

3차원 디스플레이 기술 동향

□ 한 정 인 / 전자부품연구원 디스플레이 기술그룹

1. 서 론

인간이 실제 눈을 통하여 얻는 정보는 3차원 입체영상으로서 입체감과 현실감의 느낌까지도 포함한 정보이다. 인간이 습득하는 정보의 80% 이상이 시각을 통한 것임을 고려하면 일상적으로 보고 있는 자연과 사물의 모습을 기존의 평면적인 화상보다는 훨씬 실감있고 자연스러운 3차원 입체영상 시스템으로 구현하는 것은 오랜 인류의 소망이었다.

정보화 사회의 심화와 정보통신 기술의 급속한 발전은 과거의 정보 체계의 "단순히 듣고 말하는 시스템"에서 현재의 "문자, 음성, 영상을 고속 처리하는 멀티미디어형 시스템"을 거쳐 궁극적으로 시공간을 초월하여 실감있고 입체적으로 보고 느끼는 시스템, 즉 초공간형 실시간 3차원 입체 정보 통신 시스템으로 발전이 예상된다.

3차원 입체 영상 기술은 기존의 2차원 영상에 깊이감의 정보를 부여하여 보다 사실적인 영상을 표현하기 때문에 차세대 정보 통신 서비스의 집합체로 기술의 진보에 따라 정보통신, 방송, 의료, 교육 훈련, 군사, 게임, 애니메이션, 가상현실, CAD, 산업기술 등 그 응용 분야가 매우 다양하다. 또한 HDTV 이후, TV를 대체할 차세대 TV 기술로 인식되는 등 현재 사용되고 있는 평면적 2차원 디스플레이 기술을 대체할 유일한 차세대 디스플레이 기술이다.

3차원 입체 영상 기술은 그 응용 범위가 매우 광범위하기 때문에 시장 규모도 매우 클 것으로 예측된다. 3D TV와 3D 모니터 시장으로 한정하더라도 매년 약 50%씩 성장하여 2005년과 2010년에는 각각 전체 디스플레이 시장의 3%와 15%의 규모인 3억\$와 100억\$에 이를 것으로 보고된 바 있다.

LCD 및 PDP 등으로 대표되는 평판 디스플

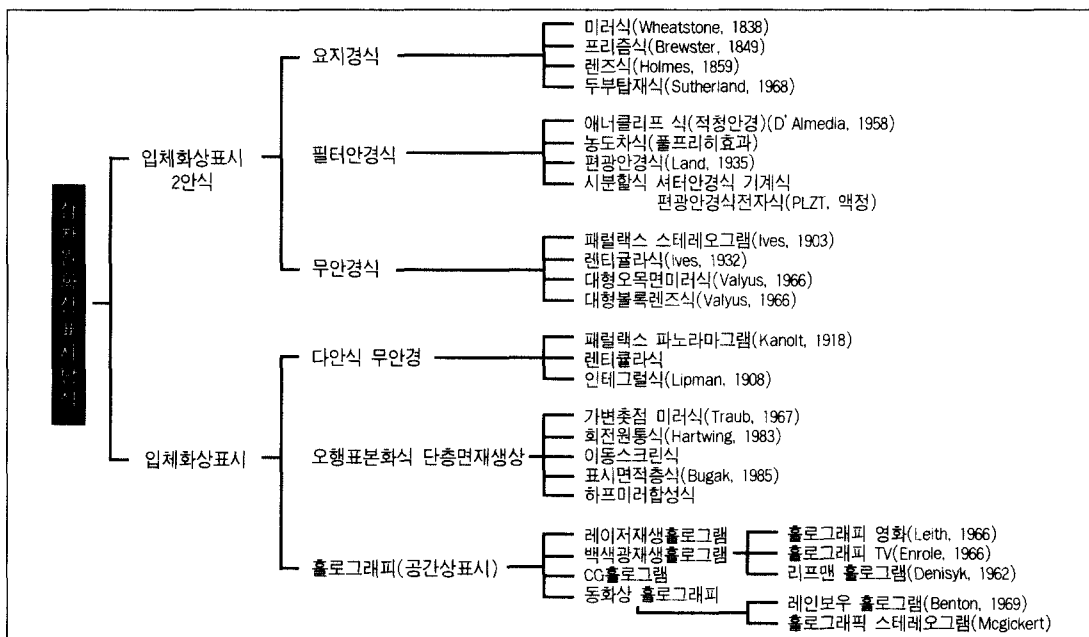
레이 기술의 시장은 2000년을 기준으로 비로써 CRT 시장과 같은 규모로 이르렀고 유망한 차세대 디스플레이로 손꼽히는 유기 EL 기술은 현재 개발 초기에 있다. 현재의 평면적 영상 기술 즉, 2차원 영상 기술조차도 개발 및 발전 단계에 있으며 고품위화, 대형화, 저가격화 등을 위하여 많은 노력을 하고 있다. 이와 같은 기존의 평판 디스플레이의 사정과 현재의 시장 규모의 단순 비교 등으로 인하여 현실과 3D 입체 영상 기술의 미래 가치에도 불구하고 3D 입체 영상 기술에 대한 관심 및 연구 개발에 대한 열의는 상대적으로 낮은 수준에 머물러 있다. 따라서 본고에서는 3D 디스플레이 기술에 대한 인식을 고취하기 위하여 3D 디스플레이 기술의 간략한 전반적인 소개와 국내외 기술 개발 동향, 향후 기술 전개에 대하여 기술하고자 한다.

II. 3D 디스플레이 원리 및 기술 분류

입체감의 원리는 약 65 mm 간격의 인간 눈의 양안 시차(binocular disparity)에 의하여 좌우의 눈에 의하여 관찰된 서로 다른 2차원 화상을 뇌에서 융합하여 본래의 3차원 영상의 깊이감과 실재감을 재생하는 스테레오그래피(stereography) 능력에 근거한다. 따라서 3D 입체 영상은 2차원 영상에 깊이감의 정보를 부여하여 사실적인 영상을 표현하며 3차원 동영상은 3차원 영상에 대상 물체의 움직임에 의하여 눈에 인식되는 변화감, 즉 운동 시차를 적용하여 표현할 수 있다.

3차원 입체 영상 디스플레이는 입체 표시 방식, 시점, 안경 착용 여부, 시스템 구성, 관찰 조건에 따라 분류할 수 있으며 대표적인 방식인 영상 인식 정도에 따라 분류하면 표1에 나타낸 바와

표 1. 영상 인식 정도에 따른 3차원 입체 영상 디스플레이 기술 분류



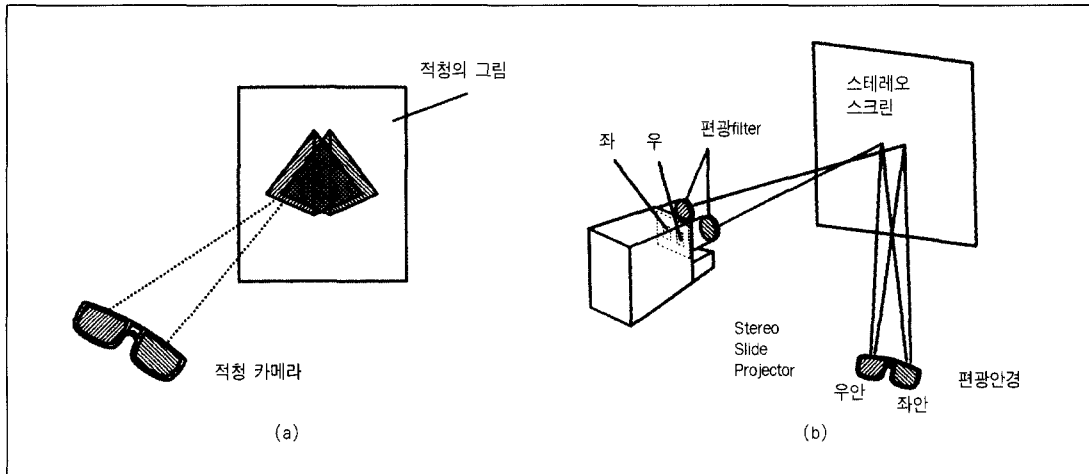


그림 1. 여러 가지 안경식 2안 방식의 구현 원리 (a) anaglyph 방식 (b) 편광 방식

같이 2안방식(stereoscopic display)와 volumetric display로 크게 구분하여 나눌 수 있다.

표 1에서 2안 방식은 고정된 영상에 관찰자의 초점을 맞추어 양안 시차를 통하여 입체감을 갖게 하는 방식으로 관찰자의 안경 착용 여부에 따라 기존의 2차원 디스플레이로써 구현 가능한 반면에 별도의 편광 또는 액정 shutter를 착용하여야 하는 안경식과 기존의 2차원 디스플레이에 각각 image splitter와 cylindrical lens array가 결합된 구조로 관찰 범위가 고정되어 소수 인원에만 한정되지만 별도의 안경을 착용하지 않아도 되어 안경식 보다 훨씬 실용적인 무안경식이 있다.

안경식은 색분리, 편광 방식과 시분할 방식 등과 같이 착용 안경과 시스템에서 광의 파장, 진동, 시간, 공간 등과 같이 다양한 변수의 변조 방식에 따라 구분한다. 색분리 방식은 과거의 입체영화에서 경험한 바와 같이 거의 보색관계를 갖는 색들로 구성된 안경을 착용하여 광의 서로 다른 파장을 착용 안경의 좌우에서 분리하

여 입체감을 주는 방식으로 anaglyph 방식이라고도 한다. 편광 방식은 광의 진동 방향이 다른 성질을 이용하는 방식으로 좌우 안경에 서로 직교하는 편광판을 사용하여 입체감을 주는 방식이다. 또한 시분할 방식은 착용 안경에 액정 shutter를 사용하여 좌우 영상을 시분할하여 분리하는 방식이다. 최근에는 시분할과 편광 변조 방식을 복합적으로 사용하는 방식과 HMD에서와 같이 각기 분리된 두 개의 화면의 정보를 렌즈나 거울 등을 통하여 좌우에 별도로 화상 정보를 전달하는 방식 등도 제시되고 있다. 대표적인 안경식인 anaglyph 방식과 편광 방식의 개념도를 그림 1에 나타내었다.

무안경식은 입체감을 주기 위하여 좌우 눈에 각각의 디스플레이 화소에서 나오는 광의 경로를 변조하여 광의 회절, 반사, 굴절, 흡수 등의 광학적 효과를 이용한 방식이다. 2안 방식으로는 빛의 흡수와 회절 등을 이용하는 방식인 barrier-grid 방식과 lenticular 방식이 있다.

Volumetric 방식은 실제 또는 빈 공간에 물

체의 물리적인 3차원 그대로의 모습을 투사하여 3차원 입체 영상을 구현하는 방식으로 무안경 다안식, holography 방식, 깊이 표본화식으로 대별할 수 있다.

무안경 다안식은 여러 각도의 다수의 화상을 표시하는 방식으로 2안 방식의 무안경식을 근간으로 하여 입체 관찰 영역을 확대하는 방법으로 광의 경로 변조를 통한 광의 회절, 반사, 굴절, 흡수 등의 광학적 효과를 이용하는 방식으로 DOE(Diffraction Optical Element)와 HOE(Holographic Optical Element) 방식과 같이 광의 회절, integral imaging 및 lenticular imaging, field-lens 방식의 광의 굴

절, 광의 반사, barrier-grid, parallax-illumination, moving-slot 방식 등과 같은 광의 흡수 등을 이용하여 광의 경로 변조를 일으켜 3차원 영상을 구현하는 방식들이 있다. 그림 2는 무안경 다안식 방식 가운데 DOE, 직시형 lenticular, 후면 투과형 lenticular, parallax-illumination, parallax-barrier 방식의 구현 원리를 보여주고 있다.

Holography는 광감성기판에 레이저나 백색 광원을 사용하여 물체의 상을 간섭 패턴으로 광파의 진폭과 파장, 위상을 기록 재생하는 hologram 방식과 물체의 입체 영상 정보를 간섭 패턴의 형태로써 전기적인 신호 처리를 하여 대량의 입체 영상정보가 가능하도록 하는

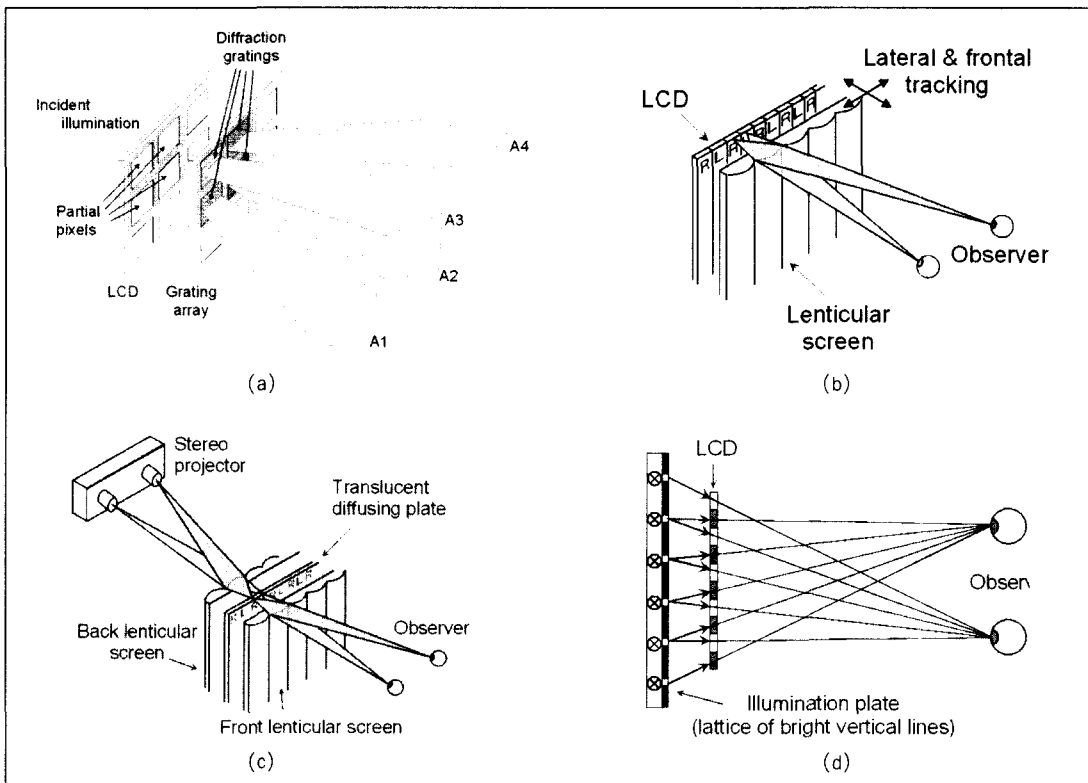


그림 2. 여러 가지 무안경 다안식 방식의 구현 원리 (a) DOE, (b) 직시형 lenticular, (c) 후면 투과형 lenticular, (d) parallax-illumination

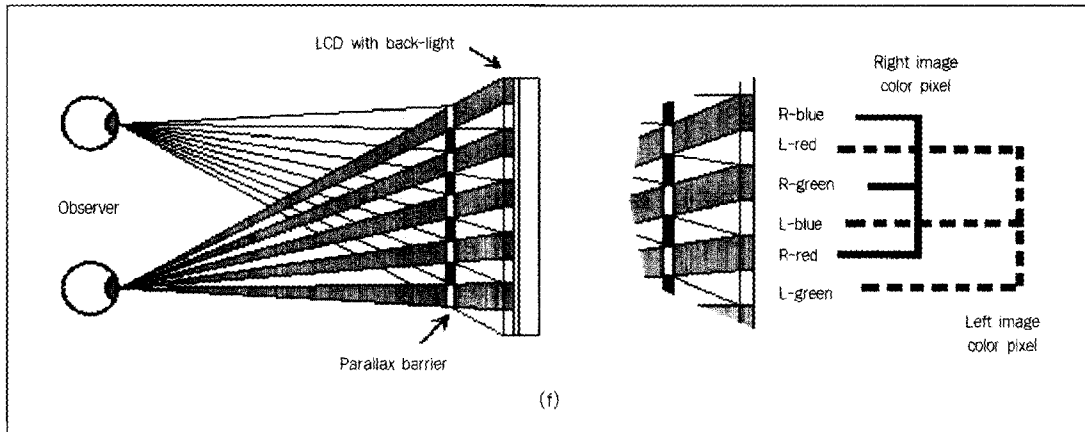


그림 2. 여러 가지 무안경 다안식 방식의 구현 원리 (f) parallax-barrier

electro-holography 방식의 분류 가능하다. 그림 3은 holography 기술을 응용한 대표적인 예로서 MIT에서 개발한 holography 디스플레이 시스템을 보여준다.

깊이표본화식은 물체의 깊이방향에 여러 화상을 중첩하여 입체영상을 표시하는 방식으로

vari-focal mirror방식, 회전원통식, 표시면 진동식 등으로 나눌 수 있고 정해진 범위에서 임의의 시점에서 관찰이 가능하도록 깊이감을 표현함으로써 관찰위치의 제약이 없고 자연스런 화상표현이 가능하지만 대량의 정보처리기술의 개발이 관건이다. 그림 4는 깊이표본화 방

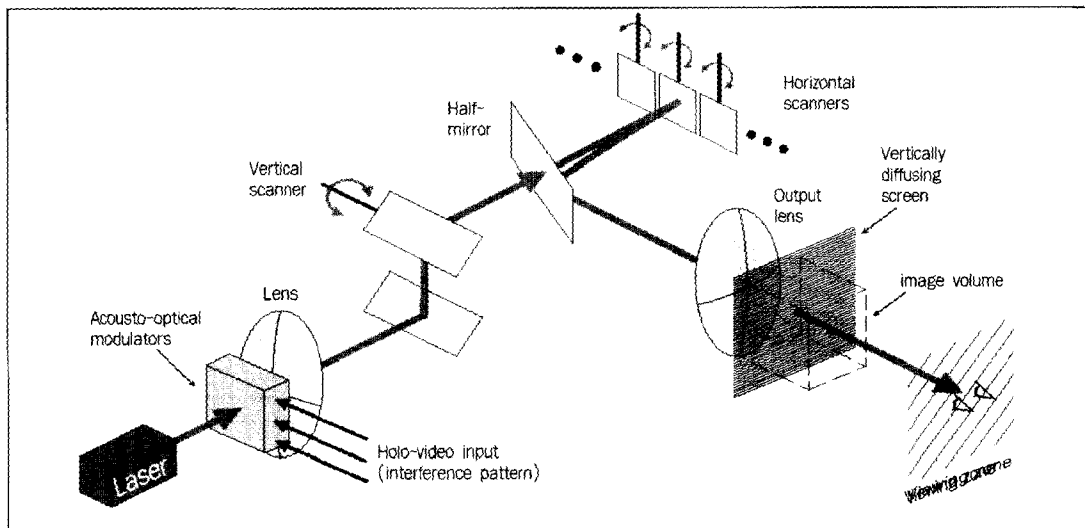


그림 3. MIT Holography Display

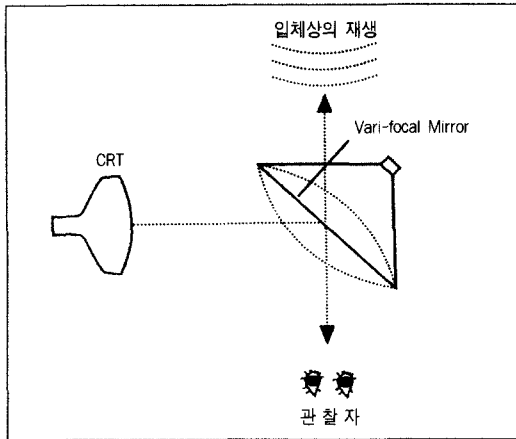


그림 4. Vari-focal Display

식의 한가지인 vari-focal mirror 방식의 구현 원리를 보여주고 있다.

3차원 입체 영상의 구현을 위하여 지금까지 제시된 다양한 방식들의 특성과 장단점의 비교는 다음의 표 2에 요약·정리하였다.

III. 기술 개발 동향

3.1 입체 영상 기술 역사

1836년 영국의 C. Wheatstone이 스테레오스

표 3. 3차원 입체 영상 기술의 역사

1836	Charles Wheatstone (영국), 스테레오스코프 발표
1839	Daguerre에 의한 은염사진 발명
1863	anaglyph 방식 영상처리기술 개발
1903	parallax barrier 방식 영상처리기술 개발
1910	lenticular 방식 영상처리기술 개발
1947	optical holography
1948	Gavor hologram 영상처리기술 개발
1950년대	편광 안경식 입체영화시대
1960년대	hologram 3차원 영상, laser holography (1963)
1980년대	3D TV 연구 시작, 다수시청용 입체영화 : 편광 및 색차안경식, head mounted display (HMD)
1990년대	hologram 3D TV연구시작, 입체 모니터 (3D PC 및 개인용 입체 모니터, 다인용 입체 TV)
1995년대	projection TV, 다인용 입체프로젝터, 2D/3D TV : shutter 안경방식
2005년	가정용 입체 TV : 가정용 volumetric 3D TV (예상)

코프 현상을 발표한 이래, 약 170년간 점진적으로 발전하여 왔으며 최근에 이르러 HMD의 개발 및 상용화, 입체 TV 및 입체 모니터 개발 착수, electro-holography 기술의 급진전, volumetric 3D 디스플레이 기술의 태동, 등 급속한 발전이 있었다. 표 3은 중요한 기술의 발전을 위주로 3차원 입체 영상 기술의 역사를 요약하였다.

3.2 국내 기술 개발 동향

국내 3D 입체기술은 90년대 중반부터 KIST

표 2. 여러 가지 3차원 입체영상 방식의 특성과 장단점

방식	원경식용	안경	광원식	색경식	다수시청	상대적	시선 이동
box식	x	o	o	x	x	x	x
anaglyph식	o	x	o	o	o	o	x
편광안경식	o	o	o	o	o	o	x
시분할식	o	o	o	o	△-o	o	x
2안 lenticular식	x	o	o	o	x	x	x
다안 lenticular식	x	o	o	o	x-△	△	△
intergral photography	x	o	o	o	x-△	o	o
깊이표본화식	x	o	o	△	△	o	o
holography	x	x-o	x-o	△	o	o	o

(O/X) : 필요/가능; 불필요/불가능

등의 국책연구소를 중심으로 입체영상 방식 및 신호처리기술에 대한 기초연구가 진행되어 왔으며 최근에는 벤처기업 등을 중심으로 입체영상 관련 H/W 개발을 위한 제품화 연구에 착수한 상황이다.

1992년이래, KIST, KAIST, 연세대 등의 연구기관에서 가상현실, 차세대 3차원 TV의 개발을 목표로 펄스레이저 홀로그래픽 비디오 시스템, 홀로그래픽 스크린을 이용한 무안경식의 8시점 천연색 3차원 동영상 입출력시스템, 새로운 투사 방식을 채택한 3차원 영상기술, 감각 수수기술과 관련한 모션 플랫폼, 공간 공유기술과 관련한 가상 스튜디오 기술 개발 중에 있으며 삼성, LG, KBS 등은 디스플레이 산업의 급속한 발전에 따라 LCD 산업 이후의 차세대 첨단기술분야로서 3차원 영상장치의 개발을 진행하고 있다. 또한 '98년부터 산·학·연의 3D 입체기술 공동정보 교류회를 통하여 국내 및 국제 3D workshop을 개최하는 등 활발하게 활동하고 있다.

그러나 미국, EU, 일본 등의 선진국과 같이 3차원 입체 영상 기술에 대하여 정부 또는 민간 주도로 대규모의 체계적인 project를 통하여 기반 기술 등을 축적하지 못하는 등 연구개발의 여건이 매우 열악한 상황이다. 따라서 개별적인 연구기관 등에서 확보하고 있는 기술 수준도 기초 기술 수준에 머물러 있으며 관련 인프라도 매우 취약하다 하겠다.

3.3 국외 기술 개발 동향

유럽에서는 COST230 공동 프로젝트를 수행하여 3차원 입체TV 시스템 개발을 하였으며 ATM을 이용한 입체 방송을 1996년에 성공한 바 있다. 최근에는 EC 주도의 4년간 DISTIMA

표 4. EU주도의 ACTS PANORAMA Project의 연구 분야

연구 분야	관련 project
3차원 영상표시	An autostereoscopic display for video communications
다시점 카메라	A multiview camera for video communications with 3-D telepresence
공간공유 기술	Stereoscopic visualization and stereoscopic interactive telecommunication in surgery as modules of OP 2000
영상합성 및 압축 기술	MPEG-4 scene composition
영상 합성 및 다중화	A real time hardware for stereoscopic videoconferencing with viewpoint adaptation
감각 수수 기술	Video communication with 3-D telepresence using 3-D reconstruction and 3-D computer graphics

project가 성공적으로 완료되고 계속해서 ACTS PANORAMA project가 진행되고 있다. ACTS PANORAMA는 3차원 영상표시, 다시점 카메라, 공간공유 기술, 영상합성 및 압축 기술, 영상 합성 및 다중화 그리고 감각 수수 기술 등을 개발하고 있다. 표 4에 ACTS PANORAMA project의 연구 분야와 관련 project들을 요약 정리하였다.

Cambridge 대학에서는 시간 분할 방식에 근거한 28시점(1/2 VGA 해상도) 3차원 영상시스템을 개발한 바 있으며 현재는 강유전성 액정을 이용하여 Full VGA 해상도의 3차원 영상시스템을 개발 중에 있다. 또한 DITIMA project를 통하여 advanced 3D TV camera 및 편광방식 입체 디스플레이를 개발하여 1996년 입체방송을 방영 시연한 바도 있다. 또한 영국의 AEA Tech.사에서는 산업용 입체원격 모니터개발에 성공하여 상용화 단계에 있다.

독일의 HHI는 비안경식 입체 디스플레이 기술을 개발하여 왔으며 최근에는 electro-

holography 방식의 입체 TV기술에 대한 입체 영상 신호 처리 및 전송 기술, 디스플레이, human factor 등 광범위한 연구개발을 하고 있다.

일본은 정부 주도로 초다시점 3차원 영상시스템, 공간공유, 다중 통합매체 가상실험실 project가 6개년 계획으로 수행되고 있다. 또한 1997년 나가노 동계 올림픽을 입체 중계 방송하였고, 2002년 월드컵 축구경기의 3차원 중계 방송을 기점으로 3차원 입체상업방송을 계획하고 있다. 한편, NHK, NTT, SANYO, ATR 등을 중심으로 다시점 카메라 및 auto 3D TV 개발을 위한 다양한 프로젝트를 수행하고 있다. 특히 Sanyo는 안경식과 beam splitter 방식의 입체 디스플레이로 32" CRT ('94)와 10" LCD 모니터 ('95)를 상품화하였으며 최근에는 lenticular방식의 40" 및 70"급 양안식 입체 디스플레이를 개발하고 있다. Electro-holography 방식의 입체 TV기술에 대한 기초 연구도 NHK, ATR, Osaka City Univ. 등에서 활발히 진행되고 있다. 그 결과 NHK에서는 다안용 입체 TV를, NTT에서는 lenticular 방식의 10" 3D TV 시제품을 개발하였다.

북미의 경우는 종합적인 형태가 아니나 핵심 기술별로는 다른 기술개발과 연계하여 활발히 진행되고 있다. 특히, 미국에서는 작년 NASA의 화성탐사 로봇 "Path Finder"에 3차원 스테레오 카메라를 탑재하여 지구로 화성의 사진들을 3D 입체로 전송한 바 있으며, 3차원 매체를 통합한 "실감매체" 국책 과제가 NASA, MIT, Washington Univ., CMU 등에서 정보통신, 국방, 의료 등을 목적으로 추진되고 있다. 그 결과 MIT Media Lab.에서는 디지털 홀로그램형 5"급 3D 동화상을, California Univ.에서는 3D 입체 전자 박물관 시연을 각각 하였으며 ITI에서는

autostereogram 기술을 개발하였다. Philips와 DTI에서는 각각 18" LCD 입체 모니터와 parallax barrier 방식의 12-18" LCD 입체 모니터 시제품을 개발하였다. 또한, Dimensional Technologies Inc. 등의 기업체에서는 무안경식 LCD 스테레오 입체 모니터를 상품화하고 있다. 그리고 DMA사 등의 각각의 회사별로 독자적인 방식의 연구를 수행하고 있으며 주로 5"~18"급 LCD 채용구조의 입체 모니터를 개발하고 있다. 또한 CMU대의 다시점 영상합성, SRI(Stanford Research Institute)의 감각인식 및 human factor에 관한 연구와 North Carolina대, illinois대, Washington Univ. 등 많은 대학에서 가상 현실 연구와 3차원 세계의 공간공유 및 감각 수수 기술에 대한 연구가 진행중이다.

전술한 국외의 기술 개발 동향을 국가 및 연

표 5. 국가 및 연구기관별 연구 분야

국가	연구기관	연구 분야	
미국	MIT	• 동화 CG holography	
	NASA	• VR용 HMD	
	VRex	• 양안 입체디스플레이 (편광안경식)	
	Alabama대학 (Huntsville)	• photopolymer hologram	
EU	HHi	• 다안식 projector (lenticular방식) • human factor 연구	
	Simens	• 신호처리, 압축	
일본	NHK	• 입체 HDTV연구 • 다안식 입체디스플레이(lenticular방식)	
	ATR	• TV회의용 양안식 입체디스플레이 (lenticular방식) • head tracking형 projector(lenticular방식)	
	TAO	• 입체 TV 및 human factor 연구	
	Osaka City Univ.	• 동화 LCD 입체디스플레이 (HOE)	
	Toppan	• 3D video장치 (HOE)	
	Sanyo		• 양안식 입체디스플레이 (lenticular방식: 40", 70")
			• LCD입체디스플레이 (barrier stripe방식: 10")
		• 양안식 입체디스플레이 (shutter방식: 32")	

표 6. 주요 요소 기술에 대한 국가 및 연구 기관의 연구 개발 내용

연구분야	미 국	일 본	
Display	<ul style="list-style-type: none"> • HMD: VR요소 기술 • MIT: CGH연구선도 	<ul style="list-style-type: none"> • 독일 주축 프로젝트 진행 • HHI가장 활발 	<ul style="list-style-type: none"> • 액정기술수준 높음 • 시험기 개발 활발 • 홀로그래피 착수 단계
촬영전송 신호처리	<ul style="list-style-type: none"> • NASA, VPL, 텔레프레전스, TI, MIT, DTI 	<ul style="list-style-type: none"> • HHI, IRT, Simens 	<ul style="list-style-type: none"> • NHK, ATR, Sanyo, Sharp, 통신방송기구
촬영전송 신호처리	<ul style="list-style-type: none"> • CG 응용 다수 • TV기술은 늦음 • 필름영화역사 오래됨 • Disney(필름), IMAX(필름,카나다) 	<ul style="list-style-type: none"> • 독일에서 진전 • Thomson 주체 카메라 개발 (DISTIMA) 	<ul style="list-style-type: none"> • 2안 하이비전, 다안식 • 현행TV 수준 촬영, 재구성
Human Factor	<ul style="list-style-type: none"> • 기초연구역사 오래됨 연구운동평가, 생리학 • 요크대(카), 스미스케틀웰 	<ul style="list-style-type: none"> • HHI(재구성), Simens(압축) • 입체왜곡 연구 • HHI 	<ul style="list-style-type: none"> • NHK, NES, 동경대, 이케우에 • 깊이감, 입장감, 피로 등 평가연구
시스템 구성 방송제작	<ul style="list-style-type: none"> • 2안 입체서터 프로그램 제작신 • NHK, NTS, Sony, PCL 	<ul style="list-style-type: none"> • DISTIMA프로젝트착수 • PANORAMA로 계속연구 	<ul style="list-style-type: none"> • 필름 : 서터용 기술 축적 • Disney(필름)

구기관별 연구 분야(표 5)와 주요 요소 기술에 대한 국가 및 연구 기관의 연구 개발 내용(표 6)을 요약 정리하였다.

IV. 결 론

3차원 입체 영상에 대한 인류의 갈망과 정보화 사회의 심화와 정보통신 기술의 급속한 발전은 3D 디스플레이 기술 및 상용화를 급진전하는 계기가 되고 있다. 특히 과거의 안경식 2안 방식에 의한 입체 영상 등과 같이 거칠고 완전하지 못한 기술보다는 보다 완벽한 자연 또는 사물을 표현할 수 있는 섬세하고 선명한 고품위의 3차원 입체 영상을 요구하고 있다. 따라서 미래에는 electro-holography 및 volumetric 3D 디스플레이 기술의 발전과 이 기술들을 활용한 입체 TV 및 입체 모니터 등의 고품위 3차원 디스플레이가 상용화될 것으로 예상된다. 또한 그밖에도 3차원 입체 영상 기술은 향후 매우 광범위하게 적용되고 확산될 것으로 쉽게 예측할 수 있다.

반면에 현재의 고품위 3차원 입체 영상 기술의 수준은 기초 및 원천 기술의 개발 단계로서 인류가 상상하는 또는 요구하는 수준에는 크게 못 미치고 있어 향후 많은 시간에 걸쳐 연구 개발이 진행되어야 할 것이며, 새로운 개념 또는 새로운 3차원 입체 영상 구현 원리들이 제시되어야만 관찰 위치의 제한, 다안화 등의 현재의 기술적 장애들이 극복될 것으로 보인다. 특히 현재 주류를 이루는 2차원 평판 디스플레이 기술조차도 전자 기술뿐만 아니라 물리, 화학, 광학 등의 다양한 이종기술들이 융합되는 종합적인 기술이다. 3차원 영상 디스플레이는 이러한 이종기술들의 결합 이외에도 인간의 시각, 생리 및 심리적 요인 등도 고려하여야하는 등 많은 난관이 있을 것으로 예상된다.

결론적으로는 인류의 역사가 그러했듯이 어떠한 기술적 난관이 있더라도 2010년을 전후하여 본격적인 3차원 입체 영상 시대가 도래할 것이다.

참고 문헌

- [1] S. Pastoor and M. W. pking, "3-D Display : A Review of Current Technology", Displays 17 (1997) p100-110
- [2] "최첨단 정보디스플레이 기술개발에 관한 연구", 산업자원부, 1999, 6
- [3] "3차원 디스플레이 응용 및 전망", 김은수, 이순현, 제3회 3D Workshop, 1998, 11
- [4] "KIST3D 영상 매체 기술 개발 Program", 손장업, Proc. of KIST Workshop on 3-D Imaging Media Tech., 1995, 1

필자 소개

한 정 인



- 1983년 연세대학교 금속공학과 학사
- 1985년 한국과학기술원(KAIST) 재료공학과 석사학위 및
- 1989년 한국과학기술원(KAIST) 재료공학과 공학박사
- 1989년~1992년 삼성전자 반도체연구소
- 1998년~2000년 경기대학교 첨단산업공학부 신소재공학전공 겸임교수
- 1992년~2000년 전자부품연구원 디스플레이 기술 그룹, 그룹장, 수석연구원