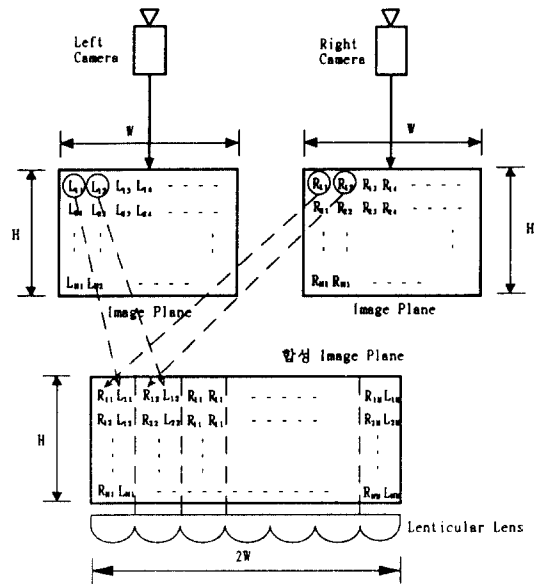


그림 14. 입체 카메라에 의한 stripe 입체화상 합성

1) 직시형 렌티큘라 입체표시 및 합성 [5,6]

직시형 입체표시 방법은 렌티큘라의 뒷 면에 디스플레이 장치를 직접 부착하는 방법이다. 이러한 방법으로 예전에는 CRT 디스플레이를 렌티큘라판에 이용하였으나, 지금은 평면디스플레이 장치(flat panel)를 주로 이용하고 있다. 평면 디스플레이 장치로는 액

정 디스플레이(LCD), PDP(plasma display panel), EL (electroluminescent) 디스플레이, VFD(Vacuum Fluorescent Display) 등이 있다. 이러한 평면 디스플레이 장치는 렌티큘라판과 입체화상 픽셀(Pixel)의 위치 조정이 쉬운 장점이 있기 때문에 직시형 입체표시 방법에서 많이 쓰이고 있으나 화면의 크기에 제약을 받는다.

2) 액정 투사형 렌티큘라 입체표시 및 합성 [5,6]

액정 투사형은 직시형에 비해 대화면의 입체표시가 가능하다. 1대의 액정 프로젝터를 사용하여 2안식 입체화상을 구성하는 원리를 [그림 15]에 나타냈다. 입체 카메라로 촬영된 화상을 Stripe 상에 합성하는 과정을 간략화하여 앞의 [그림 14]에 보였다. 합성된 Stripe 상을 1대의 액정 비디오 프로젝터를 이용해 확산 스크린의 배면에 투사하는 방식이다. 확산 스크린의 반대측에는 렌티큘라 스크린이 배치되어 있고 이 렌티큘라 스크린의 정위치 조사를 기계적으로 수행하여 Stripe 상과의 광학적인 위치 맞춤을 정밀히 맞출 수 있다. 실제 RGB 3장의 액정 판넬이 있어 dichroic 기술 시스템을 사용하여 가시광을 3원색(RGB) 광으로 분해하고 각 액정 판넬에서 입사광을 변조하고 난 뒤 가시광을 합성 해준다.

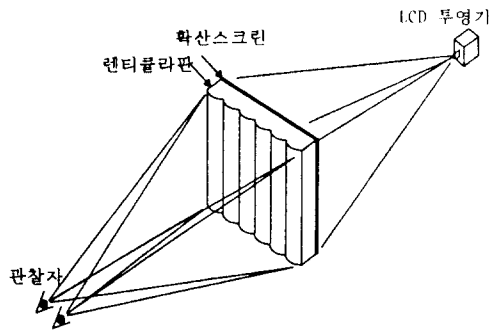


그림 15. 액정 투사형 안경없는 입체 디스플레이 구조

V. 3차원 TV 시스템 기술 현황 및 전망

디지털 TV 방송의 일환으로 지난 수년간에 걸쳐 차세대의 정보통신 미디어로서 고선명 TV 시스템의 방송과 종합정보통신망 실현을 위해 1988년이래로 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11와 ITU-T SG15에의해 시스템, 비디오, 오디오, 적합성 테스트[7, 8, 9] 분야로 나누어 표준화 작업이 최종적으로 완성되어 국제표준(안)이 제안되었다. 표준화 작업과정중 비디오 신호의 압축과 코딩 방법 등이 제안되어 방송분야의 비디오 압축기술분야에 상당한 영향을 미쳤다. 물론 HDTV개발은 광폭 텔레비전 스크린이 "현실감과 선명성"을 고조시킬 것이라는 개념하에서 추진되었고 이는 실제 직현방송을 통해 확인되었다. 상업화 단계에 이룬 HDTV 이후의 미래 방송 서비스의 개발을 위해 화질의 선명성과 현실감외에 자연스럽고 입장감이 있는 3차원 TV개발이 기존 HDTV 장비와 기술을 이용하여 착수되고 있다[10].

이외 같은 새로운 방송시스템의 창출은 또한 여러 관련 기술분야의 개발을 요구한다 (예를 들면 입체디스플레이, 입체카메라, 전송기술, 신호처리 및 압축, 입체영상기록/합성기술, 광학기술(투수렌즈), 인간 시각 시스템과 심리해석 등). 일본의 경우 21세기 방송 서비스를 향한 기초연구로서 특별한 안경을 쓰지 않고 입체영상을 볼 수 있는 입체 TV 방식에 대한 연구를 수행하고 있다. 컴퓨터 그래픽스 수법으로 제작된 입체 하이비전 영상과 음성의 원근 제어 기술에 의해 더욱 현실감을 높인 대형 입체 하이비전 시스템이 NHK 방송연구소의 지도하에 Sanyo와 Toppan Printing사와 공동으로 개발하였다[11, 12]. 또한 일본의 NTT에서는 Lenticular 방식을 이용한 화면 크기가 10인치 정도인 통화자 위치추적 능력을 갖는 TV가 이미 개발되었으며, 입체화상진화기로 실용화를 시두르고 있다. 미국의 경우는 MIT Media Labs. 이 홀로그래피를 이용한 미래 TV 개발 연구에 박차를 가하

표 8. 입체화상 기술의 향후 발전 전망

방식		년대	1990	1995	2000 - 2005
렌티큘라	안 수	입 력	2	6 ~ 8	> 10
		표 시	2(4)		
		해 상도(pixels)	500×700	1000×1000 ~ 2000×2000	5000×5000
		화면 크기(mch)	< 10	40 ~ 100	> 100
홀로그래피	화면교체속도(단색)	60주이상(지속)	10주(순속)	1초이내(고속)	

고 있으며 이미 컴퓨터 합성 홀로그램을 이용한  $3 \times 3 \text{ cm}^2$  크기의 TV는 이미 개발되어 전시되고 있다. 예측되는 입체 화상기술은 지금의 기술발전 속도로 본다면 렌티큘라 방식에 의한 입체 TV가 2000년초 부터 사용화되어 시판될 것으로 예상되며 홀로그래피 방식은 2010년경 상용화가 될 예정으로 개발되고 있다. 향후 입체화상 기술의 장단기 발전 전망을 [표 8]에 보였다.

3차원 TV의 시장성은 향후 10년간 일본 시장에서 대략 1조원으로 예상되고 있고, HDTV의 경우는 30조 원 이상으로 예상되고 있으며, 시장의 성장율은 현재의 100배 이상 급신장 될 것으로 예상하고 있다. 정보통신의 가시성, 개인성, 지능성을 충족하기 위한 2000년대의 화상 기기는 삼차원이 주도 할 것이며, 3차원 TV가 HDTV를 대신할 차세대 영상매체의 주 가전기기로 발전 할 것이다. 지금까지 주로 개발된 3차원 영상 디스플레이 방법은 [표 5]를 참조하기 바란다. 3차원 영상표시 기술중 현재 흔히 볼 수 있는 것은 2안식에 해당하는 입체화 방식의 일종인 시분할식 액정 셔터(shutter) 안경방식으로 국내외적으로 상품화가 되어 있다. 차세대의 3차원 영상표시 장치로는 안경을 사용하지 않는 렌티큘라판(Lenticular Sheet)과 홀로그래피(Holography) 방식이 주종을 이룰 것으로 전망하고 있다.

3차원 영상매체 기술은 선진국에서도 아직 초기 개발 단계에 있으므로 3차원 화상의 기록, 표시, 전송, 저장 등과 관련한 광범원 화상처리, 과장 다중화 통신, 입체화상 데이터 압축, 3차원 영상촬영, 시야각 광역화, 컴퓨터 그래픽스 홀로그램 제작, 3차원 소프트웨어 기술등 여러 분야에서 우리 고유의 기술개발 가능성이 아주 높은 분야이다.

## VI. 결 론

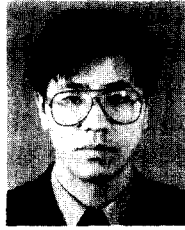
21세기 방송 및 통신 서비스를 향한 연구로서 특별한 안경을 착용하지 않고도 입체영상을 볼 수 있는 입체 TV방식에 대한 연구가 국내외 적으로 진행되어 왔다. 최근 비디오 기술과 컴퓨터 기술의 발전에 따라 관심을 끌기 시작한 3차원 영상매체 기술과 입체 디스플레이 기술의 중요성과 필요성을 인식하고 국내에서는 한국과학기술연구원, 한국원자력연구원, 한국전자통신연구소 등 출연 연구기관에서 활발히 진행 중에 있다. 입체 TV는 HDTV 이후의 새로운 미래 상품으로 등장하고 있으며 최근 렌티큘라 스크린(Len-

ticular Screen)을 사용한 무안경 입체 디스플레이 TV 시스템이 개발되어 나오고 있다. 당분간은 렌티큘라 방식에 의한 입체표시 장치의 진보를 가져오는 방향으로 연구개발 될 것이고, 입체 시야각의 개선, Eye-Contact에 의한 입체화상 통신 운용, 입체 하이비전 영상과 음상의 상승효과에 의한 현장감과 현실감의 향상, 디스플레이 소자 기술의 진보, 3차원 정보량의 저장/기록/압축을 위한 신호처리 기술, 전송을 위한 코딩 기술에 대한 연구가 수행 될 것이며 2000년대 고도화 정보사회에서 HDTV를 대체할 새로운 정보매체인 3차원 영상매체(특히 TV)를 홀로그래피 방식에 기초를 두어 구현하는 것을 목표로하여 더욱 발전되리라고 본다.

## 참 고 문 헌

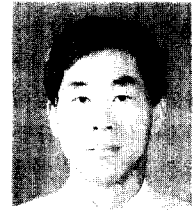
1. 増田千尋, "3次元ディスプレイ," 産業圖書, 1990.
2. NHK R&D Newsletter No. 6, "3-D HDTV Display System Without Special Glasses," Aug. 9, 1993
3. H. Isono and M. Yasuda, "Flicker-Free Field-Sequential Stereoscopic TV System and Measurement of Human Depth Perception," SMPTE Journal, Feb, 1990, pp. 136-141.
4. 大越孝敬, "3次元画像工学," 産業圖書, 1972.
5. 磯野春雄, "多眼式メガネなし3次元テレビジョン," 電子情報通信學會論文紙, C-II, Vol. 576-C-II, No. 1, pp. 16-27, 1993. 1.
6. 山田千彦, "レンチキュラ-板入體ディスプレイ," O Plus E, No. 168, pp. 100-104, 1993. 11.
7. ISO/IEC 11172-4, DIS 11172-4, "Compliance testing," 1993
8. ISO/IEC 13818-1, DIS 13818-1, "MPEG2 Systems," June, 1994
9. ISO/IEC 13818-2, DIS 13818-2, "MPEG2 VIDEO," Mar., 1994
10. Yamada and I Yuyama, "Future Broadcasting Technologies: Perspectives and Trends," IEICE Trans. Commun. Vol. E76-B, No. 6, June, 1993
11. H. Isono and M. Yasuda, "Autostereoscopic 3-D Television Display," NHK Lab. Note SN 398, Dec., 1991
12. H. Isono, et. al., "50-inch Autostereoscopic Full-color 3-D TV Display System," Proc. SPIE Vol. 1669, 12-13 Feb., 1992, San Jose, CA





박 대 철

- 1953년 11월 23일생
- 1977년 : 서강대 전자공학과 (학사)
- 1985년 12월 : 미국 Univ. of New Mexico 전기공학과 (석사)
- 1989년 5월 : 미국 Univ. of New Mexico 전기공학과 (박사)
- 1991년 8월 ~ 1992년 7월 : 미국 Columbia대학 방문 교수
- 1977년 3월 ~ 1982년 12월 : 국방과학연구소 연구원
- 1989년 5월 ~ 1993년 8월 : 한국전자통신연구소 선임연구원
- 1993년 9월 ~ 현재 : 한남대학교 정보통신공학과 교수
- 관심분야 : 영상신호처리, 컴퓨터 비전, 임체영상 디스플레이, 영상통신, 다해상도 채널코딩



김 경 태

- 1949년 5월 9일생
- 1972년 : 경북대 전자공학과 (학사)
- 1978년 ~ 1980년 : 연세대 전자공학과 대학원 (석사)
- 1981년 ~ 1985년 : Tohoku Univ. 전기통신 전공 (박사)
- 1986년 ~ 1991년 : 한국전자통신연구소 신호처리 연구실
- 1991년 ~ 현재 : 한남대학교 정보통신공학과 교수



손 정 영

- 1950년 2월 11일생
- 1973년 : 한국항공대학 전자공학과 학사
- 1973년 ~ 1977년 : 공군장교 (교관)
- 1977년 ~ 1980년 : KAIST 연구원
- 1980년 ~ 1982년 : Univ. of Tennessee 전자공학 석사
- 1982년 ~ 1985년 : Univ. of Tennessee 응용광학 박사
- 1985년 ~ 1989년 : Univ. of Tennessee Space Institute 선임연구원
- 1989년 ~ 현재 : 한국과학기술연구원 (KIST) 응용전자 연구실