



특별기고

# 3차원 영상 표시 장치

3차원 영상 표시 기술은 깊이감의 구현을 위해 광학 기술이 반드시 가미되어야 한다. 이 광학 기술에는 시역(Viewing Zone) 형성을 위한 광학관 기술과, 광학적으로 다시점 화상을 분할하여 동시에 영상 표시 소자(접촉식)에 투사하거나 광학관의 하나인 스크린(투사식)에 투사하는 방식의 영상 처리 기술, 그리고 여러 광학 소자를 조합하여 뛰어난 품질의 3차원 영상 디스플레이로 만드는 실장 기술이 필요하다. 이와 관련, 본지에서는 3차원 영상 표시 장치를 구성하기 위한 요소 기술 중 평판 영상 표시 장치와의 가장 큰 차이점이라 할 수 있는 광학적 다시점 구성 방식과 3차원 영상 표시 장치에 필요한 평판 영상 표시 장치, 그리고 시점 분할방식에 대해 설명한다.

김성규 박사(kkk@kist.re.kr) / KIST 시스템 연구부 영상미디어 센터

## 3차원 영상 표시 기술의 요건

3차원 영상 표시 기술은 아직 발아기에 있는 기술로 다수의 3차원 영상 구현 방식(표 1)이 제안되고 있다. 하지만 시각 제한, 2인 이상 동시 시청의 어려움, 표시화상의 크기 제한, 시청 위치 제한, 눈의 피로 등과 같은 여러 문제점이 있어 이들 중 어떤 방식이 미래의 주도적인 3차원 영상 기술로 표준화될지는 아직 확실치 않다.

표 1과 같이, 3차원 영상을 구현하기 위해서는 깊이감의 인식을 가능케 하는 시역 형성이 필수적인데, 이를 위해서는 광학 기술의 도움이 필요하다. 현재 가장 많이 사용되는 광학관 방식은 양안 시차를 이용한 것이다. 두 개 이상의 렌즈가 수평방향으로 일정 간격을 두고 배열된, 다시점 카메라로 찍은 평면 영상을 이용하기 때문에 현재의 평면 영상 및 방송 시스템과의 호환성이 뛰어나다.

그러나 이 방식들은 실제 표시 영상(평면)과 우리에게 인식되는 영상(3차원)의 차이, 수직시차가 없기 때문에 생기는 시청자의 움직임 제한 등으로 인해 눈에 피로를 준다. 이 문제의 궁극적인 해결을 위해서는 양안 및 운동시차, 초점조절, 수렴을 모두 다 만족시키는 3차원 영상 표시 기술이 필요하다. 현재 알려져 있는 홀로그램이나 체적 영상 방식은 이러한 눈의 기능을 전부 사용할 수 있는 3차원

영상을 제공하고 동시 시청이 가능하여 향후 3차원 영상 표시 기술의 표준화에 가장 가까운 방식이라 할 수 있다. 하지만 평면 영상 시스템과의 호환성 문제, 화면 크기와 시각의 연계 문제, 너무 많은 양의 데이터, 대형 모터 구동의 필요성과 레이저 주사의 어려움 등으로 인해 컴퓨터 제작 영상과 같은 특수 용도로만 쓰이고 있다.

이와 유사한 방식으로 마이크로 렌즈 배열을 이용한 일본 NHK의 IP(Integral Photography) 방식도 있으나, 고 해상도를 가진 배열 렌즈 제작에 어려움을 겪고 있다. 또한 일본의 TAO(Telecommunication Advancement Organization)에서는 다시점 영상 수를 많게 하여 각 시점에 해당하는 시역 간격을 우리 눈의 동공 사이즈(2mm~8mm) 이하로 하는 FLA 방식을 개발하고 있다. 이는 눈의 피로를 낮출 수는 있지만 설정 조건만큼의 조밀한 시점을 달성하지 못했고 화면의 크기가 제한적인 단점이 있다. 그러나 스테레오 홀로그램 방식에서 보듯이 평면 영상의 수를 증가시켜 영상의 용장도(Redundancy)를 더해 가면 결국 체적 영상 형태로 수렴되므로 초다시점 영상과 체적 영상은 궁극적으로 동일한 특성을 가진다고 할 수 있다.

체적 영상에 있어서 시각(Viewing Angle)을 크게 하면 데이터의 양도 증가하지만, 다시점 영상에서는 데이터 양의 증가가 체적 영

상에 비해 적기 때문에 표시 영상과 인식 영상의 차이를 증폭시켜 눈의 피로를 증가시킨다. 그러므로 다시점 영상의 수는 증가시키되 시각을 제한하면 체적 영상에 버금가는 영상을 구현할 수 있다.

3차원 정보 단말기도 다른 영상 단말기와 같이 장시간 동안 사용하는 것이 보통이다. 그러므로 눈이나 신체적인 피로가 적은 3차원 영상 표시 방식의 구현은 필수적인 과제라 하겠다. 현재는 구현에 어려움이 있으나 앞으로의 표준화 방향을 예측해본다면, 체적형 초다시점 영상 방식으로 구현될 것이며 기타 권고 사항은 광학관을 사용하거나 소프트웨어에 의해 해결이 가능하다.

## 시역 형성을 위한 광학관 기술

3차원 영상 표시 장치를 무안경식으로 구동시키려면 시역을 형성하기 위한 광학관이 필요하다. 시역은 광학관에 의해 영상 표시 관이나 영상 표시 스크린에 표시되는 각 시점별 영상에서 나오는 빛이 수렴되어 형성되는 지역으로, 우리 눈과 각 시점별 영상을 연결시켜 주는 통로 역할을 한다.

광학관은 시역을 형성시키기 위해 렌즈 + 확산판 또는 구형 거울의 역할을 하는 광학부품으로써 현재 렌티큘라, 시차장벽, 입체 사진판, 홀로그래픽 스크린, 프레넬 렌즈 등이 있으며 그 특성이 표 2에 비교되어 있다.

현재 광학관으로 가장 많이 쓰이는 렌티큘라관은 원통형 렌즈가 평행으로 접촉하여 배열된 관으로, 평판 표시 소자와 가장 잘 정합되는 것이다. 접촉식은 물론 투사식으로도 사용하며 손쉽게 설치할 수 있다. 렌티큘라 관으로 표시 가능한 이론적 최대 다시점 영상의 수는 회절 한계(Diffraction Limit)에 의해 주어지는 초점비의 폭으로 렌티큘라의 피치를 나눠준 값이다. 하지만 실제로는 여러 수차의

영향으로 20 $\mu$ m의 해상도를 가지므로 1mm 피치를 가진 렌티큘라의 경우, 최대 50이나 되는 다시점 영상을 표시할 수 있다. 평판 표시 소자의 화소 크기가 20 $\mu$ m 이하인 경우는 그렇지만, 그 이상인 경우에는 평판 표시 소자의 화소 크기에 의해 정해진다.

입체사진판은 미소한 렌즈의 배열로 이루어진 판으로, 아직 만들 수 있는 크기가 제한되어 있다. 하지만 일본 NHK에서 굴절을 변화를 이용하여 만든 미소한 렌즈 배열은 카메라 촬영 시부터 적용이 가능하다는 점에서, 크기는 작지만 주목할만하다.

시차장벽관은 폭이 좁은 슬릿을 평행으로 배열한 관으로, 현재 렌티큘라관과 함께 입체영상 표시장치에 많이 사용되고 있다. 그러나 밝기 외에는 개선의 여지가 적고 설치가 까다로우며 15인치 이하의 표시장치에만 사용된다는 단점이 있다.

홀로그래픽 스크린은 3차원 영상을 투사하기 위한 스크린이며 홀로그래픽 광학소자의 하나로 반사형과 투사형이 있다. 투사형 3차원 영상장치로만 구현이 가능하나 해상도가 높은 아날로그형이어서 초다시점 영상 표시에 적합하다. 또한 다중 노출에 의한 다중 시역의 형성이 가능하므로 다차 시영용으로 구현하기도 쉽다.

프레넬 렌즈는 평면형의 렌즈인데, 오래 전에 개발되어 홀로그래픽 스크린과 마찬가지로 투사형으로만 사용할 수 있다. 디지털 형이나 동심원 형태로 홈통이 파인 것이므로 초다시점 영상 투사에 사용되며 현재 75인치 크기로 제작할 수 있다.

## 영상 표시 소자의 종류

현재 가용한 영상 표시 소자는 CRT와 평판 표시 소자인 FED, LCD, FLC, DMD, PDP 등이 있다. 시장 수요 측면에서 보면 평판 표시소자가 이미 CRT의 수요를 능가하고 있으며 앞으로는 CRT의 수요가 계속 감소할 것으로 예상된다. 따라서 3차원 영상 표시 장치의 구현방식으로 평판 표시소자나 FLA 방식과 같이 표시소자를 사용하지 않는 방식에 대해 고려해 봐야 할 것이다.

표 1. 3차원 영상 구현 원리에 따른 분류

시차	표시원리	구현방법
양안시차	· 좌우 눈에 대응하는 화상의 광학 특성을 달리하여 보냄 · 좌우 눈에 대응하는 화상을 시각 차를 두어 교대로 반복시킴 · 좌우 눈에 대응하는 시역을 형성시켜줌	Anaglyph, 액정 셔터 안경 각종 광학관식 렌티큘라 홀로그래픽 스크린, 시차장벽 각종 반사경 프리즘방식
운동시차	대상체의 다른 방향에서 본 영상을 연속투사	이동 카메라 밀도차 안경
폭주, 원근조절	원근이 다른 영상을 연속 투사	Spiral Screen, 가변초점경
양안 + 운동 + 폭주 + 원근조절	실제에서 보는 것과 똑같은 느낌	다시점 영상 기술 : Eye Tracking, IP, 이동개구, 홀로그래픽 스트레오그램
양안 + 운동	좌우 눈에 대응하는 화상이 눈의 움직임에 따라 달라짐	홀로그램, FLA
심리효과	눈의 전방 시야각 확대로 의사 3차원 물체의 원근을 바꾸어줌	IMAX 반투과경식

표 2. 3차원 영상 표시에 사용되는 광학관의 종류에 따른 특성비교

종류	크기	제작방법	화상표시	응용	상대적 밝기	시역
렌티큘라	수m	기계적	접촉 투사	디지털 (천연색)	밝다	제한
입체사진	수십cm	기계적 광학적	접촉	디지털 (천연색)	밝다	제한이 적다
시차장벽	수십cm	박막	접촉	디지털 (천연색)	어둡다	제한
홀로그래픽 스크린	수m	광학적	투사	아날로그 (천연색)	밝다	제한
프레넬 렌즈	수m	기계적	투사	디지털	밝다	제한

다시점 영상을 표시하기 위해 필요한 평판 표시소자의 요건으로 는 시간분할 방식을 적용하기 위한 빠른 응답 시간, 공간 분할방식 의 적용을 위한 다량의 화소가 필요하다. 또한 투사식의 경우에는 영상이 확대되므로 화소 밀도가 필요하며 접촉식은 큰 화면이 요구 된다. 표 3은 상기 영상 표시 소자들의 특성을 비교한 것이다.

현재 표시소자 중에서는 DMD의 응답 속도가 가장 빠르고 화소 크기도 가장 작다. 또 가용할 소자의 크기도 가장 작아 시분할 방식 에 의한 투사식 3차원 영상 표시장치를 제작하는데 적합하다. DMD 는 각 화소가 17 $\mu$ m 크기의 정방형 거울로 되어 있으며 거울의 방향 을 변화시킴으로써 투사광원의 반사율을 조절하게 된다. 응답속도 는 최대 200kHz의 프레임률이나 DMD를 구동시키는 전자회로의 속도제한 때문에 실제로 표시 가능한 다시점 영상 수는 이보다 훨씬 적을 것으로 예상된다.

FLCD는 화소 크기와 가용 사이즈가 작지만 100시점 영상까지 표 시하는 등, 응답 속도가 빠르므로 DMD와 같은 시분할 방식의 투사 식 3차원 영상에 적합하다. LCD의 경우에는 응답 속도가 느리므로 공간분할방식의 3차원 영상 표시 장치 제작에 적합하며 크기는 데 스크탑용 단말기에 적당하다. PDP는 화소가 너무 크고 대화면이므 로 3차원 영상 표시 장치에는 적당하지 않지만, 화소 크기를 줄일 수 있다면 공간분할 방식의 3차원 영상장치로 구현할 수 있다. CRT는 현재 투사용으로 가장 많이 이용되는 영상 표시 소자로, 화소가 크 고 그 위치도 상대적으로 변하기 때문에 공간 분할방식의 3차원 영 상 표시에는 좋지 않다. 그러나 소형 CRT의 경우는 시분할 방식에 의해 현재 최대 8시점의 영상까지 표시가 가능하다.

결국 3차원 정보단말을 위한 3차원 영상 표시 장치는 DMD, FLCD 또는 소형 CRT를 이용하는 시간 분할 방식의 투사식이거나, LCD나 FED를 이용하는 접촉식의 시점 추적을 사용한 공간 분할방식, 또는 여러 개의 CRT나 LCD를 공간적으로 조합하여 시공분할 방식으로 구현하는 것이 바람직하다.

표 3. 영상 표시 소자들의 현재 특성

분류	TFT-LCD	FLCD	FED	DMD	CRT	PDP
Pixel Size( $\mu$ m)	35	13.2	50	13.2	260	4~5mm
Resolution	1024 x 768	1024 x 768	400 x 400	1280 x 1024	1600 x 1200	1280 x 1024
Response Time	16.7ms	150 $\mu$ s	수ms	5 $\mu$ s	8ms	1ms
Contrast	150	100	100	100	150	100
상용화 여부	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes
크기(인치)	30	12	12	0.7	50	60

## 시점 분할방식

시점 분할방식은 시간 분할방식과 공간 분할방식, 그리고 시공 분할방식으로 나눌 수 있다.

시간 분할방식(Time Division Multiplexing)이란, 여러 각도에서 촬영된 영상을 순차적으로 시간 분할하여 초당 필요한 프레임률 (Frame Rate)로 표시하는 방식이다. 여기에서 표시장치의 영상 표 시소자는 각 시점별 영상의 해상도(Resolution)와 같고, 다시점 영 상 수에 깜박임(Flickering) 없이 각 시점 영상을 표시하기 위해 필요 한 초당 프레임의 수를 곱한 프레임률로 동작 할 수 있어야 한다. 예 를 들어 8시점의 영상을 깜박임 없이 표시하는 경우, 일반적인 TV 의 화면 밝기에서는 초당 최소 30프레임률로 영상을 표시해야 하므 로 초당 240프레임률로 동작하는 영상 표시 소자가 필요하다.

시분할방식을 적용할 수 있는 영상 표시 소자로는 CRT와 DMD 그리고 FLCD가 있지만, 해상도나 사용자의 이용측면에서 CRT가 가장 좋은 특성을 지니고 있다. 현재 CRT로 표시 가능한 다시점 영 상 수는 28(1/2 VGA 해상도)이지만 상용화되어 있지 않으며, 최대 8 시점 영상을 NTSC TV의 해상도로 표시할 수 있는 것이 상용화되어 있다.

공간 분할방식(Spatial Division Multiplexing)은 서로 다른 각도에 서 촬영된 카메라별 영상에서 표시소자의 한 수직 화소선(Vertical Pixel Line)의 위치에 대응하는 화소선을 취하여 순차적으로 배열해 놓은 것이다. 이 방식은 영상 표시 소자가 다시점 영상의 수, N에다 각 시점 영상의 해상도(NTSC TV 해상도를 기준)를 곱한 만큼의 해상 도를 가지고 있어야 한다. 하지만 N이 4 이상인 경우를 만족하는 화 소의 영상 표시 소자는 구하기가 어려우므로 각 시점 영상의 해상도 를 시점 영상 수에 비례하여 낮추어 표시하는 것이 유일한 방법이다.

현재 가용한 영상 표시 소자를 사용하는 시공 분할방식은, 응답 속도를 초과하는 시점 수의 영상을 표시하기 위해 고속 응답특성을 가진 새로운 표시소자의 개발이 필요하다. 그러나 이는 공간분할방 식에서 요구하는 고해상도(High Resolution)의 평판 표시소자를 개 발하는 것보다 더 많은 시간과 예산이 소요되는 문제이다. 그 대신 에 현재 가용한 영상 표시 소자를 이용하여 이 영상 표시 소자의 표 시 가능한 시점 영상 수보다 큰 수의 다시점 영상을 표시할 수 있는 방법을 고려해 볼 수 있다. 다채널로 각기 다른 방향의 다시점 영 상 을 표시하는 다시점 영상채널을 하나의 공간으로 합쳐주는 것이 그 방법 중 하나인데, 이는 표시 가능 시점의 영상 수를 최대 2배까지 늘일 수 있다.

