

# 사용자 중심형 3D 입체 디스플레이 기술

User-Centric 3D Stereoscopic Display Technologies

양용연 (U.Y. Yang) 가상현실연구팀 선임연구원  
 류성원 (S.W. Ryu) 가상현실연구팀 책임연구원  
 김기홍 (K.H. Kim) 가상현실연구팀 팀장  
 이길행 (G.H. Lee) 융·복합콘텐츠연구부 부장

정보통신과 콘텐츠 기술의 발달로 소비자는 고품질의 2차원 가시화 형태의 콘텐츠에 만족하지 않고, 보다 사실적인 체험이 가능한 3D 콘텐츠를 요구하고 있다. 2010년대에는 이미 3D 입체 디스플레이 기술이 소비자 가전 시장에서 주요 관심 대상이 되었고, 가상현실 연구의 전통적인 가시화 인터페이스로 활용된 착용형 디스플레이와 몰입형 및 대형 입체 디스플레이 장치도 3D 영화관 및 전시관 등을 통해서 일반 소비자가 쉽게 체험할 수 있게 되었다. 이러한 3D 입체 디스플레이 기술은 사용자 개인을 중심으로 보다 사실적인 입체감과 공간감을 제시하려는 형태로 발전되고 있으므로, 본고에서는 개인 사용자 중심의 착용형 디스플레이 기술과 고품질의 3D 영상 체험을 제공하는 관련 디스플레이 기술의 동향을 정리하고, 국내 최신 연구 개발 사례를 소개한다.

2012  
 Electronics and  
 Telecommunications  
 Trends

사용자 중심  
 차세대콘텐츠기술 특집

- I. 서론
- II. 착용형 입체 디스플레이
- III. 비착용형 입체 디스플레이
- IV. 연구 개발 사례
- V. 결론

## I. 서론

입체 디스플레이 기술은 (그림 1)과 같이 1838년에 찰스 휘트스톤(Charles Wheatstone)에 의해 stereo-scope라는 초보적인 입체감 표현 기법이 소개된 이래 2세기 동안 많은 발전과 정체를 거듭해 왔으며, 현대에 이르러서는 가상현실의 기반 기술로 사용되고 있고, 국방, 건축, 관광, 영화, 멀티미디어, 게임에 적용되고 있으며 최근에는 방송, 통신은 물론 개인에 의한 영상취득 분야에도 적극적으로 활용되고 있다.

특히 감각 중에서 시각이 가지는 정보가 80%이상을 차지하기 때문에, 가상현실에서 입체 디스플레이 기술은 사용자에게 가상현실 속으로 들어가는 것과 같은 몰입감을 제공하는 가장 기본적 장치로 사용되고 있다.

최근에는 3D 방송이 상용화되고 3D 영화 및 멀티미디어 기반의 3D 콘텐츠의 보급이 급격하게 확대되면서 3D 모니터와 3DTV가 일반화되었으며, 이러한 시장의 변화에 의해서 일반적인 3D 입체영상과는 차별화될 수 있는 디스플레이 기술이 요구되고 있으며, 과거 가상현실 시스템에서 사용되었던 3D 입체 디스플레이 기술들이 공연, 전시 등에서 새로운 모습으로 활용되는 등 다시 조명을 받고 있다. 이에 본고에서는 일반적인 3DTV나 모니터에 적용되는 기술보다는 가상현실 시스템에 적용되고 활용되어온 사용자 중심형 태의 3D 입체 디스플레이 기술에 대해서 설명하고자 한다.



(그림 1) Charles Wheatstone이 고안한 stereoscope(1838)

- 착용형 3D 입체 디스플레이 장치:  
사용자의 눈에 직접적인 영상신호를 제시하는 방식의 디스플레이 장치
- 비착용형 입체 디스플레이 장치:  
사용자를 둘러싼 벽면에 영상신호를 제시하는 방식의 디스플레이 장치

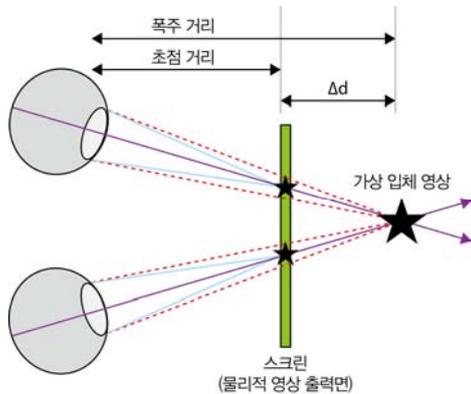
이러한 사용자 중심형 3D 입체 디스플레이 기술을 적용한 실제 장치 및 연구 개발 사례를 중심으로 본고에서는 가상현실 기술개발 방향을 모색하고자 한다.

## II. 착용형 입체 디스플레이

### 1. 개요

3D 영화 상영 사례의 증가와 3DTV의 정보가전 시장의 진출로, 3D 입체영상 기술은 직접 접해보지 않았지만 생소하지 않은 기술로 일반 소비자에게 다가와 있다. TV에서의 상업광고나 3D 영상 콘텐츠를 홍보하는 이미지에서는 사용자에게 극적인 3차원 돌출 효과가 빈번하게 사용되고 있다. 그러나, 사전 경험이 풍부한 사용자이거나 새로운 시나리오 및 부수적인 자극 효과에 의한 보상이 낮아지는 순간에는 3D 영상 콘텐츠에 대한 만족감이 낮아지게 된다.

대중화된 3D 디스플레이 기술이 이상적으로 자연스럽게 표현하고 싶은 3D 입체영상을 현실적으로 재현하기 어려운 원인 중에 근본적인 한계는 (그림 2)와 같은 CA 불일치 문제(convergence-accommodation conflict problem)이다. 3D 휴먼팩터 이슈를 부각시키는 앞의 문제는 양안시차 효과를 활용한 입체영상 가시화 기법의 특성이며, 양안시차 정보는 필연적으로 사용자 개인에게 의존적인 입체영상의 생성을 요구한다. 그러므로, 기본적으로는 사용자 개인으로 중심의



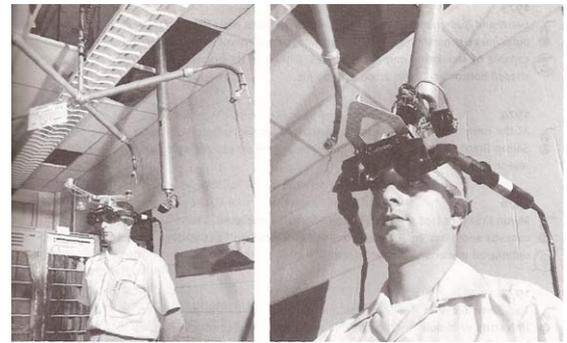
(그림 2) CA 불일치 문제 개념도

입체영상 콘텐츠를 제시할 필요가 있고, 적합한 디스플레이 장치로 개인 착용형 디스플레이 장치가 활용되고 있다. 본고에서는 HMD(Head Mounted Display) (또는 FMD: Face Mounted Display, EGD: Eye Glasses-type Display)로 대표되는 개인 몰입형 장치의 기술 현황을 살펴본다. 그러나, 현재 착용형 디스플레이 기술도 시야각, 해상도 및 착용성 등에서 많은 한계점을 가지고 있기 때문에, 병행적으로 활용되고 있는 최신 3D 디스플레이 기술의 동향도 살펴본다.

HMD로 대표되는 착용형 디스플레이는 VR(Virtual Reality) 연구 분야에서 전통적으로 활용되고 있었으나, 첫 인상에서 느껴지는 불편한 외형과 기대 이하의 성능(예: 시야각, 해상도, 무게 등) 및 높은 가격 때문에 일반 소비자에게 대중화되기까지는 많은 시간이 걸리고 있다. 그리고, 본고에서는 보다 대중화에 접근한 EGD를 안경 및 고글처럼 코/이마/귀에 가볍게 착용할 수 있는 장치로 분류하고, 국가별 기술 동향을 정리한다.

## 2. 미국

1968년 가상현실 연구의 선구자 이반 에드워드 서덜랜드(Ivan Edward Sutherland, (그림 3) 참조)가 “A Head-mounted Three-dimensional Display” 논



(그림 3) Sutherland(1968)[1]

문에서 HMD를 발표한 이후, 미국은 군사, 우주항공 및 의료 등 특수 분야에 활용할 수 있는 성능 중심의 HMD 개발을 선도하고 있다.

개인에게 외부 환경을 완전히 차단하고 가상현실 콘텐츠만을 가시화시키기 위해서, 공간적인 몰입감을 최대한 높여야 한다. (그림 4)과 같이 넓은 시야각(FOV: Field Of View)을 제시하는 Sensics사의 piSight HMD 모델은 인간의 시야각에 근접하는 약 120°(horizontal FOV)를 출력한다. (그림 4)와 같이 넓은 영역의 영상을 마이크로 디스플레이 패널을 tiled display 기법으로 구성하여 각각의 눈에 최대 1,920×1,200의 고해상도 이미지를 제시한다. 그러나, 1kg에 가까운 착용부의 무게와 약 4만 달러(미국 현지 기준) 정도의 높은 소비자 가격으로 우주항공 및 군사 연구소 등에서 제한적으로 활용되고 있다.

앞에서 소개한 높은 사양과 가격대를 제시하는 장비의 보급을 대신하여, 최근 몇 년간 학교 중심의 프



(그림 4) Sensics사의 piSight HMD[2]



(그림 5) eMagin사의 Z800 3DVisor HMD[3]

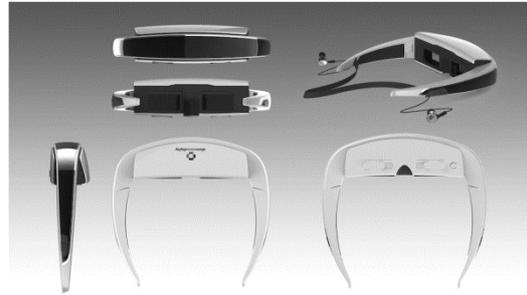
로젝트나 보급형 가상현실 시스템에 활용되고 있는 장치는 (그림 5)의 eMagin사의 Z800 3DVisor 모델이다. eMagin사의 강점인 OLED 패널을 사용하여 보다 적은 전력으로 선명한 HMD 영상을 제시하고, IPD(Inter-Pupillary Distance) 조정과 USB 전원을 사용하는 등 장비 운영상의 편의 사항을 약 2천 달러(현지 기준, 세부 옵션에 따라 다양함)대의 가격으로 공급하고 있다.

개인용 가상/혼합현실 인터페이스 장치인 EGD는 영화 및 공상과학 소설에서 단골로 등장하는 소재가 되었으며, iPod 및 스마트폰과 같은 휴대형 멀티미디어 기기의 보급으로 1천 달러 미만의 소비자용 EGD 제품군의 출시되고 있다. (그림 6)의 Vuzix사의 제품의 경우 1,280×720p(16:9)의 HD급 영상을 약3미터 거리에서 75인치(대각선 시야각 약 35°)의 가상 화면으로 확대하여 대형 3DTV를 보는 효과를 연출 할 수 있다. 무게는 약 85g 정도로 착용성 및 휴대성이 많이 향상된 제품이다.

이상적인 EGD를 개발하기 위한 핵심 기술로는 출



(그림 6) Vuzix사의 Wrap 1200 VR EGD[4]



(그림 7) SMD사의 ST1080 EGD[5]

력부의 영상을 가상 스크린으로 확대하는 경량 & 소형 광학계 설계 및 제작 기술, 고해상도의 영상을 출력하는 마이크로 디스플레이 소자와 관련된 부품과 신호 제어 기술, 그리고, 인간공학적 특성을 수용하여 착용성을 높이는 외형 디자인 기술이 필요하다. (그림 7)과 같이 CES 2012에 소개된 SMD(Silicon Micro Display)사의 ST1080 EGD는 1,920×1,080p 해상도를 지원하여 full HD 입체영상 콘텐츠를 가시화 시킬 수 있다. 그리고, 약 180g의 경량형 착용부와 약 3m 거리에서 254cm(100", 대각선 시야각 45°)크기의 가상 스크린을 출력하여 1천 달러 미만의 소비자용 HMD/EGD 시장 형성이 가능하도록 하고 있다.

3D 입체영상 제시용 양안식 EGD 외에, 몰입도와 해상도 등은 낮지만 휴대성을 강조하는 정보 디스플레이용으로 단안식 디스플레이 모듈의 상용화가 진행되고 있다. 최근 Google에서도 (그림 8)과 같이 단안식 디스플레이 장치와 안드로이드 운영 시스템을 개



(그림 8) Google사의 Glass Project 홍보 이미지[6]

발하는 프로젝트를 공식적으로 발표하고, 혼합현실 콘텐츠의 대중화 가능성을 제시하고 있다.

### 3. 유럽

미국이 HMD 기술을 성능을 중심으로 선도적으로 개발한다면, 유럽의 회사들은 다양한 HMD의 보급화에 노력하는 것으로 보인다. (그림 9)와 같이 독일의 Trivisio사는 HMD와 관련된 다양한 광학계 부품과 tracking 센서 및 카메라 등의 부품을 소비자의 요구에 따라서 Prototyping 기법으로 제작하여 수백만 원대의 가격으로 공급하고 있다.

모바일 환경용 EGD 장치로는 이스라엘의 LUMUS사가 미국 CES 2012에서 선글라스와 유사한 외관을 가지는 디스플레이를 공개했다. (그림 10)와 같이 작고 가벼운 소자(광학계 부품의 무게가 수십 g 단위) 구현이 가능한 LOE(Light-guide Optical Element) 기술을 활용하여 1,280×720p 해상도의 가상 영상을 사용자의 눈앞까지 전달한다.



(그림 9) Trivisio사의 다양한 HMD[7]



(그림 10) LUMUS사의 EGD[8]

### 4. 일본

Sony, Canon, Olympus 등 일본의 대표적인 전자 및 광학 제품 전문 회사들은 90년대부터 소비자용



(그림 11) Sony사의 HMZ-T1 HMD[9]

HMD 제품들을 출시했으나, 주로 게임 및 가상현실 등 일부 전문 사용자들에게만 소비되거나 연구 실험용으로만 사용되고 있었다. 그러나, (그림 11)과 같이 Sony에서는 2011년말 HMD 보급에 가장 걸림돌이 된 해상도, 시야각과 무게 등의 단점을 보완한 HMZ-T1 모델을 시장에 출시했다. OLED 패널로 1,280×720p의 선명한 영상을 45°의 수평 시야각으로 제시한다. 편안한 착용을 보조하는 헤드셋 구조로 420g 무게는 가볍지는 않지만 안정적인 몰입감을 제공하고, 6만 엔(현지 소비자)대의 가격으로 HDMI 영상 출력기에 연결할 수 있는 소비자 가전용 기술이다.

2011년에 EPSON은 이동 환경에서도 콘텐츠의 체험이 가능한 광학 투시형(optical see-through) EGD인 MOVERIO를 출시했다. 대부분의 다른 장치들은 디스플레이 모듈만을 제품화시켜서 입력된 영상신호만을 출력하는 구조이지만, EPSON의 EGD((그림 12) 참조)는 휴대 및 이동이 자유로운 Google Android OS 기반의 콘텐츠 운영 모듈에 연결되어 EGD 기반의 가상화 환경에서 다양한 App 시나리오의 구



(그림 12) EPSON사의 MOVERIO EGD[10]

현을 용이하게 한다. 소비자 가격은 700달러(미국 현지 가격), 960×540p의 qHD 해상도를 지원하는 안경형 착용부의 무게는 240g이고, WiFi 무선 통신과 터치패드 기반의 인터랙션을 지원하는 특징을 가지고 있다.

### 5. 국내

국내 개인용 착용형 디스플레이 기술은 최근 약 10여 년간 다양한 시도가 있었다. 외국의 사례와 같이 HMD급으로 분류되는 장치를 자체 브랜드로 출시했던 중소기업이 몇 곳(예: (주)디오컴과 (주)대양이앤씨 및 (주)아큐픽스 등에서는 1,280×1,024~800×600의 해상도를 지원하는 FMD 형태의 제품을 출시함)이 있었지만, 현재는 양산이 중단된 상태이며, 국내 시장의 HMD 수요는 대부분 수입품으로 공급되고 있다. 2000년대 웨어러블 컴퓨팅 기술의 도입으로 착용성 및 휴대성을 강화한 QVGA(해상도: 320×240)급의 EGD도 소개 되었지만 지속적인 소비자 시장을 형성하기는 어려웠다. 그러나, 최근 영상의 해상도, 선명도를 개선한 부품의 공급과 스마트폰의 보급이 늘어나면서 개인용 착용형 디스플레이 시장에 대한 소비자의 기대가 커지고 있다.

현재 국내 HMD 및 EGD 공급 회사는 과거 재고부품을 활용한 주문 기반 생산이 대부분이고, (그림 13)과 같이 (주)아큐픽스는 CES 2012에서 스마트폰에 연동이 가능한 myBud 모델을 출시하고 현재 온라인 사이트에서 소비자 가격 50만 원대로 판매 중이다. HDMI 입력 신호를 받아서 852×480의 WVGA 해상



(그림 13) 아큐픽스의 MyBud EGD[11]

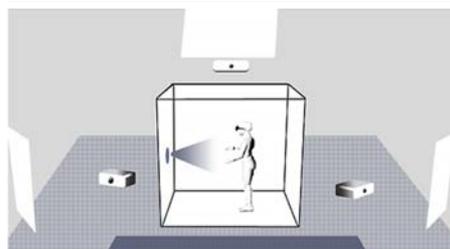
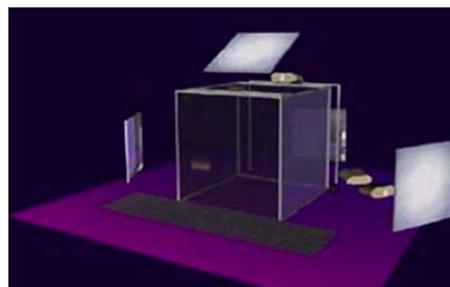
도로 출력하는 LCOS LCD 패널 기술을 적용했고, 착용부의 무게를 약 78g으로 경량화시킨 것이 특징이다.

## III. 비착용형 입체 디스플레이

### 1. CAVE 시스템

몰입형 디스플레이의 시조인 CAVE(The CAVE Automatic Virtual Environment)[12],[13]는 HMD 및 Simulator와 함께 3대 가상현실 구현 장치로 시카고 일리노이 대학의 EVL(Electronic Visualization Laboratory)에서 Carolina Cruz-Neira, Thomas A. DeFanti, Daniel J. Sandin에 의해서 과학 시각화를 목적으로 개발되었으며, 1992년에 열린 SIGGRAPH 92의 Showcase에 출품되었다. CAVE는 “The CAVE Automatic Virtual Environment”의 재귀적인 약자 이름을 가지며 플라톤의 동굴의 비유에서 빌려온 이름이다.

(그림 14)와 (그림 15)와 같은 CAVE는 일반적으로



(그림 14) CAVE Virtual Reality Environment[14]



(그림 15) CAVE 동작 화면[15]

가상현실이 많이 적용되는 게임이나 가상비행 장치를 목적으로 개발된 것이 아니라, 전문적인 과학자가 자신의 연구 개발 결과물을 시각화하고 실시간에 상호작용을 할 수 있는 환경을 위하여 개발되었으며, 가상현실을 고성능 컴퓨팅 환경(HPC)과 결합하여 DNA 분자구조의 시각화, 대용량 결과를 가지는 simulation 결과의 시각화 등 대용량 데이터의 시각화 및 검증 목적을 한다.

최초의 CAVE는 입체영상을 표현하기 위해서 비디오 신호 동기화가 가능한 프로젝터와 LCD Shutter 안경을 사용하였으며, 사용자의 위치를 추적하기 위하여 모션 캡처 기술을 사용하였다. 이후로 많은 대학 및 연구소에서 유사한 장치를 개발하였으며, CAVE의 특징적인 몰입환경을 발전시키기 위하여 다양한 기술을 접목하여 발전하여 왔다.

1992년도에 시작된 CAVE는 디스플레이 장치와 컴퓨터 처리능력의 발전에 힘입어 개인형, 반구형, 벽면형 등의 다양한 형태로 발전되었으며, 응용 분야도 과학 시각화 이외에 시뮬레이터 기술과 연계하여 고품질 시뮬레이션 VR의 핵심기술로 자리잡고 있다.

## 2. 도쿄대의 TWISTER

도쿄대에서 2002년에 개발을 시작한 (그림 16)의



(그림 16) 도쿄대의 원통 회전형 TWISTER[16]

TWISTER(Teleexistence Wide-angle Immersive STEReoscope)는 원통형의 디스플레이 장치로, 장치 가운데 사용자가 위치하며, 사용자는 안경이 없이 360° 원기동형 디스플레이를 입체로 볼 수 있게 구성된 장치이다.

다른 장치와는 다르게 안경이 없는 무안경식 장치라는 것이 특징이며, 회전하는 원통에 디스플레이 장치가 부착되어 있으며, 이 디스플레이를 사용자는 슬릿 사이로 보게 되어 시야의 위치에 따라 다른 영상을 볼 수 있도록 설계되어 있다. 원통을 따라 3,168 × 600픽셀의 해상도를 제공한다.

## 3. CALIT2의 NexCAVE

(그림 17)과 (그림 18)과 같은 CALIT2(The California Institute for Telecommunications and Information Technology)에서 기존의 프로젝션 방식이 아닌 3D LCD 패널을 사용하여 개발한 CAVE 시스템



(그림 17) CALIT2의 9 화면 NexCAVE[19]



(그림 18) CALIT2의 21 화면 NexCAVE[20]

으로, 반구형 혹은 사용자를 둘러싼 구형으로 사용이 가능한 시스템이다[17],[18]

기존 프로젝션 방식의 CAVE는 프로젝터를 위한 공간이 필요하여 과도한 설치 공간이 필요하고, 프로젝션에 따른 화질이 떨어지는 문제가 존재하였다. 최근 3DTV의 급격한 보급으로 LCD를 사용한 CAVE 제작이 경제적으로 가능해짐에 따라, LCD를 tiled display 형식으로 구성하여 NexCAVE 시스템을 제작하였다. NexCAVE는 3개의 LCD가 수직 방향으로 결합된 모듈을 붙여서 구성하며, 이 모듈들의 결합은 scalable하여 다양한 크기의 CAVE 시스템을 구성할 수 있다. 9개 패널 버전의 NexCAVE는 6,000×1,500 크기의 해상도를, 21개 패널을 가지는 버전은 15,000×1,500 크기의 해상도를 제공한다.

#### 4. Mersive Technology

2006년도에 설립된 Mersive Technology사는 DA-RPA, DHS, NSF 연구비로 대학에서 연구하던 주제

를 기반으로 회사를 설립한 경우이며, 여러 개의 화면 사이의 자동 보정장치와 대형 디스플레이 운영 시스템을 개발하여 특히 초기 셋업을 빠르고 쉽게 하는 기술과 이를 기반으로 하는 다양한 솔루션과 서비스를 제공하고 있다.

기본적으로는 여러 개의 프로젝터를 연결하여 (그림 19), (그림 20)과 같은 대형의 원형, 반구형, (그림 21)과 같은 벽면형 디스플레이 장치를 서비스하고 있



(그림 19) Mersive Technology 개인 몰입형 디스플레이



(그림 20) Mersive Technology 반구형



(그림 21) Mersive Technology 대형 초고해상도 벽면 디스플레이

으며 대형 초고해상도 디스플레이 경우 대용량 군사 정보 및 시뮬레이션 데이터 정보를 한눈에 파악할 수 있도록 하기 때문에 미국 백악관, 국방성, CIA 등에 이러한 디스플레이 솔루션을 제공하고 있다.

#### IV. 연구 개발 사례

##### 1. ETRI의 반구형 디스플레이

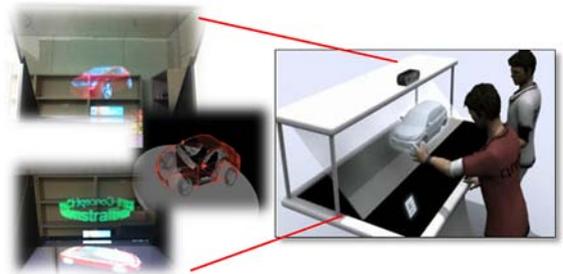
국내 VR 기술개발의 대표적인 조직인 ETRI 가상 현실연구팀은 최근 가상현실 기술을 산업 현장 및 체험형 문화 콘텐츠에 활용할 수 있는 응용 기술과 원천 기반 기술을 개발하고 있다. (그림 22)와 같이 가상현실연구팀에서는 16개의 프로젝터를 Anagraph 방식으로 연결한 반구 형태의 몰입형 디스플레이 장치를 2006년도에 개발하였다. 본 장치는 실시간에 고해상도 영상을 렌더링하고 이를 반구 형태의 화면에 적용할 수 있는 실시간 곡면 영상 보정 및 정합 기술을 구현했다.



(그림 22) ETRI 반구형 디스플레이

##### 2. 협업 지원용 3D 입체 디스플레이 플랫폼

가상현실연구팀에서는 2010년 (그림 23)과 같은 무안경식 입체영상 가시화를 지원하는 공중부양형



(그림 23) ETRI 협업 지원용 3D 디스플레이



(그림 24) ETRI 협업 지원용 3D 디스플레이 활용 시나리오

3D 디스플레이 장치를 개발했다. 제품의 디자인 및 품평 회의에서 VR 기술은 설계된 정보의 사실감 높은 가시화와 다양한 시점에서의 관찰 및 사전 점검을 가능하게 한다. 다수의 사용자가 3D 콘텐츠를 공유하면서 협업 회의를 지원하는 시나리오를 지원하기 위해서, 8개 관찰 시점을 지원하는 auto-stereoscopic 영상을 Cg-shader 기반 렌더링 엔진으로 가시화한다. 다수의 무안경식 HD급 입체 디스플레이 패널을 배치한 구조[21]는 (그림 23), (그림 24)와 같이 테이블 표면 및 상부 공간에 입체 콘텐츠가 자연스럽게 존재하는 영상을 가시화시킬 수 있고, 다수의 사용자가 서로 나란히 서거나 중앙의 콘텐츠를 공유(또는 독립적인 콘텐츠 가시화)하면서 시선을 마주 보는 상황에서도 활용될 수 있는 특징을 가진다.

##### 3. 입체 공간감 확장형 3D 디스플레이 플랫폼

앞의 II 장의 도입부에서 언급한 양안식 3D 입체 디스플레이의 CA 불일치 문제는 단일 디스플레이 장치



(그림 25) ETRI 입체감 확장용 EGD 사용 예

를 사용할 때 휴먼팩터에 의해 안전하게 시청할 수 있는 영역이 제한되도록 한다. ETRI 가상현실연구팀은 이러한 단점을 해결하기 위하여 입체감 확장 기술(E3D: Expanded 3D)을 제안[22]하고, 그 일환으로 개인용 착용형 디스플레이 장치를 개발하고 있다. (그림 25)는 2011년 연구과제 수행의 결과물인 E3D용 EGD이다. 광학식 투시(optical see-through) 기능을 지원하는 구조로 설계된 광학계는 OLED SVGA(800×600) 해상도의 2채널 기반 입체영상을 출력한다. 약 203cm(80") 크기의 가상 화면을 제공하며, USB 전원과 외부에 존재하는 다수의 입체영상 디스플레이 신호를 수용할 수 있는 입체영상 혼합 모듈이 내장된 착용부의 무게는 약 100g이다.

## V. 결론

본고에서는 3D 콘텐츠를 사용자 개인에게 사실적으로 전달하여 체감형 서비스를 구현할 수 있는 3D 디스플레이 관련 최신 기술 동향을 소개했다. 3DTV 및 극장과 관련된 시장의 확대와 함께 테마파크의 가상현실 체험관 같은 시설의 증가는 3D 입체 디스플레이 기술에 대한 소비자의 기대와 필요성을 증명하고 있다. 사용자 중심형 3D 입체영상을 제시하려는 노력은 가상현실 연구 분야에서 성능을 중심으로 한 HMD

중심의 제품 개발이 이루어지고 있으며, 다양한 콘텐츠 서비스 및 일반 소비자 시장의 확대를 목표로 착용성 및 휴대성을 높이는 EGD 중심의 제품 개발이 진행되고 있다. 그러므로, Gartner의 미래 기술 동향을 전망하는 Technology Hype Cycle에서 지속적으로 언급되는 가상현실 관련 기술과 같이, HMD는 가까운 미래에 사용자 중심의 3D 입체영상 콘텐츠 서비스를 제시하는 이상적인 인터페이스 장치가 될 것으로 전망된다.

### 용어해설

<b>HMD</b>	머리 착용형 디스플레이(Head Mounted Display)의 약자로, 광범위하게 얼굴에 착용하는 모든 디스플레이 장치를 통칭함.
<b>몰입형 디스플레이</b>	사용자의 시야 범위에 가상 화면 영상을 가득찰 수 있도록, 넓은 시야각과 고해상도의 이미지를 제시하는 기술

### 약어 정리

CALIT2	The California Institute for Telecommunications and Information Technology
CAVE	The CAVE Automatic Virtual Environment
E3D	Expanded 3D
EGD	Eye Glasses-type Display
EVL	Electronic Visualization Laboratory
FMD	Face Mounted Display
FOV	Field Of View
HMD	Head Mounted Display
HUD	Head Up Display
IPD	Inter-Pupillary Distance
LOE	Light-guide Optical Element
MR	Mixed Reality
TWISTER	Telexistence Wide-angle Immersive STEReoscope
VR	Virtual Reality

### 참고문헌

- [1] Sutherland, in Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/>

- Ivan\_Sutherland
- [2] Sensics piSight HMD. <http://sensics.com>
- [3] eMagin Z800. <http://www.3dvisor.com/>
- [4] Vuzix Wrap 1200 VR. [http://www.vuzix.com/consumer/products\\_wrap\\_1200vr.html](http://www.vuzix.com/consumer/products_wrap_1200vr.html)
- [5] SMD ST1080. <http://www.siliconmicrodisplay.com/>
- [6] Google Project Glass. <https://plus.google.com/111626127367496192147/posts>
- [7] Trivisio GmbH. <http://trivisio.com>
- [8] LUMUS. <http://www.lumus-optical.com>
- [9] SONY HMZ-T1. <http://www.sony.jp/hmd/products/HMZ-T1/>
- [10] EPSON MOVERIO. <http://www.epson.jp/products/moverio/>
- [11] Accupix myBud. <http://www.my-bud.com/>
- [12] C. Cruz-Neira, T.A. DeFanti, and D.J. Sandin, "Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE," *SIGGRAPH*, 1993.
- [13] C. Cruz-Neira et al., "The CAVE: Audio Visual Experience Automatic Virtual Environment," *Commun. ACM*, vol. 35, no. 6, June 1992.
- [14] A Critical History of Computer Graphics and Animation. <http://design.osu.edu/carlson/history/lesson17.html>
- [15] Cave automatic virtual environment. [http://en.wikipedia.org/wiki/Cave\\_automatic\\_virtual\\_environment](http://en.wikipedia.org/wiki/Cave_automatic_virtual_environment)
- [16] Telexistence Wide-angle Immersive STEReoscope. <http://projects.tachilab.org/TWISTER/>
- [17] Calit2, "3D Virtual Reality Environment Developed at UC San Diego Helps Scientists Innovate," 17th Sept. 2008. <http://www.calit2.net/newsroom/release.php?id=1383>
- [18] T.A. DeFanti et al., "The StarCAVE, A Third-generation CAVE and Virtual Reality OptiPortal," *J. Future Generation Comput. Graphics*, vol. 25, no. 2, Feb. 2009.
- [19] Calit2, "Calit2 Visualization Team Develops 3-D Technology from Modified HDTV LCD Screens,". [http://atkinsonhall.calit2.net/tours\\_demos/files/NexCAVE.pdf](http://atkinsonhall.calit2.net/tours_demos/files/NexCAVE.pdf)
- [20] Calit2, "Calit2 Virtual Reality Environment Nominated for First-Ever 'Immy' Awards," 4th Oct. 2010. <http://calit2.net/newsroom/article.php?id=1743>
- [21] 양웅연 외, "입체영상 디스플레이 장치 및 방법," 대한민국특허, 2011-0081728.
- [22] 양웅연 외, "시공간 확장형 3D 입체영상 디스플레이 플랫폼을 위한 장치 및 운영 방법," 대한민국특허, 2012-0018690.