

HDTV용 디스플레이 기술발전 전망

張 震

慶熙大學校 物理學科 教授

I. 서 론

고선명 TV(high definition television: HDTV)는 차세대 텔레비전 장치로 요즘 흔히 매스컴에 오르내리어 우리들에게 익숙한 어휘이며 20세기말의 최대 걸작품이다. 화소수가 많아 고해상도를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 대형화면을 구현할 수 있는 TV를 HighVision(하이비전) TV라 불리운다. 일본에서는 1984년에 MUSE 방식의 HDTV 시제품 개발에 성공한 이후, 1989년 6월부터 1시간씩 HDTV를 방송하다가 1992년부터는 8시간씩 방송중이다. 한국에서도 1990년에 HDTV 개발계획이 수립되어 4년간 연구기간으로 현재 개발이 진행중이다. 이러한 결과로 우리나라에서도 CRT를 이용한 HDTV 수상기(32인치)가 93년도까지 개발될 예정이다.

HDTV는 작은 화면을 크게 박력 있게 나타낼 수 있어야 한다. 즉, 영화와 같이 대화면에 영상을 비칠 수도 있어야 되고 동시에 사진과 같은 섬세한 영상을 실현시킬 수 있어야 된다. 이러한 요구조건을 만족시킬 수 있는 HDTV의 디스플레이는 브라운관을 이용하는 CRT형과 벽걸이 TV를 목표로 연구개발 중인 평판 TV로 구별될 수 있다.

일본에서 하루 8시간씩 HDTV 방송중이지만 가정용의 HDTV 디스플레이로 적합한 제품이 아직은 없다. 그 이유는 CRT형은 상업화 되었지만 부피가 크고, 무거우며, 가격이 비싸고, HDTV 디스플레이의 가장 중요한 점인 대형화면(60인치)을 실현시킬 수가 없기 때문이다. 따라서, 많은 사람들의 꿈인 벽걸이 TV를 실현시키기 위한 노력이 요구되고 있고, 현재의 CRT와 미래

(10년이후)의 대화면 벽걸이 TV 사이에 투사형 액정 TV가 HDTV의 디스플레이로 확고한 자리를 차지할 것으로 예측된다.

II. 고선명 TV 디스플레이의 요구 사항

우리 인간은 실물 혹은 사진 같은 영상을 TV화면 위에 구현하기를 원한다. 이러한 인간의 욕구에 따라 나타난 디스플레이가 고선명 TV이며 고선명 TV 디스플레이는 인간의 시각적 및 심리적 특성과 밀접한 관계를 갖는다. 따라서 HDTV 디스플레이를 제작하는 목적은 첫번째로 고해상도를 얻는 것이고 두번째로는 인간의 시각인식 능력에 기초를 두어 심리적 효과를 가미할 수 있는 영상을 구현하는 것이다. 이러한 HDTV가 갖추어야 될 사양들을 생각해 보자.

1. 시거리

특히 가정용 HDTV에서는 방, 혹은 거실의 크기에 따라서 시거리가 제한된다. 그림 1은 D/H(D:시거리, H:화면 높이)에 따른 인간공학 측면에서 디스플레이의 평가를 나타낸다. 주사선 수가 525인 NTSC 방식의 TV로는 7H가, HDTV에서는 3H일 때에 최적 조건이다. 현재의 TV를 2.5m에서 시청할 경우의 최적 화면 크기는 대각 22인치 정도이다.

2. 종횡비(Aspect Ratio)

디스플레이의 면적에 따라서 종횡비(세로가로비)비가 다르다. 디스플레이의 면적이 클수록 종횡비가 크며,

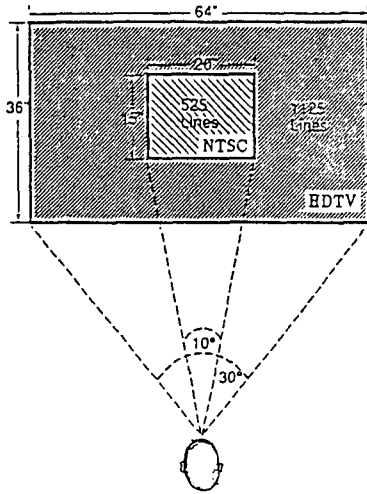


그림 1. HDTV와 NTSC TV의 비교

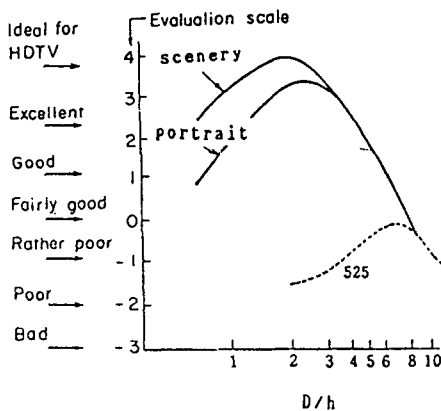


그림 2. 화면을 보는 시거리에 따른 화상의 판별 정도

cinemascope 영화 화면의 종횡비는 2.35:1이고, 약 60인치 크기의 HDTV 경우에는 16:9(1.78:1)가 적당하다.

3. 화면 크기

절대적인 화면이 클수록 인간에게 실제로 가까운 영상을 보여줄 수 있다. 그러나, 실내에서, 실생활에서 볼 수 있는 디스플레이의 크기는 제한되고, 너무 근거리에서 피사체를 오랫동안 보면 눈의 피로가 심하게 된다. 디스플레이의 크기는 시야각과 시청거리에 관계 있으며 시청거리 2.5m에서는 시야각 30도가 좋

은 화상을 보여준다. HDTV의 시거리 2.7m에서 화면의 높이 H는 36인치이고 종횡비 9:16을 고려할 때에 화면의 크기는 36인치 × 64인치이다. 따라서, 하이비전 TV의 화면 크기는 대략 60인치 정도이면 적당하다.

4. 휘도와 콘트라스트비

가정에서 TV를 시청할 때의 거실(혹은 방)의 밝기는 약 54룩스이다. 이 때에 CRT 표면에서의 휘도는 3cd/m² 이다. 그리고 인간이 눈으로 정상적으로 볼 수 있는 밝은 점의 휘도는 200cd/m² 정도이다. 따라서, 콘트라스트비는 50:1 이상이고 최대 휘도는 200cd/m² 이상이 바람직하다.

5. 주사선 수

시력이 1.0인 사람이 판별할 수 있는 최소 크기는 시각으로 1.0분이며 2.5m의 거리에서 HDTV 표준 크기로 판별할 수 있는 주사선 수는 1000 라인 정도이다. 따라서, 주사선 수가 1000 이상이 바람직하다. 그런데 현재의 TV와의 상호 전환을 용이하게 하기 위하여 1125가 적당하다. NTSC 방식의 525와 PAL 방식의 625의 간단한 정수배가 되기 위해서는 1125가 적합하다. 1125는 525에 대해서는 15:7이고 625에 대해서는 9:5이다. 현재 일본에서 방송중인 HDTV의 주사선수는 1125이다.

6. 프레임 수

비디오 신호의 프레임 주파수는 flicker의 특성과 화상의 자연스러운 변화에 관계된다. HDTV의 경우에도 NTSC방식과 마찬가지로 60Hz이면 충분하다.

표 1. HDTV 디스플레이의 표준

	HDTV	NTSC
Scanning lines	1125	525
Field frequency(Hz)	60	60
Interlace	1:2	1:2
Pixels	1080×1920	480×720
Viewing distance angle	3H 30°	7H 10°
Aspect ratio	9:16	3:4
Brightness(Cd/m ²)	200	
Contrast ratio	50:1	30:1
Grey scale	256 8	64 levels 6 bits

II-1부터 II-6에 나타난 HDTV 디스플레이의 표준은 표 1로 요약될 수 있다. HDTV에서의 grey level 수는 NTSC의 4배인 256일 때에 사진같은 화면을 얻을 수 있다.

III. HDTV 디스플레이

1. 직시형 CRT

현재 일본에서 시판되는 대부분의 HDTV가 직시형 CRT를 이용한 HDTV이다. 해상도를 높이기 위하여 NTSC TV에 비하여 shadow mask dot pitch가 보다 정밀해야 되고 전자빔이 보다 정교하게 조절되어야 된다. 또한 화면이 크기 때문에 glass bulb의 초대형화 및 강도 확보, 고해상도의 형광면 제작 등이 요구된다. 표 2는 일본에서 개발된 HDTV용 직시형 CRT의 사양을 나타낸다. 일본에서 개발된 직시형 CRT HDTV는 41인치가 최대 크기이다. 40인치 이상이면 무게가 150Kg 이상이기 때문에 가정용 HDTV로는 부적당하다. 그런데 40인치 이하의 화면 크기에서는 HDTV의 장점이 충분히 발휘될 수 없기 때문에 미래의 HDTV 디스플레이로는 부적당하다.

표 2. 일본에서 개발된 HDTV용 직시형 CRT 사양

Screen size(inch)	32	32	36	36	41
Phosphor trio pitch(min)	0.36	0.59	0.47	0.7	0.46
Structure	dot	dot	dot	stripe	stripe
Resolution (TV line)	1200	740	1050	610	1050
Deflection angle (degree)	90	110	90	110	90
Peak brightness (cd/m ²)	250	510	150	450	150
Weight(kg T-tube, S-set)	45(T)	65(S)	60(T)	55(T)	105(T)
Use(B-business, H-home)	B	H	B	H	B

직시형 CRT를 이용한 HDTV 가격이 계속 인하되고 있다. 일본에서 처음에 HDTV가 나왔을 때에는 HDTV 수상기 값이 6천만원 정도였으나 현재(1992년

9월)에는 36인치의 TV set를 육백만원 정도에 구입할 수 있고, 20세기말에는 200만원 정도까지 내려갈 것으로 예측된다.

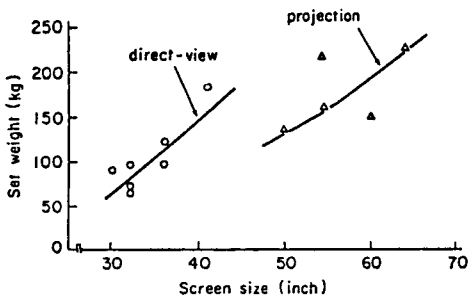
직시형 CRT에 대등할 만한 평판 디스플레이가 현재에는 없고 투사형 LCD HDTV가 본격적으로 상업화되기에는 3-4년 정도가 필요할 것으로 예측되어 당분간은 직시형 CRT가 HDTV 디스플레이의 대명사가 될 것이다.

2. 투사형 CRT

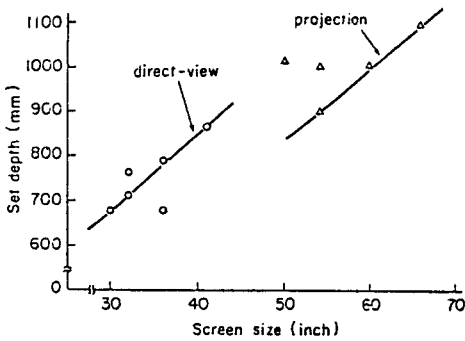
직시형 CRT의 화면 크기는 40인치 정도로 제한된다. 그런데 HDTV의 디스플레이는 약 60인치 크기가 최적이기 때문에 이에 부합되기 위해서는 투사형만이 가능하다. 투사형 TV에는 3개의 CRT 튜브(R, G, B)와 투사형 렌즈, 스크린 등이 필요하다. 표 3은 일본에서 개발된 투사형 CRT HDTV를 나타낸다. 투사형 TV에는 스크린 뒤에서 투사시키는 후면투사 방식과 스크린 전면에서 투사시키는 전면(front) 투사 방식이 있다. 가정용 TV로는 후면투사 방식이 적당하며 이 경우에 60인치 크기의 화면일 때에 무게가 150Kg 이고 TV set 부피가 1×1×1m³ 이상이므로 가정용 HDTV로는 부적합하다. 표 3은 일본에서 개발된 투사형 CRT HDTV의 사양을 나타낸다. 후면 투사 방식의 110인치에서 최대 휘도 270 cd/m²을 얻을 수 있는 등의 장점이 있으나 TV set의 부피가 크고 무겁다는 단점이 있다. 따라서 미래의 HDTV 디스플레이로는 부적당하다.

표 3. 일본에서 개발된 투사형 CRT HDTV 사양

Type of projection	rear	rear	rear	front	front
Screen size(inch)	50	60	110	100	200
CRT size(inch)	7	9	9	9	13
Resolution (TV line)	1000	1000	1000	1000	1000
Peak brightness (cd/m ²)	380	800	270	170	50
Set size Width(mm)	1288	1395	2780	763	1125
Height (mm)	1432	1294	2470	1980	602
Depth (mm)	1080	1048	2400	1370	1053
Set weight (kg)	135	150	-	450	250
Power consumption(W)	270	600	800	1500	700



Weight of CRT direct view and projection displays



Depth of CRT direct view and projection displays

그림 3. 직시형 및 투사형 CRT HDTV의 스크린 크기에 따른 TV set의 무게

3. 투사형 LCD

1989년 일본의 MITI(Ministry of International Trade and Industry)와 JKTEC(Japan Key Technology Company)의 지원을 받아 생긴 GTC(Giant Technology Corporation)에서 1996년까지 40인치(대각) 크기의 직시형 LCD 패널 개발 목표로 연구에 몰두하고 있다. 그 결과, 프린팅 방법에 의한 poly-Si TFT 제작 기술에 진전이 있으나 40인치 크기의 직시형 벽걸이 TV를 LCD 방법으로 제작하기에는 많은 어려움이 있을 것으로 예상된다. 아마도 2000년 이전에 40인치 직시형 액정 HDTV를 상용화 시키기는 어려운 것으로 판단된다. 이에 반해 6인치 이하의 패널(panel)을 제작하여, 광학 장치를 이용하여 투사시켜 대형화면을 만드는 투사형 LCD에는 많은 진전이 있다.

앞서 언급한 JKTC와 MPC(Ministry of Post and Telecommunications)의 지원을 받아 설립한 HDTEC

를 중심으로 개발하는 투사형 LCD HDTV 부분에는 여러가지 시제품이 개발되었다. 표 4에 액정형의 HDTV 디스플레이의 시제품을 나타냈다. HDTEC에서는 4.5인치 크기의 poly-Si TFT-LCD 패널 3장을 이용하여 가정용 HDTV 시제품을 1991년에 개발하였다. 일본의 Sharp에서는 각각 120만 화소의 R, G, B 패널 3장을 사용하여 전면 투사 방식의 HDTV를 개발하여 시판중이다. 가격은 약 5천만원 정도이고 화면의 크기는 200인치에서 40인치까지 조절 가능하다. Matsushita에서는 반사형의 TFT-LCD 패널을 LCD 프로젝터에 사용하였다. 반사형은 고해상도를 얻는 데에는 투과형에 비하여 유리하나 광효율이 낮다. HDTV LCD projector에서는 휘도를 높이는 것이 중요한 문제이기 때문에 투과형이 반사형보다 유리하다. 따라서, 대부분 회사에서 투사형 panel에 대한 연구개발을 수행중이다. 그림 4에 HDTEC에서 개발한 HDTV의 광학계를 보여 준다. 광원으로는 metal halide lamp가 사용되고, dichroic mirror를 이용하여 R, G, B를 얻고, R, G, B 3개의 TFT-LCD 패널을 통과한 R, G, B 신호를 합성하여 투사시킨다. 3개의 패널을 사용하기 때문에 광학시스템이 복잡하고 정밀해야 된다. 궁극적으로 하나의 패널만을 이용하여 투사시켜 HDTV를 제작해야 가격이 낮고 HDTV set가 간단해질 수 있다.

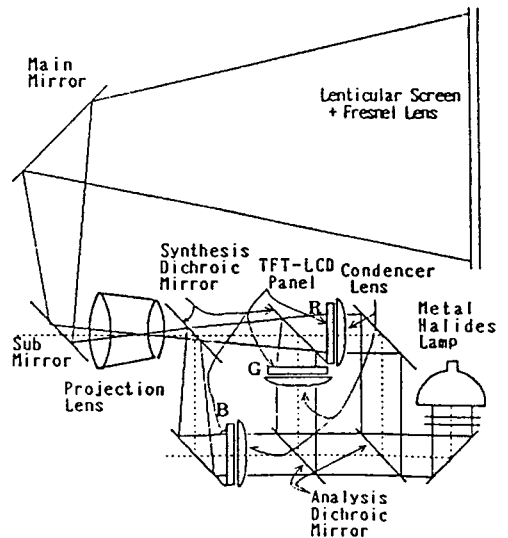


그림 4. 일본 HDTEC에서 개발한 후면투사 방식의 HDTV LCD 프로젝터 블록그림

표 4. 일본에서 개발된 HDTV용 LCD 프로젝타 (projector) 시제품의 개요

발표논문명	발표기관	발표지	개요
A 1.5 Megapixel a-Si TFT-LCD Module for HDTV Projector	Sanyo Electric	SID '91	a-Si TFT, 5.5" module 1,024×1,440 화소 3관식 프론트 프로젝터
High Definition TV Rear Projector Using LCD Panels	HDTV Eng. Corp	IDRC '91	Poly-Si TFT, 4.55" Module, 960×1,439 화소, 개구율 30% 55" Rear Projection
High Definition Front Projector using Poly-Si TFT-LCD	Seiko Epson Corp. & HDTV Eng. Corp.	IDRC '91	Poly-Si TFT 440×960 화소, 850(H) TV Line, 950(V)
	Sharp Co.	Sharp Tech. Journal	a-Si TFT, 5.5" Module 1200×1000 화소 Front Projection
	Matushita Co.	Japan Display '89	a-Si TFT 1422×960 화소 2.3" Module 반사형, 개구율 70%

TFT(thin film transistor)를 스위칭 소자로 이용한 AM-LCD(active matrix liquid crystal display)가 최근에 반도체의 DRAM 이후에 최대의 시장성이 있을 것으로 예측되는 디스플레이 소자로 떠오르고 있다. 그 이유는 CRT와 같은 정도의 화상을 LCD로 실현시킬 수 있기 때문이다. 현재에 TFT-LCD의 가장 큰 약점은 가격이 비싸다는 점이다. 각 화소에 트랜지스터가 적어도 하나씩 달려 있기 때문에 유리 기판위에 박막 트랜지스터를 제작하는 제조 공정이 복잡하여 양품율이 낮고, 부품 및 재료 비용이 높기 때문이다. 이러한 TFT-LCD의 생산 가격은 제조 장비의 개량, 생산성 증가, 대량 생산, 양품율 증가 등 때문에 매년 큰 폭으로 낮아지고 있다. 고해상도의 TFT-LCD 패널 가격이 낮아지면, 동시에 투사형 액정 HDTV 개발에 가속도가 붙을 것으로 생각된다.

그림 4에 나타난 3개의 패널 대신에 한개의 패널만 이용하면 광학장치가 간단해지고 하나의 패널만 사용하기 때문에 set의 가격을 낮출 수 있다. 광효율을 증

가시키기 위해서는 TFT-LCD의 개구율이 높아야 되고 또한 편광판을 사용하지 않은 방법이 바람직하다. 비정질 실리콘에 비하여 고이동도인 다결정질 실리콘이 TFT 재료로 바람직하고, 편광판을 사용하지 않은 방법으로는 고비저항을 갖고 hysteresis가 없는 PD-LC(polymer dispersed liquid crystal)를 개발할 경우에 광효율을 높일 수 있다.

4. PDP 및 기타 평판 TV

PDP 디스플레이가 장기적인 관점에서 생각하면 이상적인 대형 벽걸이 HDTV로 적합하다. 특히 NHK를 중심으로 많은 연구가 진행되어 HDTV급의 33인치 칼라 PDP 디스플레이를 개발하였다. 그러나 지난 20년간의 연구 개발에도 불구하고 아직 PDP TV가 상업화 되기까지는 많은 시간이 걸릴 것으로 예상된다. PDP 디스플레이를 개선하는 가장 중요한 점들은 광효율 증가, 칼라 개선, 생산가격 인하 등이다.

ELD, VFD, LED 등의 평판 디스플레이도 연구 개

발 결과에 따라 HDTV 제작도 가능할 것으로 생각되나 10년 이상의 연구 개발 기간이 소요될 것으로 예상된다.

IV. 우리나라에서의 HDTV 디스플레이 개발 및 미래의 HDTV 디스플레이 발전 전망

상공부의 지원으로 1990년 5월부터 한국형 HDTV 개발 계획이 수립되었으며, 그 중에는 디스플레이 분야도 포함되어 있다. 디스플레이 분야는 32인치 크기의 직시형 HDTV 디스플레이를 4년 동안에 개발하는 것이 주요 목표이고 차세대의 디스플레이 분야인 투사형 HDTV 디스플레이에 사용될 액정모듈 제작 연구도 기초 연구 차원에서 수행중이다. 또한, 벽걸이 TV로서의 장점을 갖춘 PDP 분야도 3차년도부터 역시 기초연구 차원에서 연구를 시작하였다. 그 결과, 1993년 8월 대전 EXPO 박람회에 국내에서 개발된 HDTV가 전시될 예정이다.

앞으로 HDTV 디스플레이 분야의 상업화 및 연구 개발 현황을 살펴보자. 일본에서 개발되어 시판되는 주요 HDTV 디스플레이는 36인치 직시형 CRT이다. 40인치 이상의 크기는 직시형 CRT로는 무게, 부피, 가격 등의 문제 때문에 상업화되기 곤란하므로 앞으로도 36인치형에 회사들이 주력할 것으로 생각된다. 따라서 앞으로 일본에서는 36인치 직시형 CRT HDTV의 생산가격 인하에 연구 개발을 집중할 것으로 예상된다. 하이비전에 알맞는 디스플레이는 TFT-LCD를 이용한 투사형 LCD이다. 일본을 비롯한 대만, 유럽, 미국 등에서 차세대 하이비전 디스플레이로 이용될 LCD 프로젝타(projector) 개발에 범국가적인 차원에서 연구를 수행중이다. 일본의 여러 회사에서 시제품이 개발되었으나, 앞서 언급한 HDTEC에서 개발한 가정용 하이비전 TV로 사용될 후면 방식의 LCD 프로젝타에 주목할 필요가 있다. 현재 밝기를 증가시키기 위하여 광학시스템 및 광원 개발 연구를 진행중이다.

우리나라에서 범국가적인 HDTV 개발 계획이 수립되어 G-7 과제중의 하나로 선정된 점은 매우 다행스러운

표 5. 일본의 HDTEC에서 개발한 투사형 LCD HDTV (가정용) 사양

LCD Panel	
Size	4.55 in. diagonally
Pixels	960×1,439 dots
Aperture	About 30% *
Projector	
Screen Size	55 in.
Gain	1.85 *
Lamp	Metal-halide 250W *
Brightness	101 cd/m ²
Color Temp.	7900 k
Black Level	1.38 cd/m ²
Contrast Ratio	70 : 1
Viewing Angle	H: 80 degrees V: 25 degrees
Resolution (measured)	H: 750 TV lines V: 650 TV lines

* : Conditions affecting brightness

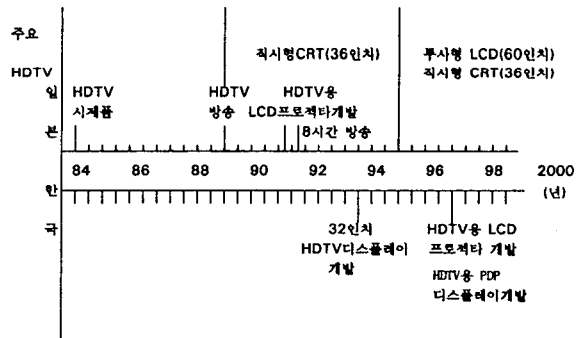



그림 5. 한국과 일본의 HDTV 디스플레이 발전 전망

며, 1차 개발 계획이 달성된 후에도, 상업화가 가능한 36인치 크기의 직시형 CRT HDTV와 가정용 HDTV LCD 프로젝타 개발(후면 투사 방식, 60인치) 연구가 수행되어야 21세기초에 가장 꽃피울 HDTV 디스플레이의 기술 전쟁에서 우리나라가 살아 남을 수 있다고 생각된다. 

筆者紹介



張 震

1954年 11月 28日生

1977年 서울대학교 물리학과 (이학사)

1979年 한국과학원 (이학석사)

1982年 한국과학기술원 물리학과 (이학박사)

1982年 ~ 현재 경희대학교 물리학과 교수

주관심분야: 디스플레이, TFT-LCD, 비정질 실리콘, 다결정실리콘, 실리콘 epi 등