



FPD에 대응한 CRT의 최근기술동향 및 전망

이 상 훈, 추 성 훈(삼성SDI Digital Display연구소)

I. 서 론

CRT(Cathode Ray Tube)가 1897년 독일 물리학자 Karl F. Braun에 의해 발명된 후, 100여년간 TV의 보급과 함께 컴퓨터 Display로서도 널리 쓰이고 있는 이유는 그 동안 CRT를 대체할 만한 다른 Display의 개발이 늦어지기도 했지만, 그 기본 원리가 우수하고 관련 기술이 계속적으로 발전되어 왔기 때문이다. 하지만, 오늘날 기술의 모든 분야에서 경쟁이 치열해지고 있는 상황에서 본격적인 HDTV(High Definition TV) 방송을 앞두고 있는 DT(Display Technology) 부분에서도 새로운 일대 전환기를

맞이하고 있다.

현재 개발되고 있는 display는 구동형태에 따라 투사형과 직시형, 발광특성에 따라 발광형과 비발광형으로 나눌 수 있는데, 이에 따라 CRT를 비롯하여 다른 FPD(Flat Panel Display)들의 주요 특성비교를 <표 1>에 나타내었다.

Display는 기본적으로 휘도, 콘트라스트, 색재현성, 해상도, 응답속도, 시야각 등 인간 시각 특성을 고려한 높은 영상능력과 가격, 소비전력, 수명과 같은 시장 요구 조건을 만족시켜야 한다는 점이 지금까지의 주요 요구조건이었다. 하지만, Display의 사용 범위가 넓어지면서 경량, 박형화, 디자인 등의 외관 등이 새로운 요구조건으로

<표 1> 대표적 display들의 주요 특성비교

	CRT	AMLCD	PMLCD	PDP	FED	OLED
Size	4	3	2	5	2	2
Contrast	5	5	4	3	5	5
Brightness	5	5	3	5	5	3
Maturity	5	5	5	4	1	1
Resolution	5	5	4	5	4	5
Speed	5	4	3	5	5	5
Cost	5	2	4	1	3	2
Color	5	5	4	5	5	5
Lifetime	5	5	5	4	3	3
Power	3	3	4	1	5	2
View Cone	5	4	1	5	5	5
Temp	5	4	4	4	5	5

5. 아주 우수 4. 우수 3. 보통 2. 열악 1. 아주 열악

대두하고 있음에도 현재까지는 어떠한 display도 이러한 모든 조건을 동시에 만족하지는 못하고 있었으며, 각각의 특성에 맞게 여러 부분으로 나누어 발전해 왔다.

그러나, 최근 들어 IT(Information Technology)분야의 발전과 더불어 DT 분야의 기술 발전이 급속히 이루어짐에 따라 점차적으로 각각의 Display 사이의 고유 영역이 사라지는 추세이다. 이미, CRT에서는 대화면 완전 평면화, 고정세화가 이루어지고 있고, PDP에서도 계속적인 소비전력 저감을 통한 고효율, 고화질을 위해 필요한 기술들이 속속 개발되고 있으며, TFT-LCD에서도 시야각, 응답속도 등의 문제가 해결되는 동시에, 지금까지 40" 이상의 대화면 구현이 어렵다는 금기가 깨어지고 있다. 특히, 차세대 display로서 유기 EL(OLED, TFEL)에 대한 관심이 높아지면서 앞으로의 Display 시장에서는 지금까지의 CRT가 풍미하고 있던 절대강자의 자리를 놓고 예측할 수 없는 혼전이 예상되고 있다.

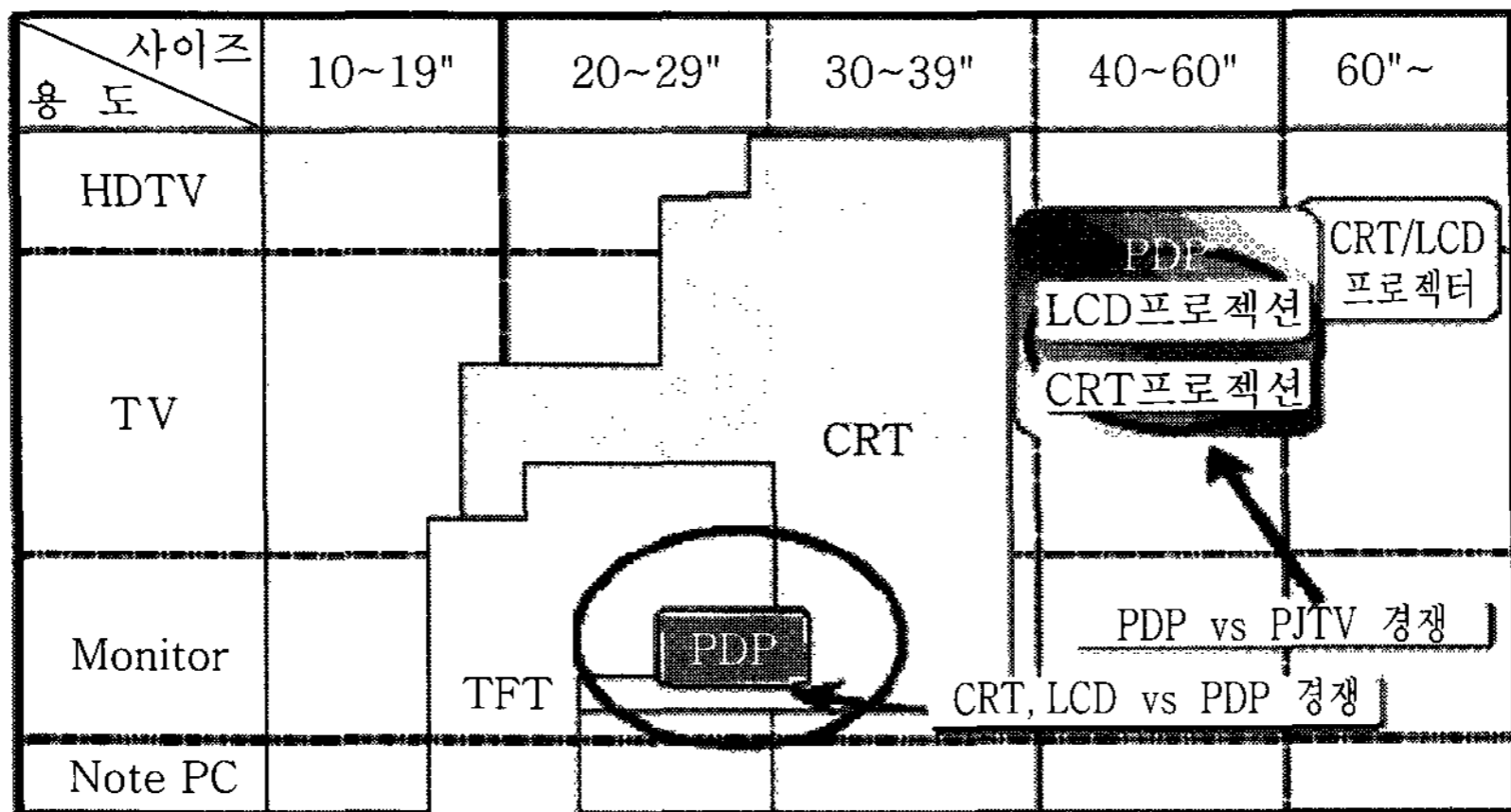
이러한 시점에서 본 고에서는 그 동안 CRT의 주 영역이었던 TV, monitor 부분에서 FPD의 거센 도전에 대응하여 진행되어 온 CRT의 최근 기술 동향을 소개하고 앞으로의 기술 개발 전망을 살펴보고자 한다.

II. CRT의 최근 개발 방향

앞서 소개한 바와 같이 CRT가 FPD로 명명되는 여러 display의 지속적인 기술개발에도 불구하고 아직도 가장 보편적인 display로서 중심의 자리를 지키고 있는 것은 그 동안 소비자의 요구에 부응한 획기적인 기술개발과 더불어 아직까지도 충분한 가격경쟁력을 갖추고 있기 때문이다.

〈표 1〉에서 살펴본 바와 같이 PDP, TFT-LCD, OELD 등이 그 종류별로 장단점이 확연히 구분되는 데 반하여 CRT는 100여년간 축적된 기술을 통해 많은 단점을 해결하여 왔기 때문에 기본 특성들에 있어서는 대부분 만족할 만한 수준에 도달해 있다. 그러나, 40inch 이상의 대화면 구현이 어렵고 큰 부피와 무게를 갖고 있는 구조적인 문제로 인해 다양한 Application으로의 활용에 제약을 받고 있다. 최근의 FPD의 급속한 도약에 따라 FPD에 있어서도 많은 단점들이 해결됨으로써 〈그림 1〉의 2005년 display 시장 예측에서 볼 수 있듯이 점차 CRT 고유의 영역이라고 생각되었던 20~40inch 크기에서 PDP 및 TFT-LCD와의 경쟁구도를 나타낼 것으로 전망된다.

따라서, 앞으로의 CRT 기술개발 방향을 크게



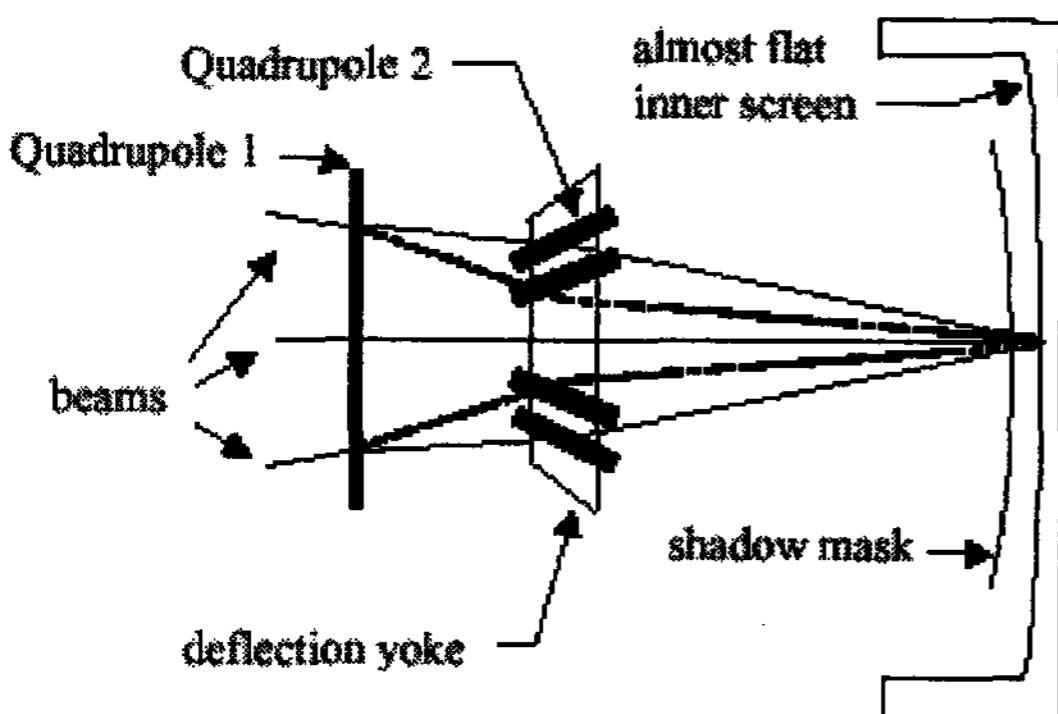
〈그림 1〉 화면크기에 따른 2005년 display 시장 예측(특허청 자료)

두 부분으로 구분한다면, FPD에 대응하기 위한 CRT 기술개발(Flat화, Slim화) 방향과, FPD가 장기적인 기술개발을 통해서도 아직 해결하지 못하고 있거나 추월하기 어려운 CRT만의 장점을 더욱 발전시키는 방향으로 나누어 볼 수 있으며, 추가적으로 앞으로의 환경문제와 관련되어 모색해 볼 수 있는 연구 방향에 대하여도 살펴볼 수 있을 것이다.

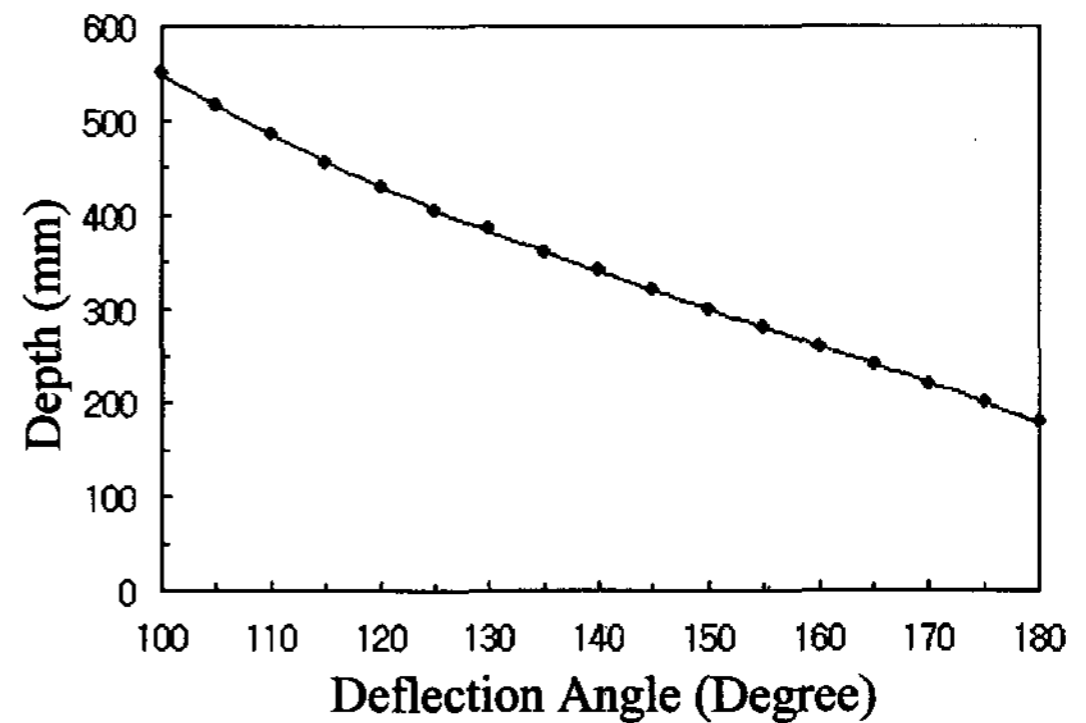
1. FPD에 대응한 CRT 기술개발

—대화면 Flat화, Slim화

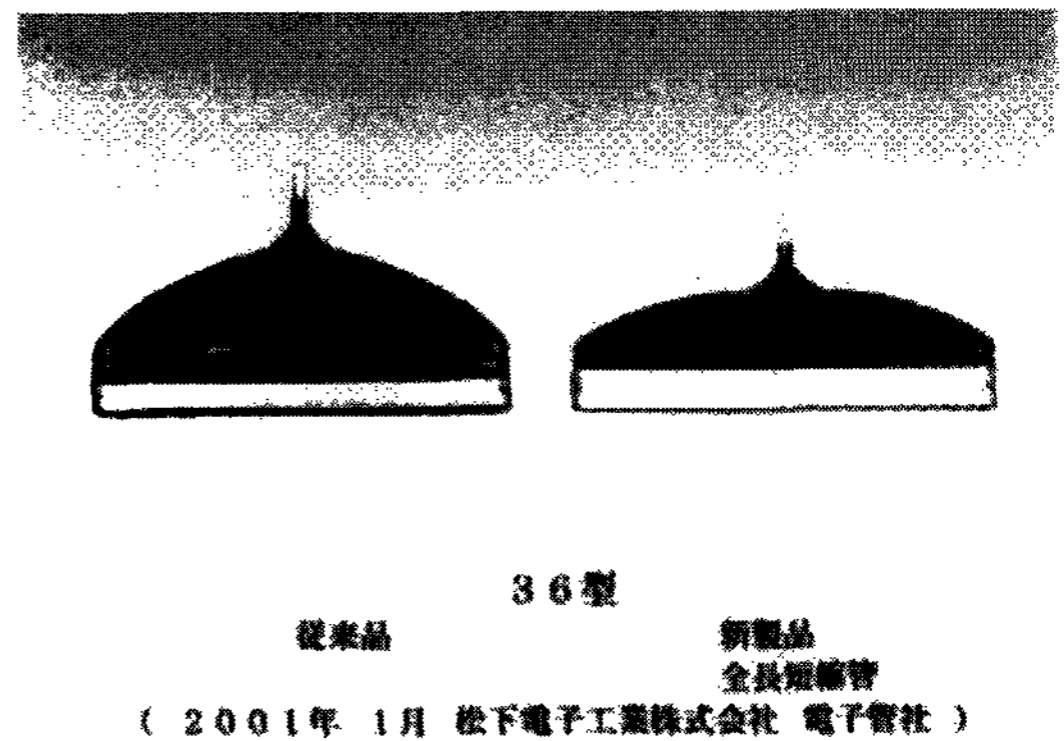
1996년 SONY사에서 최초의 Flat CRT를 채용한 WEGA제품을 시장에 선보인 후, 여러 CRT업체에서 경쟁적으로 Flat CRT를 개발하여 시장에 출시하였다. Flat CRT 기술은 크게 Tension 방식의 shadow mask를 채용한 기술과 Formed 방식의 shadow mask를 채용한 기술로 나누어 볼 수 있는데, 그 대표적인 예가 FST와 Dynaflat 기술이다. 이와 동시에 외관상의 평면감이 아닌 인간의 시각특성을 고려한 실제의 가시적인 평면감에 대한 논의가 쟁점이 되어 여러 연구가 이루어졌으며, 현재 평면 CRT의 구조에서 보다 완벽한 가시적 평면을 구현하기 위한 기술 개발이 다양하게 이루어지고 있다. 이 중 Philips에서는 formed 방식을 기본 개념으로 한 Cybertube^[1]를 개발하였고<그림 2>, 최근에는 Formed Mask 대신 새로운 방식의 Tension Mask 채용하여 대화면에서 완벽한 평



<그림 2> Q-pole기술을 이용한 Real Flat CRT (Philips, Cybertube)^[2]



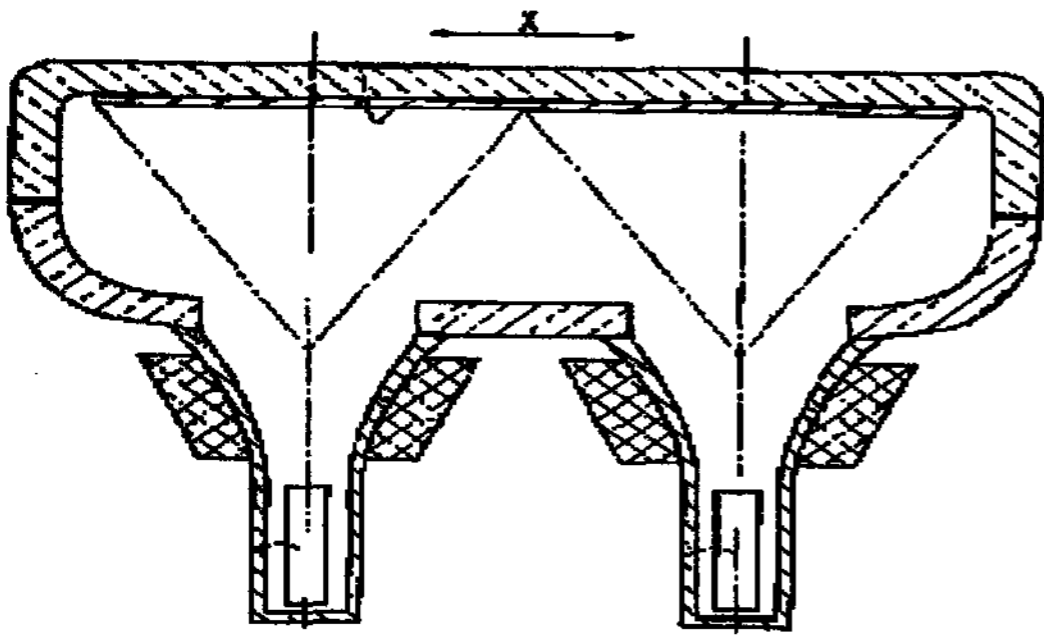
<그림 3> 36inch Wide Screen CRT의 경우, 편향각 증가에 따른 CRT 전장길이변화



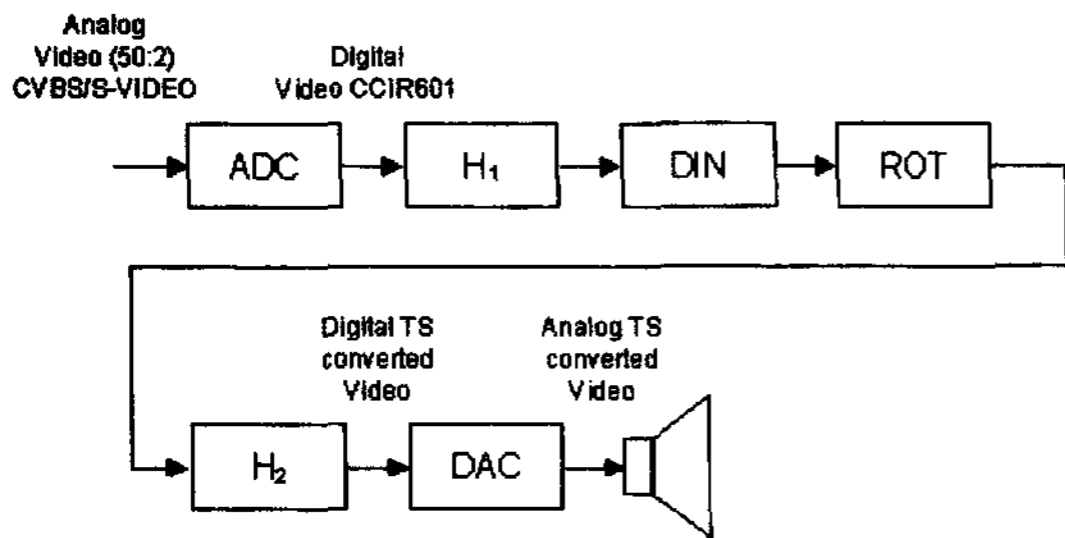
(a) 110° 편향, (b) 120° 편향 <그림 4> Matsushita 36inch 전장단축관

면감을 구현하고자 하는 기술개발이 활발하게 이루어지고 있는 상황이다. 이러한 노력들로 비추어 볼 때, CRT에서도 FPD와 동일한 수준의 감성적 평면감을 확보할 수 있을 것으로 보인다.

반면 CRT에서 전장단축을 통해 FPD에 근접하려는 Slim화 노력에 있어서는 아직도 극복해야 할 영역이 남아 있으며, 다양한 접근 방법이 모색되고 있다. 이 중 가장 근본적인 방법은 DY (Deflection Yoke) 편향각의 증가를 통한 전장단축이다. <그림 3>은 편향각 증가에 따른 전장길이 변화를 나타낸 그래프이다. 편향각도에 있어 모니터에서는 100°, TV에서는 120°를 실현함으로써 Matsushita 32, 36inch CPT의 경우^[3], CRT 전장길이를 각각 398 mm, 427 mm로 줄이는 데 성공하였다<그림 4>. 전자계적



〈그림 5〉 Camel CRT



〈그림 6〉 Transposed scan을 이용한 video processing 방식

및 DY 자계에 대한 simulation 해석방법의 발전은 정확한 설계를 통한 DY 편향각 증가를 가능하게 하였다. 그러나 현재의 CRT 구조로서는 120° 이상의 편향각을 갖는 것은 매우 어려운 일이며, 42inch PDP가 100mm 이하라는 점과 비교해 볼 때 CRT에서 FPD와 같이 획기적으로 전장을 줄이는 것은 현재의 구조로는 불가능한 상황이다.

하지만, CRT의 대형화 추세에 따라 부피가 커지게 되면서 전장길이 축소는 선택이 아닌 필수적인 과제가 되고 있으며 CRT 고유의 특성을 유지하면서 전장을 줄이려는 노력이 여러 가지 형태의 구조를 만들어 내면서 기술을 발전시켜가고 있다. 이와 관련된 대표적 기술 개발 방안으로,

- 1) 두 개 이상의 전자총 및 DY를 사용한 CRT (예 ; Camel CRT^[4])
- 2) 수직주사방법 (transposed scan)^[5]
- 3) 전계 편향을 이용한 편향각 증가

등이 제시되었다.

이 중 두 개의 이상의 넥(neck)을 갖는 CRT 구조를 사용하는 방법은 CRT의 전장을 단축하는 효과가 있으나, 두 개의 DY에 의해 편향된 화면의 중첩부 화면 구현에 어려움이 있다(〈그림 5〉). 또한 전장단축과 더불어 DY 편향 power를 감소시킬 목적으로 최근 주사방향을 90° 회전시키는 수직주사방법의 가능성이 제시되고 있으며(〈그림 6〉, 전계 편향을 이용하여 획기적으로 편향각을 증가시키려는 연구들이 보고되고 있다

2. FPD에 앞서는 장점의 극대화

— 고휘도, 고해상도, 가격경쟁력

고휘도, 고해상도, 색채 재현성, 응답 속도 등의 종합적인 화상 재현 특성에 있어서 CRT는 타 Display에 비해 월등히 우수한 장점을 가지고 있다. 이러한 경쟁력을 지속적으로 유지하기 위해서는 CRT의 화상 재현 품질을 극대화 시키는 것이 필요하다.

현재의 CRT 구조를 유지한다고 볼 때, CRT가 다른 display device와 다른 것은 기본 구조에 있어 각 발광 화소의 집합체가 아니라 전자 beam으로 주사하고 표시된 화상을 색 분배를 통해 3색 분해해서 표현한다는 점에서 원리적으로는 아날로그(analogue)의 표시라는 점이다. 이러한 아날로그적 특성은 Computer의 진보에 맞춰서 그 표시 해상도가 올라가더라도 CRT가 여러 가지의 해상도 화상에 대응할 수 있도록 하는 장점을 갖도록 해준다. Computer의 진보 및 보급에 따라 그 화질 성능에 대한 요구가 지속적으로 높아져서 CAD나 DTP 등의 작도, 편집작업 등 많은 정보의 동시 표시를 위해서는 CPU의 처리속도가 허용하는 한 고해상도, 대화면을 필요로 한다. 또한 최근에는 디지털 camera 등의 보급에 따라 고해상도의 영상표현이 절실히 요청되고 있다. 현재의 computer용 CRT의 해상능력은 NTSC 방식의 TV가 525개의 주사선을 interlace 방식으로 1초 동안에 30 frame의 표시를 하는 것과 비교하면 2048×1536 dot의 화상을 1초 동안에 75 frame으로, 그 표시능력은

TV의 약 20배이다. 이 표시능력을 실현하기 위해서는 형광면상의 R, G, B의 형광체의 구조를 보다 세밀하게 할 필요가 있다. R, G, B 3색의 전자 beam의 spot size, 화면상에서 합치는 convergence 성능 등, 고해상도화에 맞춰서 더욱 높은 정밀도가 요구되고 있다.

한 가지의 문제는 FPD가 구조적으로 발광 화소(pixel)의 집합체로 구성되어 있음으로 인해 크기와 화상 특성의 장단점이 양립될 수 있는 특성을 갖고 있는 반면, CRT는 구조적인 특성에 있어 크기와 화상품질을 별도로 생각할 수 없다는 어려움이 있다는 점이다.

소비 전력에 대한 휘도와의 관계를 나타내는 에너지 변환 효율에 있어 CRT는 대화면 FPD에 비해 훨씬 높은 효율을 가지고 있다. 현재 CRT의 변환 효율은 3~5lm/W 수준으로 full color PDP의 경우 1~1.5lm/W 수준인 점과 비교해 볼 때, 두배 이상의 높은 효율을 가지고 있다. 최근의 사용자 환경이 text에서 graphic으로 다시 graphic에서 motion picture로 변화하고 있는 것에 비추어 볼 때, 이러한 CRT의 우수한 발광 효율 특성은 multimedia 구현이 가장 적합한 display로 CRT가 부각될 수 있다는 것을 보여준다.

이에 발맞추어 여러 모니터 업체들에서 CRT를 채용한 여러 multimedia용 모니터 제품을 출시하고 있다. 이들은 대부분 구동전압(drive voltage)을 그대로 유지하면서 COEK(cut off voltage)를 저감하여 빔 전류를 증가시키는 방식을 사용한 것으로서 추가적인 가격상승요인 없이 기존 휘도의 약 1.6~1.7배에 해당하는 고휘도를 얻을 수 있다는 장점을 갖고 있다.

아래의 List는 그 대표적인 모델들이다.

- 1) Sony : Dynamic (회로 선택 방식 : 19")
- 2) Philips : Light Frame (S/W 방식 : 17", 19")
- 3) Mitsubishi : 5월 출시 (COEK 저감 방식 + Cathode Cap : 17" + H/W 방식)
- 4) Toshiba : 개발중 (COEK 저감 방식 + 함

침형 : 17", 19")

- 5) Eizo : 6월 출시 (17" Mitsubishi M2관 채용, H/W + S/W 방식)

한편, TV에 있어서도 PC 모니터용 브라운관과 TV용 브라운관으로 동시에 쓸 수 있는 고해상도 multimedia 브라운관을 속속 개발하고 있다. 따라서, 지금까지는 CDT는 고해상도로, CPT는 고휘도/고 contrast로 진행하던 것이 CRT 기술의 주요 개발 방향이었으나, CDT와 CPT 모두 주요 기술영역이 사라짐에 따라 두 기술 영역의 dilemma를 해결해 가야 하는 새로운 과제를 안게 되었다. 이러한 기술적 모순이 적절히 해결된다면, 인터넷 시장의 급속한 발전에 따라 multimedia용 CRT의 수요도 급격히 증가할 것으로 기대된다.

CRT가 맹렬히 추격 받고 있는 또 하나의 영역은 가격경쟁력 부분이다. 이제 막 양산화가 진행중인 FPD와 비교해 볼 때, 현재로는 CRT 대응할 만한 가격 경쟁력을 갖춘 FPD는 없다. 그러나, LCD가 2007년을 목표로 현재의 CRT 제조원가와 동등 수준의 인치 당 10\$, 그리고 PDP 또한 인치당 1만엔을 목표로 기술개발이 진행 중인 점을 감안한다면 그 동안 가격 우위의 경쟁력을 바탕으로 했던 CRT로서는 가장 큰 경쟁력을 상실하게 된다. 이에 따라 CRT에 있어서도 Value Engineering 기법을 통한 가격 경쟁력 확보와 더불어

- 1) CRT용 유리의 공용화 및 단순화품질규격 통일화
- 2) 부품 공용화 및 공동구매 방안

등과 같은 업계간의 공동의 노력을 통해 지속적인 가격 경쟁력 유지의 필요성이 요구된다.

최근 부상하고 있는 Digital CRT 모니터에 대한 논의에 있어서는 아직까지 뚜렷한 결론을 내리지 못하는 것으로 보인다. 현재와 같은 치열한 가격경쟁 구도 하에서는 digital interface의 적용에 따른 cost 문제, 이를 적용함으로써 얻어지는 장점에 대한 분명한 검증이 없이 새로운 system을 적용하는 것은 위험이 따르기 때문

이다.

근본적으로 LCD, PDP와 같은 fixed-format display의 경우에는 정확한 샘플링 시간의 제어가 없이는 아날로그 비디오를 사용하기 어렵기 때문에, digital interface를 사용하는 장점은 화상정보가 디지털이라는 것보다 안정된 pixel clock을 제공할 수 있다는 데 있다. 사실 pixel level에서 보면 FPD의 경우도 아날로그 device로 볼 수 있으며, 또한 DVI interface, VESA plug & Display와 같은 digital-interface connector standard들은 원래 VESA EVC(Enhanced video connector)의 아날로그 signal을 향상시킬 목적으로 채용되었던 것이다. 그러나 CRT에 digital-interface를 적용할 경우의 효과 및 cost 문제에 있어서는 좀 더 신중한 고려가 필요할 것으로 생각된다.

3. Display 공동의 문제 해결 방향

— Environment & Ergonomics

최근 들어 환경문제에 대한 인식이 높아지면서 이와 관련된 부분에 있어서의 기술개발은 CRT, FPD 또한 어느 Display이건 간에 지속적인 기술개발이 필요한 부분이다. 사용단계에 있어서는 저 소비전력, 낮은 유해전자파의 발생 등의 점에서 LCD, OLED 등이 가장 유리한 구조를 가지고 있지만, 원자재의 구입부터 제품의 폐기까지 제품의 전 Life Cycle을 고려해 볼 경우, 어떠한 display가 보다 환경 친화적인지에 대해서는 국내외에서 몇몇 제품에 대한 연구가 보고되었을 뿐, 종합적인 연구가 이루어지지 않은 실정이다.

그러나, display 제품의 특성상 제조단계보다는 사용단계의 환경영향이 보다 지배적일 것이라는 점은 어느 정도 합당한 결론이라고 보여진다. 이러한 상황에서 CRT에 있어서도 소비전력 절감을 위한 지속적인 기술개발이 이루어지고 있다. CRT의 경우에는 총 소비전력 중 스크린 전력이 20~30%, 편향전력이 30~45%를 차지하며 양자를 합치면 50% 이상이다.

따라서 CRT의 전력 절약화는 이들의 전력 저감을 목표로 다음과 같은 기술개발로 진행되어

왔다.

- 1) 형광스크린 발광효율 향상에 따른 스크린 전력 저감(예 ; micro filter)
- 2) 전자총 넥(neck) 직경 축소에 의한 편향전력 저감(예 ; (22.5mm, mini-neck))
- 3) DY 형상 최적화를 통한 편향전력 저감(예 ; RAC(RectAngular Cone) 또는 RTC(Round core, Tetra deflection coil combined Deflection Yoke))

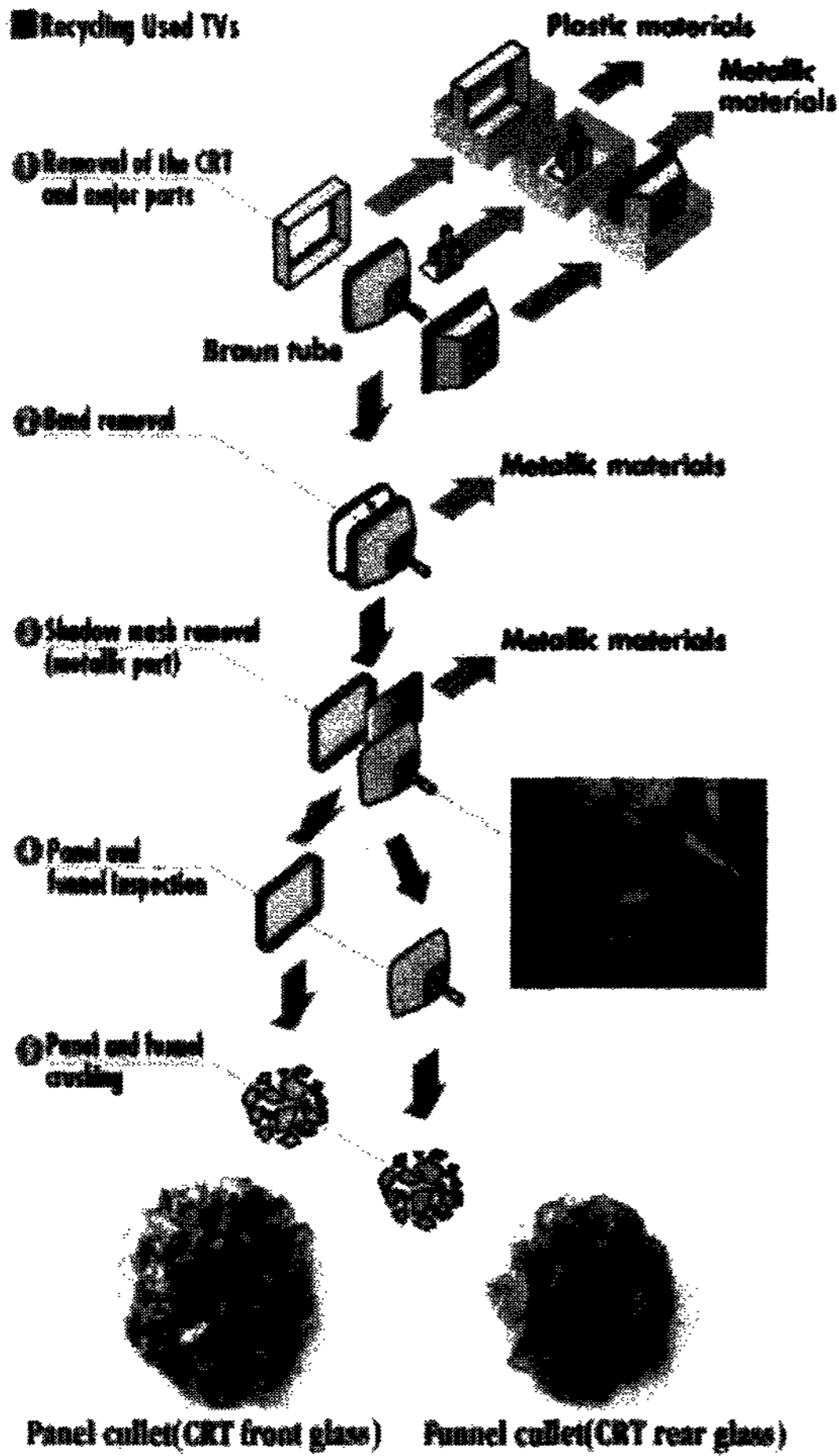
소비전력 저감을 위한 기술개발도 중요하지만 환경문제에 대한 관심이 집중됨에 따라 폐 CRT, LCD의 폐기 및 재활용(recycle)에 대한 근본적인 대책 마련이 절실히 요구되고 있으나, 이 부분에 대한 연구는 가장 뒤쳐져 있는 상태이다.

유럽연합(EU)은 올해 제조업체의 폐 전자제품 처리 의무화법을 비준할 예정이며, 세계 최고의 PC보급률을 지닌 미국도 이의 심각성을 인지하고 PC제조업체, 환경단체 등과 폐 전자제품 처리방안 마련을 위한 회담을 갖는 등 활발한 움직임을 보이고 있다. 일본 정부는 2002년부터 자원유효이용촉진법(개정 리사이클법)에서 전자제품의 경우 생산업체가 회수, 재자원화해야 한다는 조항이 의무화될 전망이고 이에 따라 폐 TV, Monitor의 Recycling 체제 정비를 강화하고 있다.

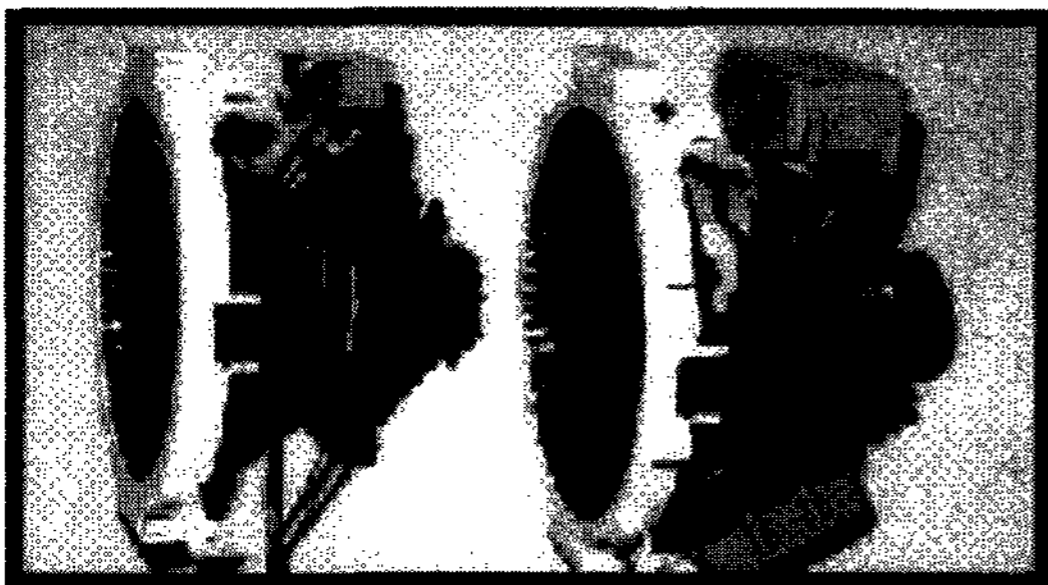
국내에서는 일부 제품의 포장물에 코팅을 하지 않는다거나 스티로폼 대신 재생종이를 사용하는 등의 방식을 적용하는 경우가 있기는 하지만, 폐 TV나 모니터의 회수나 재활용과 관련된 체계적인 제도는 아직 도입되지 않은 상태다. 정보 통신 정책 연구원 (KISDI)의 자료에 따르면 국내에서 Display 관련 제품의 재활용률은 50%에 그쳐 연간 4백30t의 납, 카드뮴 등 중금속이 버려질 가능성이 크다고 예측하고 있다.

폐 CRT에서 나오는 중금속은 납을 비롯하여 카드뮴, 수은, 아비산, 안티몬 등이며 따라서 환경오염에 악영향을 줄 수 있다.

1998년 3월부터 마쯔시다 전기 그룹은 오사카에 있는 Sunny Metal사와 함께 폐 TV에 대한



〈그림 7〉 폐 TV에 대한 Recycling 공정도



New 28-inch wide CRT deflection yoke (left)

〈그림 8〉 SONY사의 28inch wide CRT

경제적인 재생을 하는 사업을 시작했으며¹⁸⁾〈그림 7〉, 1997년 SONY의 환경 보고서에 따르면, 자사의 28" W CRT에서 자원사용 및 에너지 절감형의 DY〈그림 8〉의 개발에 대하여 소개하고 있

다¹⁹⁾.

따라서, CRT에 있어서도 제품의 제조 단계부터 환경 친화적인 소재를 사용하기 위한 기술개발, 제품의 운송에 따른 포장절감을 위해 제품의 파손 및 품질열화를 막을 수 있는 강건 설계 기술, 제품의 폐기 단계의 폐기 용이성을 확보한 환경 친화적 설계 방법에 대한 연구, 그리고 폐 CRT 처리 기술 및 폐 CRT의 재활용 방안에 대한 기술개발이 보다 구체적으로 이루어져야 할 것이다.

III. 결 론

이상으로 본 고에서는 최근 급속한 발전을 이루고 있는 FPD의 도전에 대응하여 CRT가 지속적으로 자신의 영역을 지켜가기 위해서 노력하고 있는 기술 개발의 동향과 앞으로의 기술 개발 방향을 살펴보았다. 앞서 언급했듯이 100여년이라는 긴 세월을 CRT가 display의 강자로 품미해 올 수 있었던 것은 지속적인 기술 개발을 통해 수많은 난제들을 해결해 왔기 때문이다. 이는 요소기술의 고도화나 해석기술의 향상을 통하여 종래 수준으로는 곤란하던 기술이 최적화되어 실현된 기술도 있다. 현재로서는 어떠한 FPD도 CRT의 고휘도, 고명암비, 고해상도, 장수명을 전부 만족시키지는 못하고 있으며, 최근 SRI의 시장조사예측 결과에서도 볼 수 있듯이 CRT시장은 오는 2006년까지 지속적으로 성장할 것으로 전망된다.

궁극적으로는 FPD든 CRT든 새로운 세계의 라이프 스타일의 변화에 따라서 다양한 영역에서의 응용의 필요성이 요구됨으로 크기, 형태, 구조 등의 요구에 따라 지속적으로 기술 개발이 이루어 질 것이며, 새로운 형태의 Display 또한 속속 등장하게 될 것이다. CRT가 과거의 역사 속으로 사라지지 않는 이상 CRT 역시, 소비자의 요구를 대응하기 위해서 앞으로도 지속적인 기술개발이 이루어져 가야 할 것이다.

21세기에도 풍부한 영상문화는 연출하는 display device로서 CRT가 남아 있기 위해서는

대형 Flat화, 고정세화, slim화를 한층 더 발전시켜야 할 것이다. 또한 지구환경보호의 측면에서 재활용성을 고려한 설계 개발도 앞으로는 중요한 과제를 잊어서는 안될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] A.A.S. Sluyterman ; Proceedings IDW 1998, pp.413-416 (1998).
- [2] T.G. Spnjer ; SID 00 DIGEST, pp.496-499 (2000).
- [3] M. Taniguchi, Y. Wada, Y. Iwai ; 월간 디스플레이, Vol. 7, pp.16-22 (2001).
- [4] 일본특허 ; 특개 2000-200567
- [5] M.P.C.M. Krijn, M. de Jong, R.J. Lange, B. Skoric, P. Tuyls, R.J. van Wesenbeeck ; SID 01 DIGEST, pp. 1008-1011 (2001).
- [6] Bob Myers ; Information Display, Vol. 17, No.7, pp.14-17 (2001)
- [7] Matsushita Environmental Report, (1998)
- [8] SONY Environmental Report, pp.25. (1997)