

3차원 TV 기술의 현재와 미래

손 정 영

한국 과학기술 연구원, 3차원 영상매체센터

서울 성북구 하월곡동 39-1

3차원 영상 기술에는 여러 가지 종류가 있다. 지금까지 알려진 방법 중 가장 뛰어난 3차원 영상 기술은 홀로그래피이다. 그러나 홀로그래피를 이용하여 3차원 TV를 구현하는 데는 많은 문제점이 있다. 그 문제점 중의 하나가 홀로그램이 가지고 있는 많은 데이터 량이다. 홀로그램의 1cm^2 당에 포함된 데이터 량은 1Gbits 이상이다. 그 외에도 천연색 재생, 자연 광경의 촬영 문제 등 여러 가지가 있다. 기술적 어려움을 제외하고도 기존 기술에의 적용 가능성도 문제가 있다. 이러한 문제점을 고려할 때 홀로그램 방식의 3차원 TV의 개발은 장기적 측면에서 추진해야 한다.

I. 서론

3차원 TV의 구현은 미래 정보 통신의 역할과 관계가 있다. 미래에 부가된 정보 통신의 역할은 풍부하고 여유 있는 생활 환경 창출, 쾌적하고 안심할 수 있는 사회의 실현, 산업 경제의 활성화와 국토의 균형 있는 발전 실현 그리고 국제화의 가속을 통한 국경 없는 지구 사회의 실현이다. 이러한 역할의 수행을 위해서는 누구에게나/누구에게서도 현실감과 자연 감이 있는 다양하고 풍부한 정보를 중단 없이 언제/어디서나 손쉽게 수수할 수 있게 하기 위해 현재 우리 나라를 위시한 선진국에서 구상되고 있는 정보 초고속도(Information Super-Highway)를 통한 자기 스스로 생각하고, 마음이 통하며, 쓰기 쉽고, 영리한 고도의 지적 통신 서비스를 제공할 수 있는 총합 지적 통신망(Universal and Intelligent Communications Network)의 구성이 필요해진다^[1]. 총합 지적 통신망에서 추구하는 정보 통신 서비스 중의 하나는 각 개인의 다양한 요구에 응한 Face To Face Interface 제공이다. 이 Face To Face Interface는 정보 통신 서비스의 가시화(Visualization)를 의미한다. 실제로 인간이 주변 세계에서 받아들이는 정보의 80% 이상이 눈(Eye)을 통해 들어온다는 것을 고려하면 정보 통신 서비스의 가시화는 필연적이다. 이 가시화의 궁극적인 목표는 인간이 현실에서 느끼는 것과 같은 현실성과 자연감을 가진 영상의 재생을 통해 사용자가 입장감(Presence Feeling)을 가지도록 하는 것이다. 입장감의 구현은 인간 생활 공간의 3차원 화에 기인한

화상/영상의 3차원적 전시가 가능하여야 하며 또한 대상체의 움직임도 생생하게 표현해 줄 수 있어야 가능하다. 이는 현재의 2차원 화상/영상 전시 매체를 대신할 3차원 전시 매체의 개발을 필요로 한다.

현재 영상 전시 매체 중에서 가장 대표적인 것은 TV이다. 현재 개발되고 있는 HDTV는 기존 TV 화면의 대형화와 최적화, 화상의 고정세화와 화소의 자연색화를 통해 시청자에게 입장감과 현실감을 더해 주려고 하지만, 3차원 광경을 현실에서 보는 것과 같이 3차원적으로 표시해 줄 수는 없는 2차원 디스플레이 장치의 하나이다. 이는 3차원 TV의 개발 당위성을 높이고 있다.

본문에서는 3차원 TV의 구현에 관련한 기술적 가능성에 대해 기술한다.

II. 3차원 화상 기술의 종류

2차원과 3차원 화상의 차이는 깊이감(Depth Feeling)에 있다. 이 깊이감은 인간이 가지고 있는 시차(Parallax)를 포함한 두 눈의 작용에 의한 생리적 요인과 물체의 특성 및 자연 현상에 대한 두뇌의 심리, 기억적 요인에 의해 인식된다. 이 깊이감을 얻는 요인 중 가장 감도가 뛰어난 것은 양안 시차이다. 이 시차는 두 눈 사이의 거리(대략 6.5cm)에 의해 생기는 오른쪽과 왼쪽 눈에 비치는 화상의 차이에 의해 주어지며, 그 크기는 눈과 물체 사이의 거리와 시야 각에 따라 달라진다(그림 1). 3차원 영상은 사람이 두 눈을 가지고 한 순간에 물체를 보는 경우의 상과 같이 깊이감만 주는 입체 영상(Stereo

손정영

Image)과, 우리 두 눈의 움직임을 포함한 신체 일부를 움직임에 의해 얻는 상과 같은 완전 3차원 상(3 Dimensional Image)이 있다. 경우에 따라서는 한쪽 방향의 시차를 없애 버려, 좌·우나 상·하 중 어느 한 방향에서만 3차원 상의 관측이 가능하도록 한다. 시차 이외에도 IMAX, OMNIMAX 등과 같이 인간의 시야 각을 초월하는 대화면의 구성에 의해 깊이감을 느끼게 하는 방식도 있다.

입체를 포함한 3차원 화상을 얻는 방식은 여러 가지 있으나 크게 대별하면 안경을 사용하는 방식과 무안경 방식으로 분류할 수 있다. 광의 분극이나 필터를 이용하여 오른쪽과 왼쪽 눈에 대응하는 화면을 교체시켜 주는 안경 식의 3차원 영상 기술은 18세기 이전부터 이미 이용되어 왔고, 현재도 많이 이용되고 있다. 최근에 개발된 액정 셔터(Shutter)를 이용한 안경식의 입체 영상 방식은 좌·우 눈의 영상을 시간차를 두고 ON/OFF 시키는 것으로, 좌·우 눈에 다른 색깔(적색과 청색)의 안경을 사용하므로써 색깔에 의한 우리 두뇌의 인식 시간차를 이용하는 Anaglyph 방식이나, 좌·우 눈에 농도가 다른 필터를 사용 농도 차에 의한 우리 두뇌의 인식 시간차를 이용하는 Pulfrich 방식과 같이 우리 두뇌의 인식 특성을 이용한다는 측면에서는 동일하다. 무안경 방식의 대표적인 것은 파리 눈과 같은 마이크로 렌즈 배열판을 이용하는 Integral Photography 방식 이를 개선하여 한쪽 방향의 시차를 없애고 깊이감을 개선한 반원주형의 렌즈가 배열된 렌티큘라판(Lenticular Plate)을 이용하는 방식, 물체의 깊이에 따라 반사경의 초점을 가변 시키는 가변 반사경(Vari-Focal Mirror)방식 그리고 완전 3차원 영상 재생 방식으로 레이저의 가간섭성을 이용하는 홀로그래피 방식이 있다. 그림 2에 입체 및 3차원 표시 방식들을 종합해 놓았다.

III. 3차원 TV의 요건

현 ITU(International Telecommunication Unit) 전신인 CCIR의 연구 그룹(IC-1/11)에 의해 1958년에 제안된 연구 과제에 따른 3차원 TV의 실용화에 요구되는 사항은 다음과 같다^[2].

1. 관람자가 피로를 느끼지 않고 자연적인 입체감을 얻을 수 있어야 한다.
2. 시역이 넓고 다수의 사람이 시청할 수 있어야 한다.
3. 수상기는 3차원 TV의 신호를 3차원 영상으로 표시하며, 현 2차원 TV 신호의 수신시는 2차원 영상으로 표시할 수 있어야 한다. 또한 역으로 현재의

수상기로 3차원 영상 신호의 수상시는 2차원으로 표시될 수 있어야 한다.

4. 색 재현성 및 해상도가 현행 TV 이상이어야 한다.
5. 현행 TV 신호 규격의 변경이 가급적 적어야 하고, 수상기 방송 설비에 요하는 비용이 그다지 크지 않아야 한다.

이와 같은 요구 사항을 고려할 때, 3차원 TV가 현재의 2차원 TV를 대신하기 위한 전제조건은 우선 관람자가 안경을 사용하지 않고, 시야의 제한 없이 시점을 이동시켜 가면서 TV를 관람 가능해야 하고, TV 자체가 천연색의 동화상을 표시 가능하여야 하며, 또한 화면 자체의 크기도 커야 하고, 경우에 따라서는 많은 사람이 동시에 볼 수 있어야 한다. 이러한 조건들의 개개에 대한 그림 2에 정리된 방식들의 수용성을 평가해 보면 표 1에 주어진 것과 같다. 표 1에서 보여 지는 것과 같이 상기의 모든 조건을 충족하는 방식은 홀로그래피 방식밖에는 없다. 그러나 홀로그래피 방식은 상기 ITU 요구 사항의 제 5항을 충족하기에는 많은 기술적 어려움이 있다. 렌티큘라 방식은 화면의 불연속성, 시야 각이나 시역 그리고 시차의 방향 제한과 깊이감의 부족이라는 측면에서 보면 홀로그래피보다는 못하지만 현재의 방송 방식을 크게 변화시키지 않고도 다 입체 화상을 전송 가능하다는 측면을 가지고 있어 현재 일본과 구주를 중심으로 많이 연구되고 있다. 렌티큘라 방식의 입체 TV는 현재 70인치 사이즈까지 개발되어 있고 그 해상도는 HDTV의 그것을 초월하고 있다. 이미 일본에서는 NHK에서 시범 방송도 행하고 있다^[2]. 이미 언급한 것과 같은 렌티큘라 방식이 가진 문제점의 해결에 많은 노력이 가해지고 있지만 완전 3차원 화상의 재생에는 그 근본원리 자체에 문제가 있으므로 홀로그래피나 또는 새로운 원리에 근거한 완전 3차원 기록, 전송 및 표시 방식의 개발에도 많은 연구가 되고 있다.

IV. 홀로그래피 3차원 TV

지금까지 알려진 가장 완전한 3차원 표시 및 기록 방식은 홀로그래피이다. 그러나 홀로그래피 방식에 의한 3차원 TV 구현에는 풀어야 할 기술적인 어려움이 아주 많이 있다. 그 중의 하나는 홀로그램이 가지고 있는 데이터의 양이다. 예로 1cm²의 면적을 가진 홀로그램에는 1Gbits 이상의 데이터가 함유되어 있다. 그림 3에 홀로그램 전송에 필요한 데이터 량과 다른 영상 매체인 NTSC 방식 TV, 렌티큘라의 그것과 비교해 놓았다. 또다른 문제 중의 하

나는 홀로 그램에서 필요 데이터를 추출해 내는 것이다. 홀로 그램에 기록된 간섭 무늬의 형태는 반사형의 경우 간섭 무늬가 필름 평면과 평행으로 층을 이루고 있으므로 간섭 무늬의 형태를 읽어 드릴 수가 없다. 그러나 투과형의 경우는 간섭 무늬가 필름층 표면에 요철(Relief) 형태로 주어지므로 표면을 기계적 또는 광학적으로 읽어 드릴 수가 있으나, 스펙클 영향에 의한 잡음 효과로 표면의 굴곡을 읽기가 아주 어렵다. 특히 물체의 표면이 산란성인 경우 굴곡의 읽기가 거의 불가능하다(그림 4). 홀로그래프 자체가 가지는 문제 외에도 실시간 홀로 그램 데이터 전송 문제, 고 해상도 표시 장치 문제 등도 있다.

홀로그래피가 가지는 데이터 량을 줄이기 위한 시도는 두 방향에서 이루어지고 있는데, 그 첫 번째가 기록 측면에서 데이터를 줄이는 방식으로 Composite 홀로 그램을 이용하는 것이다. 이 방법은 한 장의 큰 홀로 그램 대신에 물체의 여러 방향에서 촬영한 다수의 미소 홀로 그램을 이용하여 상을 재생하는 것이다^[3]. 두 번째가 홀로 그램 자체의 사이즈를 줄이는 것보다는 물체에서 반사되는 빛에 포함된 데이터의 용장도(Redundancy)를 줄이자는 것으로 홀로 그래픽 비디오라 명명하는 CGH (Computer Generated Hologram)를 제작하여 AOM (Acousto-optic Modulator)^[4] 또는 액정^[5]를 통해 간섭 무늬를 전시하여 공간에 재생시키는 시키는 방식이다. 실제 홀로 그램의 보는 거리와 홀로 그램과 재생 상과의 거리에 따라 달라지지만 대부분의 경우 우리 눈이 한 순간에 보는 홀로 그램의 사이즈는 수 mm 이하이므로 홀로 그램의 사이즈를 크게 줄일 수가 있다^[6]. 또한 한쪽 방향의 시차를 줄일 수도 있어 홀로 그램 자체가 가지는 데이터 량의 축소는 충분한 여지를 가지고 있다. 현재 홀로그래피가 가지는 가장 큰 문제는 자연 색의 재생, 자연 광경의 촬영, 현재의 비디콘 이나 CCD와 같은 간섭 무늬를 실시간으로 Sampling 및 처리에 있다.

지금까지의 논의는 홀로 그램 자체의 전자적 전송에 의한 표시에 관련된 것만에 국한되었으나, 홀로그래피에 의해 만들어진 광학 부품을 이용하여 다른 3차원 영상 표시에 응용하는 방법도 있다. 이의 가장 좋은 예는 반사경과 같은 역할을 하는 홀로 그래픽 스크린으로 3차원 상의 투사나, 입체 동화상의 표시도 가능하다^[7].

3차원 TV가 2차원 TV를 완전 대체하기 위해서는 사람이 먼저 3차원 영상에 익숙해야 한다. 이를 위해서는 현재의 비디오 카메라와 같이 들고 다닐 수 있는 3차원 촬영용의 카메라가 개발되어야 하고, 필름을 쉽게 현상 내지는 전시할 수 있는 장치가 개

발되어야 할 것 같다. 3차원 TV는 수상기 자체만의 문제가 아니고 시스템 차원에서 보면 3차원 영상의 기록, 데이터 처리, 전송, 실시간 표시를 위한 신호 처리 그리고 표시 장치 등이 함께 개발되어야 한다.

V. 결론

지금까지 알려진 많은 3차원 표시 기술 중에서 HDTV를 대신해 21세기 고도 정보화 사회에서 요구하는 정보 통신 서비스의 수요를 충족시킬 수 있는 영상 매체로서의 3차원 TV는 홀로그래피 방식에 의한 것이 될 것으로 예측된다. 그러나 경제적인 측면에서 보아 기존의 방송 시설을 근본적인 변경 없이 사용할 수 있는 방법을 토대로 사람들이 3차원 영상에 서서히 익숙해지도록 하기 위해서는 가능한 안경식 또는 렌티클라 등을 이용한 무안경 방식의 입체 영상 매체 기술 개발이 우선적으로 이루어지고, 이와 병행하여 완전 3차원 영상 매체 기술은 장기적 안목에서 추진되어 질 것 같다.

참 고 문 헌

1. 평성 3년도, "전기 통신 기술심의회 답신", 일본 우정성
2. 3차원 영상의 기초, 천 무박 감수, 일본 NHK 기술 연구소 편
3. *Optical Holography*, R. J. Collier, Christoph B. Burckhardt and Lawrence H. Lin, Academic Press Inc., 1971.
4. P. St. Hilaire, S. A. Benton, and M. Lucente, J. Opt. Soc. Am. A9(11), 1969 (1992).
5. N. Hashimoto, K. Hoshino, and S. Morokawa, SPIE Proc. vol. 1667, 2 (1992).
6. J. Y. Son, H. W. Jeon, Y. J. Choi, and N. A. Kostrov, Opt. Lett. 20(7), 776 (1995).
7. *Proc. International Workshop on 3-D Imaging Media Technology*, KIST, 1월 26일-27일, 1995년.

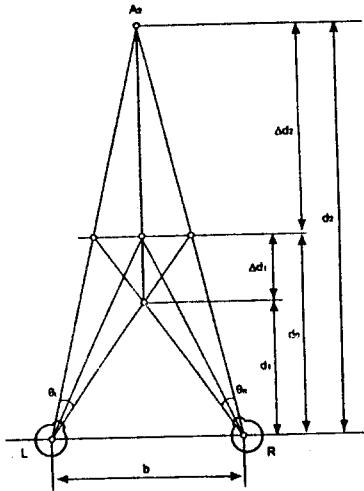


그림 1(a). 두눈의 기하학적 배치에 의해 얻어지는 시차

$$d_1 \approx \frac{bd_0}{b + \theta d_0} \quad \text{..... ①}$$

$$d_2 \approx \frac{bd_0}{b - \theta d_0} \quad \text{..... ②}$$

From ①, ②

$$\frac{2}{d_0} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \cdot \theta = \frac{b}{2} \left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} \right)$$

b : Eye Separation = 65mm
 d₀ : View Distance
 θ : Viewing Angle
 d₁ : Minimum Depth
 d₂ : Maximum Depth

EX. : 3d-Postcard	3d-TV
d ₀ : 25cm	d ₀ : 2m
d ₁ : 22cm	d ₁ : 1m
d ₂ : 29cm	d ₂ : ∞

그림 1(b). Depth 계산

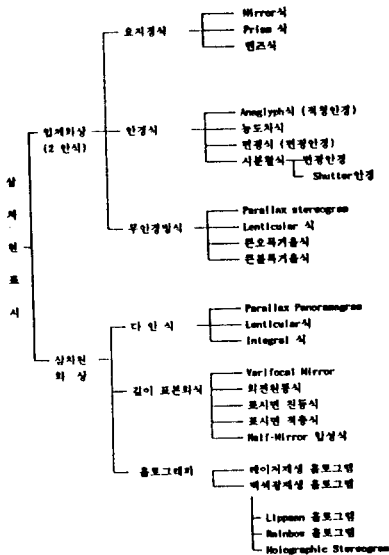


그림 2. 삼차원 화상표시 기술

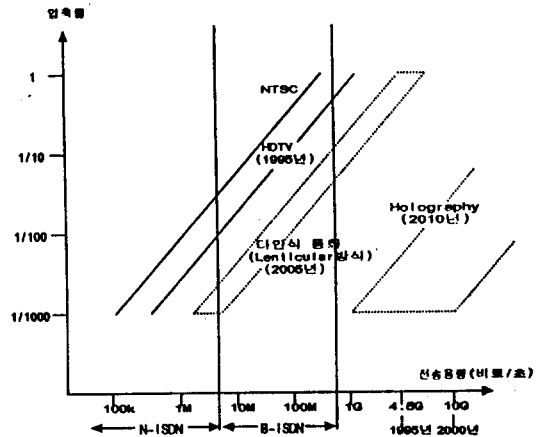


그림 3. 전송용량 과 압축률

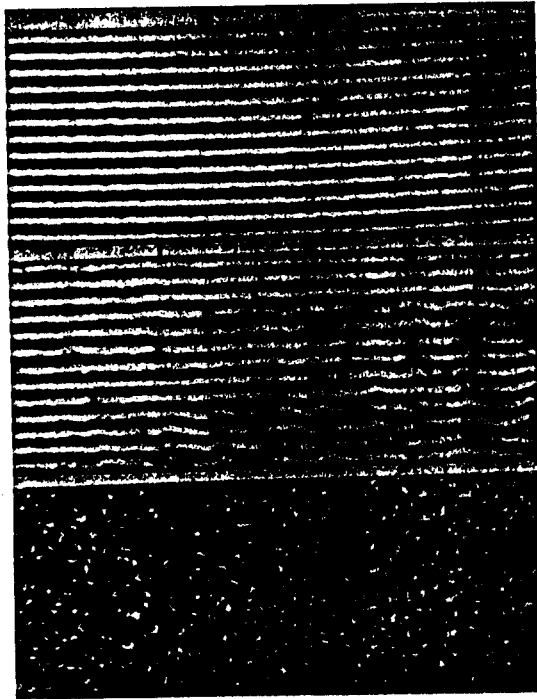


그림 4. 홀로 그림의 간섭 무늬

표 1. 각종 3차원 Display 특징

삼차원 영상의 종류		안경	color 화	동 화	내화면화	다 수 관람객	시각의 화 대	시점이동
2 안 입 체 방 식	요지경식	불요	○	○	x	x	x	x
	Anaglyph	요	x	○	○	○	○	x
	편광식	요	○	○	○	○	○	x
	시분할식	요	○	○	○	△-○	○	x
3 차 원 영 상	2안식 Lenticular	불요	○	○	△	x	x	x
	2안식 Lenticular	불요	○	○	○	x-△	△	△
	추미식 입체 표시	x ○	○	○	○	x-△	○	○
	깊이표본식	불요	○	○	x	△	○	○
Holography	불요	x-○	x-○	x-○	○	○	○	

X : 불가능

△ : 제한적 가능

○ : 가능