

기술 특 집

고화질 PDP의 기술 동향

황기웅, 김재성, 서기호 (서울대학교 공과대학 전기공학부 플라즈마 연구실)

I. 서 론

2002년은 향후 PDP 시장에 있어서, 변화를 가져올 수 있는 중요한 일들이 많이 일어난 한 해이다. 먼저 최근 들어 국내의 PDP 업계가 PDP TV의 가격을 기존 대비 약 20% 정도 인하함으로써, 42" PDP가 처음으로 500만원대로 가격이 하락하여, 일반 소비자들도 구매할 수 있는 가격에 한층 근접해졌다는 점을 들 수 있고, 다음으로는 LG Philips LCD와 삼성전자에서 각각 42"와 46" 크기의 LCD TV를 발표함으로써 기존에 40" 크기를 기점으로 40" 이상은 PDP TV가 40" 이하는 LCD TV가 시장을 양분할 것이라는 통념을 깨고 40"급까지 LCD TV가 진출할 수 있음을 보여주어, 향후 대형 TV 시장은 종래의 PDP와 프로젝션 TV의 2자 경쟁에서 이제는 LCD TV를 포함한 3자 경쟁구도로 바뀔 전망이다.

이와 같이 40"급 이상의 디스플레이 소자가 다양화됨에 따라 더욱 시장 경쟁이 치열해질 것으로 예상이 되며, PDP가 향후 안정적으로 시장을 확보하기 위해서는 저가격화와 함께 타 디스플레이를 능가하는 고화질 기술 개발이 어느 때보다 시급한 실정이다.

통상 PDP의 경우, 화질을 결정하는 항목으로 휘도, 명암비, 계조 표현력, 동화 의사 윤곽노이즈 저감, 해상도 등을 들 수 있으며, 본 고에서는 이 중 휘도 향상 기술과 명암비 향상 기술 그리고 동화 의사 윤곽 노이즈 저감 기술에 대해 최근의 기술 동향과 함께 본 연구실에서 개발된 기술을 중심으로 간략히 소개하고자 한다.

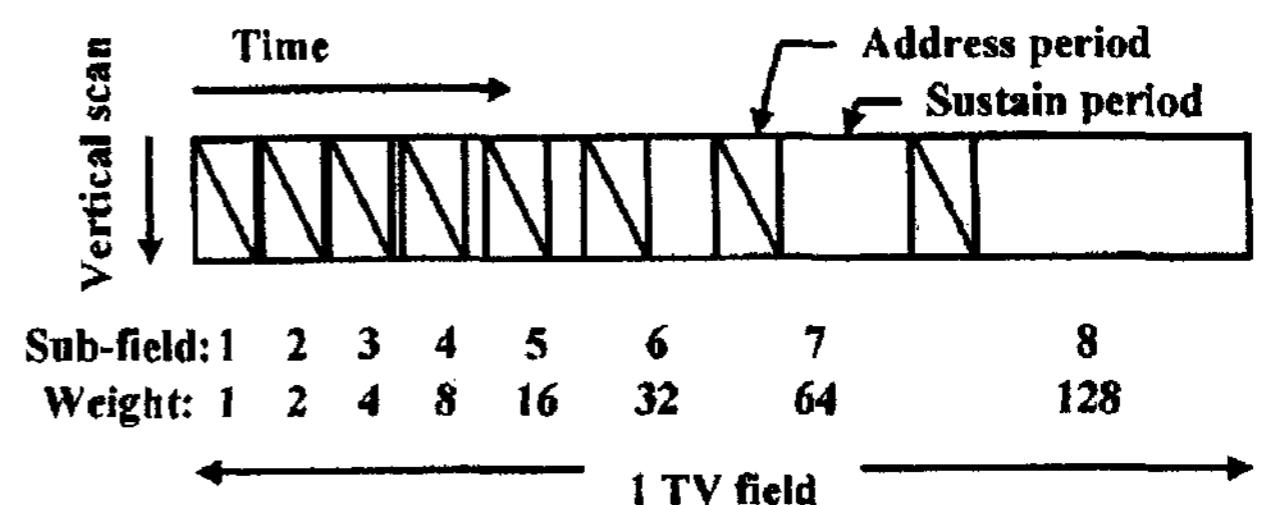
비를 개선하기 위해 투과율이 낮은 전면 필터를 사용하기 때문에 PDP TV의 경우, 필터 투과후의 휘도는 약 300~400 cd/m²으로 아직 좀더 개선이 필요하며, 특히 peak 휘도 향상을 위한 기술 개발이 요구된다. 현재 시판되고 있는 LCD TV의 경우 휘도가 약 400~500 cd/m²으로 꽤 밝은 편이지만 근본적으로 자발광 소자가 아니고 백라이트를 이용하므로 peak 휘도가 평상시 휘도와 같아 동적 휘도 가변 범위가 좁음으로 인해 생동감 있는 화면을 얻기가 힘든 제약이 있는 반면, PDP는 자발광 소자이기 때문에 이 동적 휘도 가변 범위를 크게 할 수 있는 장점이 있어 박진감 넘치는 화면을 쉽게 구현할 수 있으므로 향후 PDP TV가 LCD TV에 비해 휘도 측면에서 우위에 서기 위해서는 필터 투과후의 peak 휘도를 CRT 수준인 1000 cd/m² 이상으로 높여 줄 필요가 있다.

PDP의 경우 아래의 [그림 1]에서와 같이 계조 표현을 위해 방전 횟수를 조절하는 이른바 시분할 구동방식을 채택하고 있기 때문에 휘도는 방전 횟수에 크게 의존한다. 그러나 전체 1 TV 필드에서 방전 유지시간이 차지하는 비중이 기입기간에 비해 적기 때문에 이와 같은 구동방법은 PDP 휘도 저하의 중요한 원인으로 지적되어 왔다. 이를 개선하기 위해서는 AWD 방법과 같이 방전 유지 기간이 차지하는 비중을 높인 방법이 개발 중이나, 주로 현재 채택되고 있는 ADS법에 있어서는 화상 신호에 따라 서브 필드의 수 및 펄스 수를 적응 제어하는 이른바 "Plasma AI"법이 널리 사용되고 있다.^[1] 이 방법에 의하면 [그림 2]에서와 같이 평균 신호 레벨에 따라 신호 레벨이 낮은 경우는 서브 필드 수를

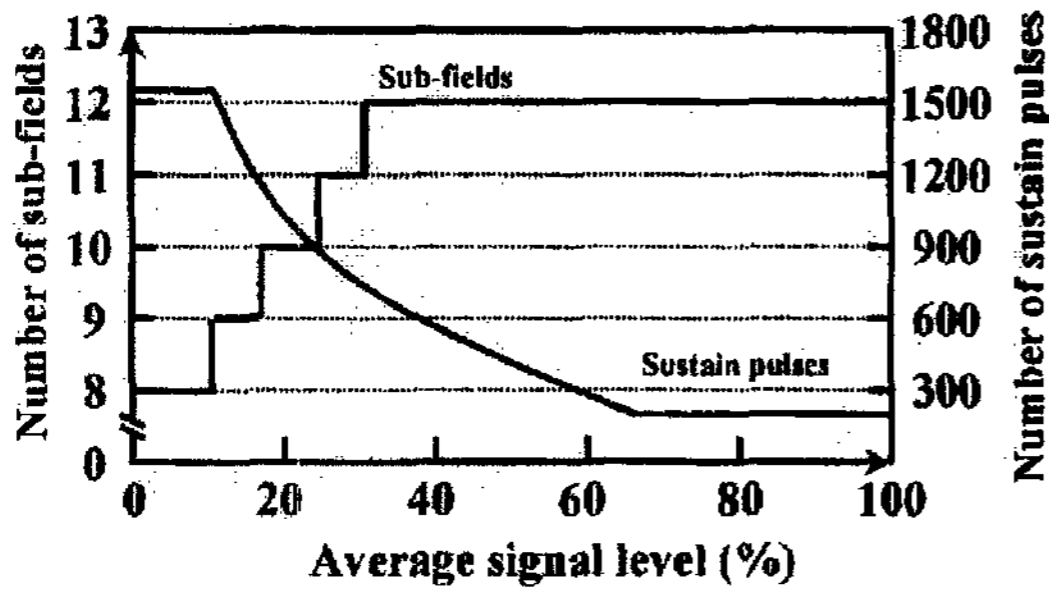
II. 본 론

1. 휘도 향상 기술

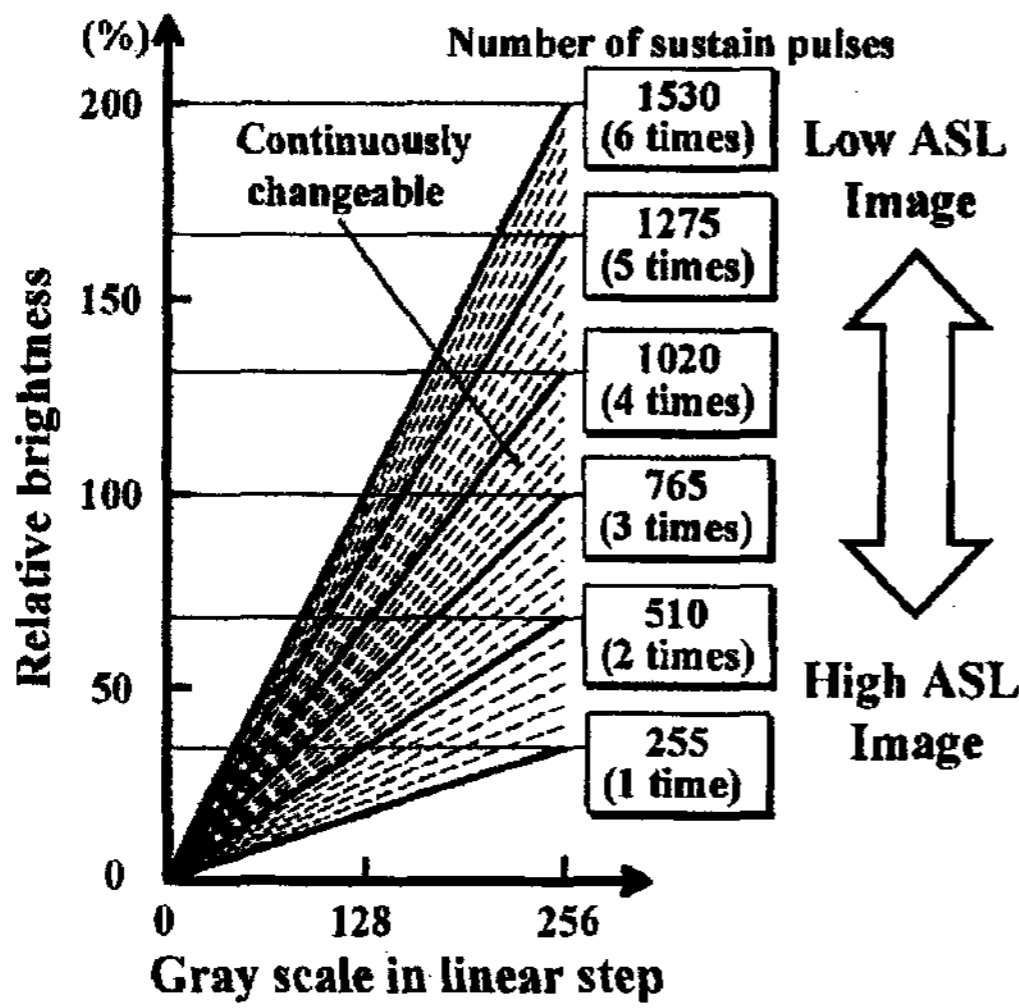
현재 판매되고 있는 PDP의 휘도는 모듈 상태에서는 대부분 약 600 cd/m² 이상으로 비교적 높은 편이지만 명실 명암



[그림 1] PDP의 ADS 구동 타이밍도



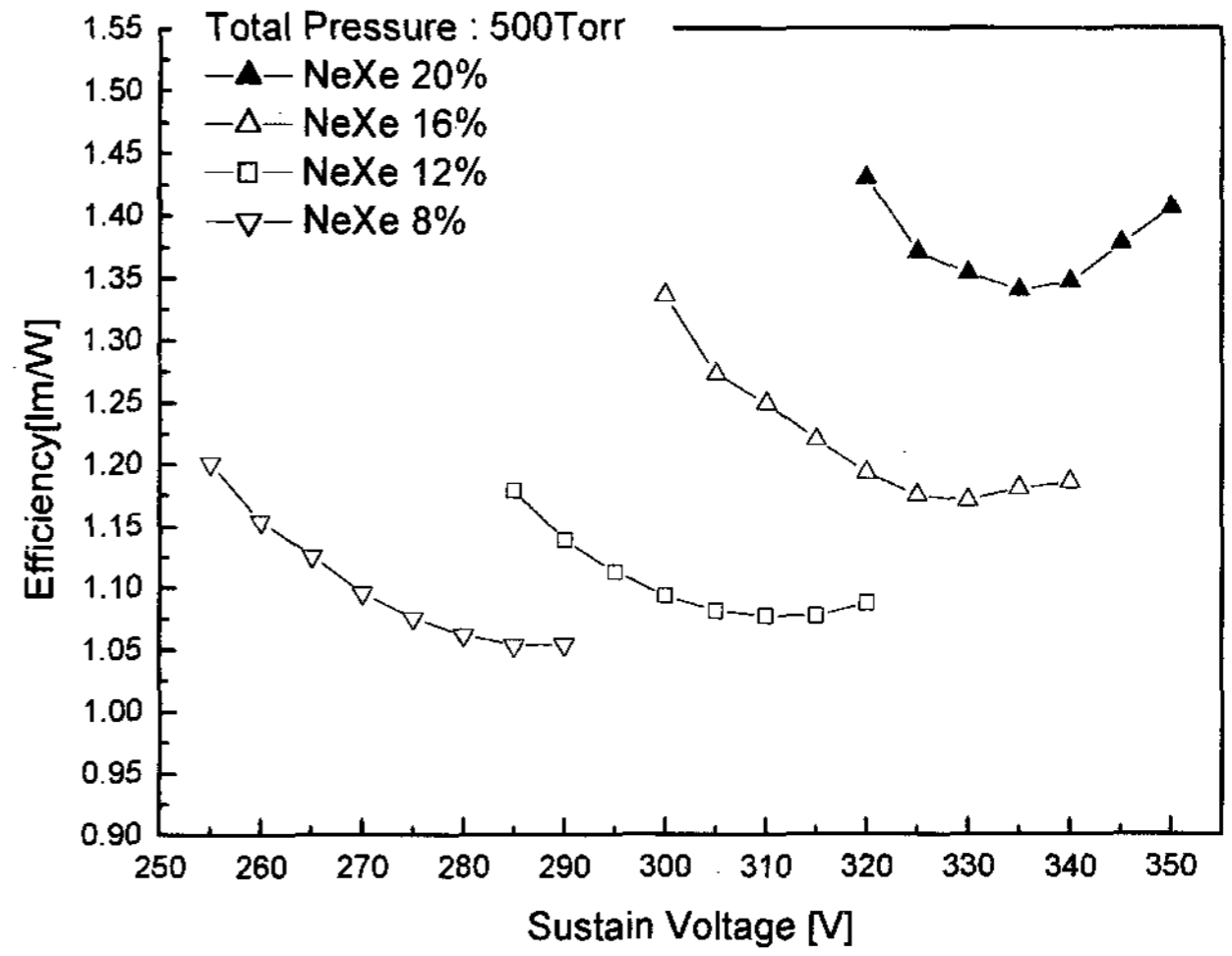
(a)



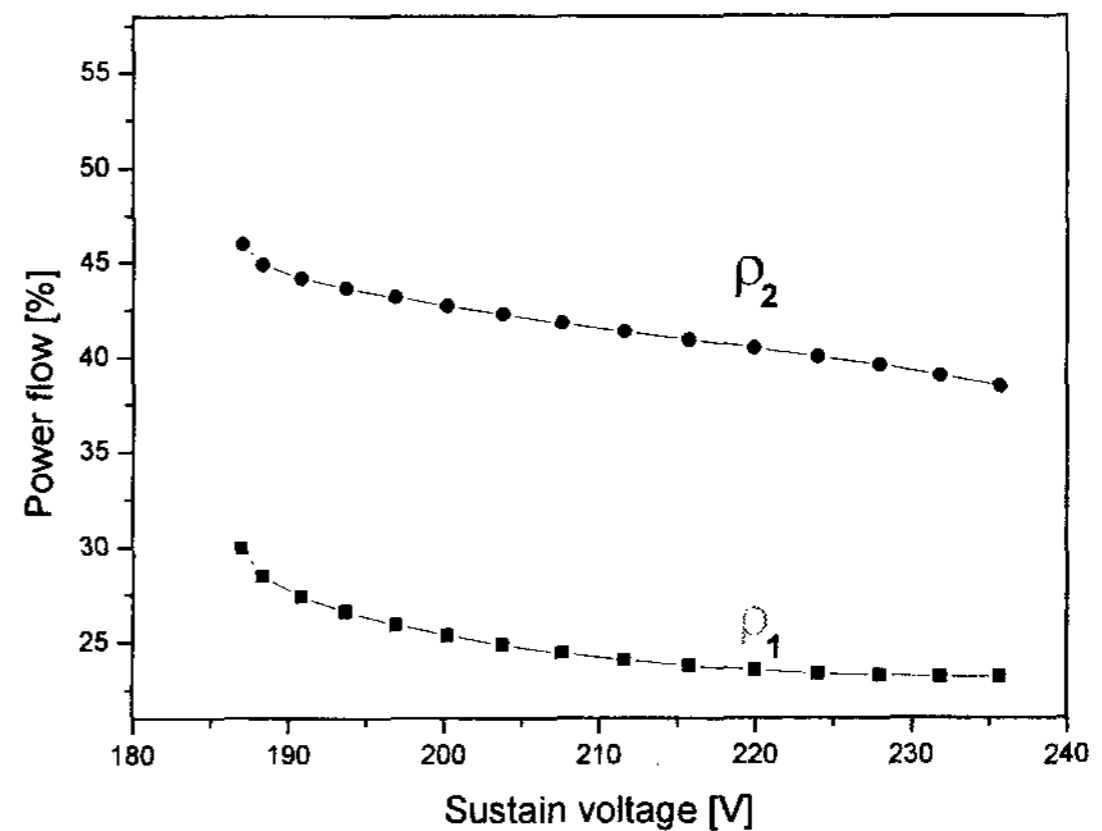
(b)

[그림 2] Plasma AI 기술에서의 (a) SF수와 방전 유지펄스수 관계 및 (b) 적응형 휘도 제어

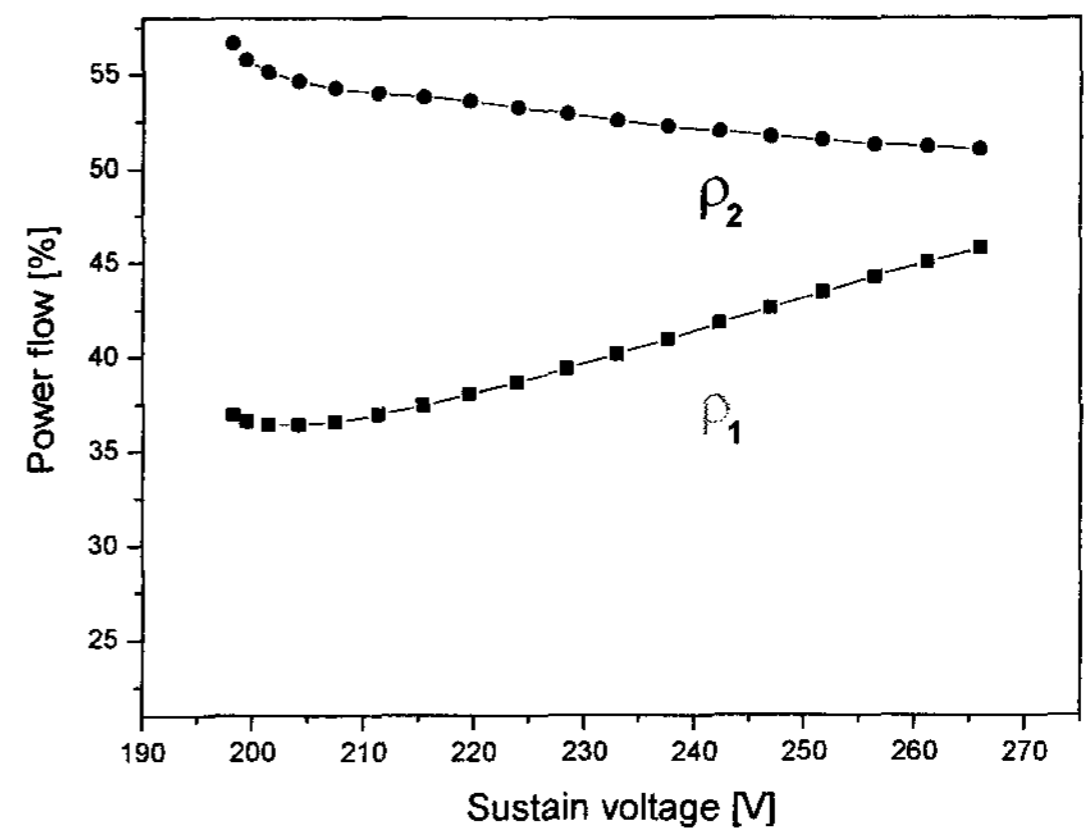
적게 하면서 서스테인 펄스 수를 늘여서 peak 휘도를 높여 주고, 신호 레벨이 높은 밝은 화면에서는 서브 필드 수를 늘이고 서스테인 펄스수를 줄여주어 동화 의사 유광 노이즈를 저감시키는데 중점을 둔다. 이와 같은 방법을 통해 기존 대비 약 50% 정도 peak 휘도를 향상시킬 수 있다. 그러나 보다 근본적인 휘도 향상 방법으로는 효율 향상을 통한 방법으로 최근에 방전 가스중의 Xe 함량을 높여 고효율과 고휘도 특성을 얻은 연구결과가 많이 발표되고 있으며^[2~4] 특히 2002년 SID에서는 본 방법으로 최고 3500 cd/m²의 백색 휘도와 4lm/W의 고효율을 달성하였다는 보고가 있었다.^[2] 이 방법의 경우, [그림 3]에서와 같이 Xe의 부분압이 증가할수록 높은 방전 유지 전압에서 고효율 및 고휘도 특성을 보이며 이런 특성의 원인에 대한 분석으로서 Xe 함량이 증대함에 따라 방전 셀 내부에서 이온의 이동도가 감소하고 이로 인해 음극 주변에 폭이 좁고 강한 sheath가 발달하며, 이 국부적으로 발달된 sheath에서 Ne 이온의 의한 이차전자 방출계수가 증대하여 [그림 4]에서와 같이 전자 가열 효율(ρ_1)이 상승하는 것에 기인한 것으로 해석하는 결과를 본 연구실에서 보고한 바 있다.^[5] 특히, Xe의 부분압을 높이는 경우는 휘도와 효율이 동시에 상승하므로 향후 적극적인 활용이 기대된다.



[그림 3] Xe 함량에 따른 효율 특성



(a)



(b)

[그림 4] Xe 함량에 따른 전자 가열 효율(ρ_1)과 여기효율(ρ_2), (a) 저압 조건 및 (b) 고압 조건

2. 명암비 향상 기술

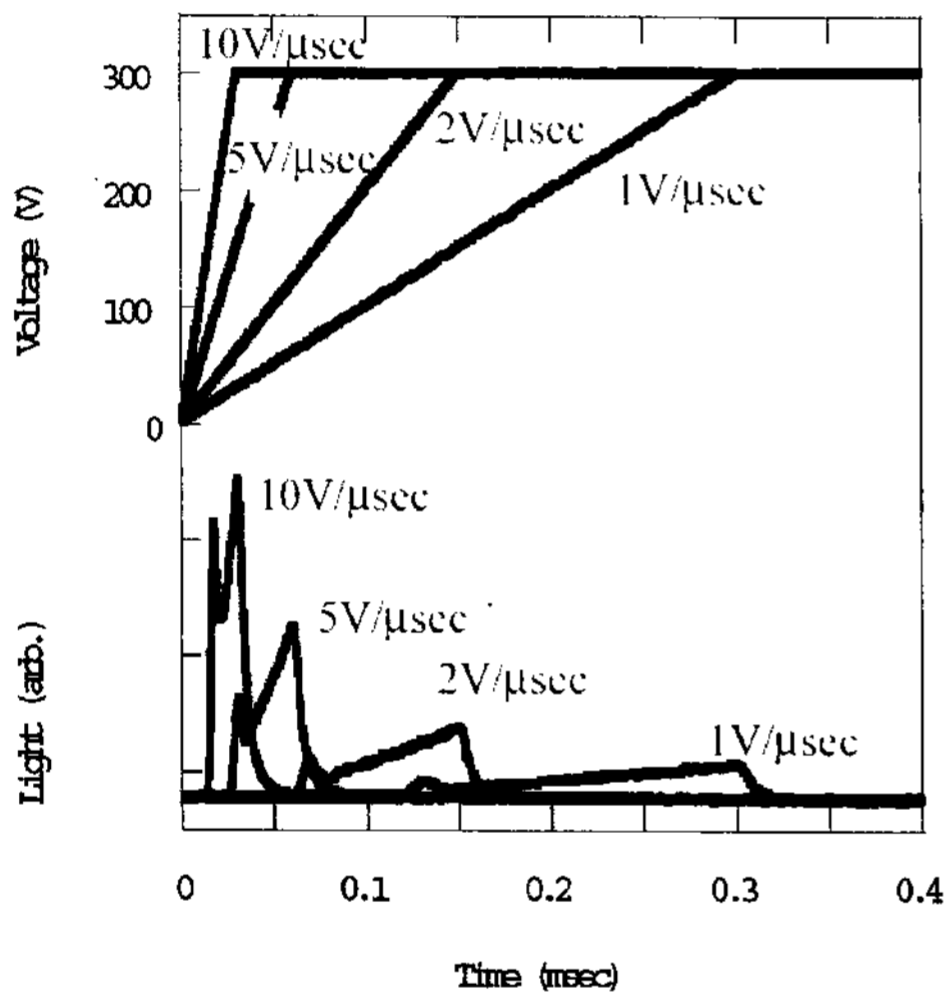
디스플레이의 화질에 있어서 휘도 다음으로 중요한 항목이 명암비로 선명한 화면을 얻기 위해서는 높은 명암 및 암실 명암비가 요구된다. PDP의 셀 내부의 발광을 구동법과

연계하여 살펴보면 [그림 1]에서 살펴본 바와 같이 초기화 기간, 기입 기간 그리고 방전 유지기간에 있어서 모두 방전에 의한 발광이 발생함을 알 수 있다. 그러나 상기 발광 중에서 영상의 계조 표현과 관련이 있는 광은 방전 유지 기간에 발생하는 광으로 나머지 광은 영상에 관계없이 배경광으로 나타나 PDP의 명암비를 저하시키는 원인으로 작용한다.

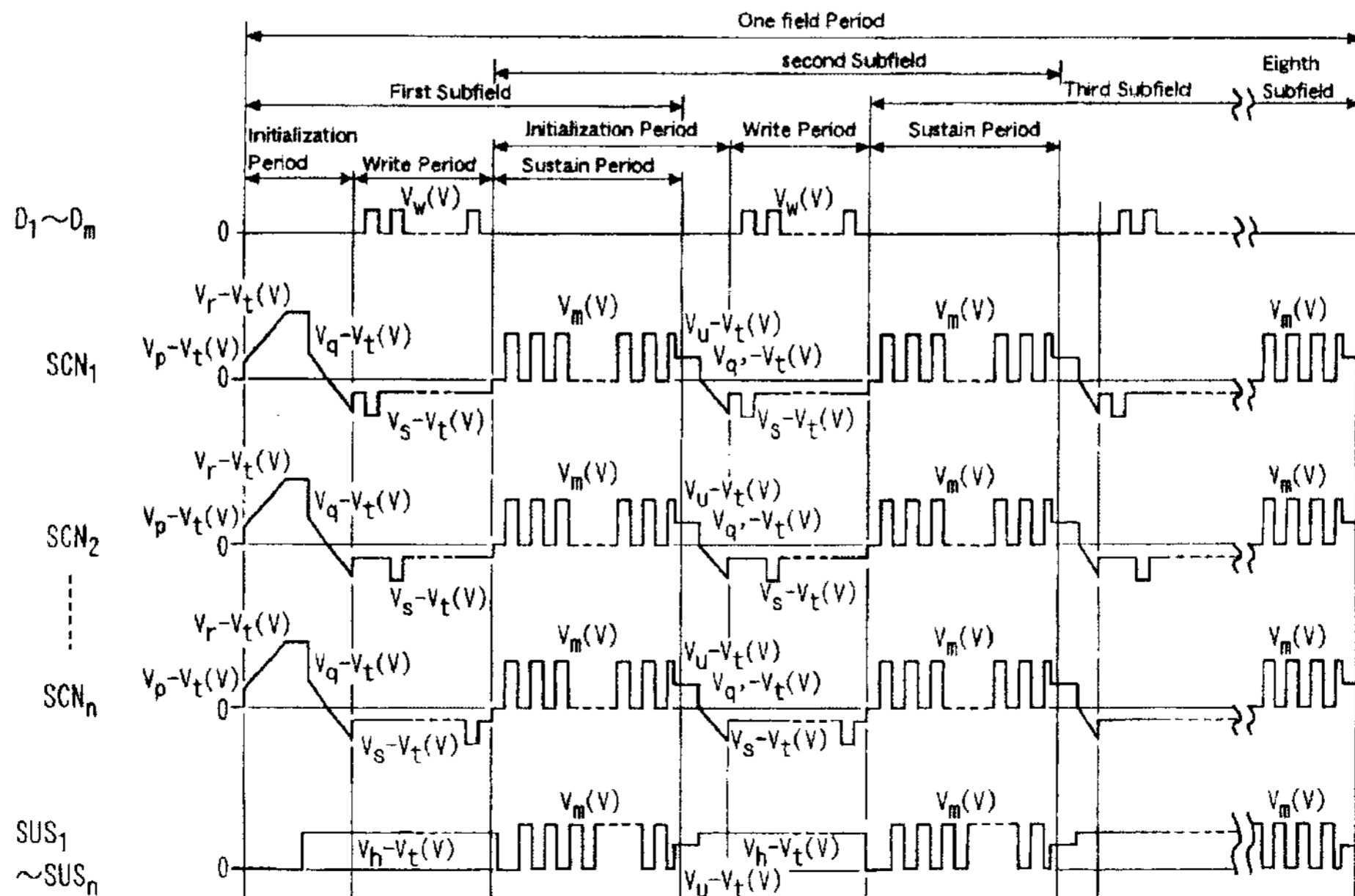
일반적으로 PDP에서 명암비를 높이기 위해 사용되고 있는 기술로는 격벽의 Black stripe 적용, 낮은 투과율의 전면 필터 사용, 화소별 color filter 채용 등의 방법이 있으며, 구동 기술 측면에서의 상기 배경광을 저감시키기 위한 기술로는 초기화 방전의 횟수를 저감하는 기술^[6]과 초기화 방전의 형태를 약방전으로 바꾸어 방전의 세기를 감소하는 방법으로 크게 나눌 수 있다.^[7] 초기화 방전의 횟수를 저감하는 경우는 매 서브 필드마다 초기화 방전을 실시하지 않고 1TV 필드에 대해 한번만 실시하는 기술이며, 초기화 방

전의 세기를 감소시키는 방법은 초기화 기간에 인가하는 전압파형을 펄스 형태가 아닌 서서히 전압이 증가하는 램프 형태의 전압을 사용하여 기존의 강방전 대신에 약방전을 연속적으로 일으키는 형태로 바꾼 것으로 램프 전압을 사용하는 경우에 있어서는 [그림 5]와 같이 약방전을 통해 패널의 전 셀을 초기화 시켜주기 때문에 기존 방법에 비해 벽전하 형성에 유리하여 안정적으로 패널을 구동시킴과 동시에 명암비를 크게 개선시킬 수 있어 현재 많은 업체에서 램프 파형을 인가하는 방식을 채택하여 사용하고 있다. 또한 최근에는 램프 전압의 초기화를 [그림 6]에서와 같이 1TV 필드의 초기에만 실시하여 암실 명암비를 3000 : 1 수준까지 높은 결과도 보고되었다.^[8]

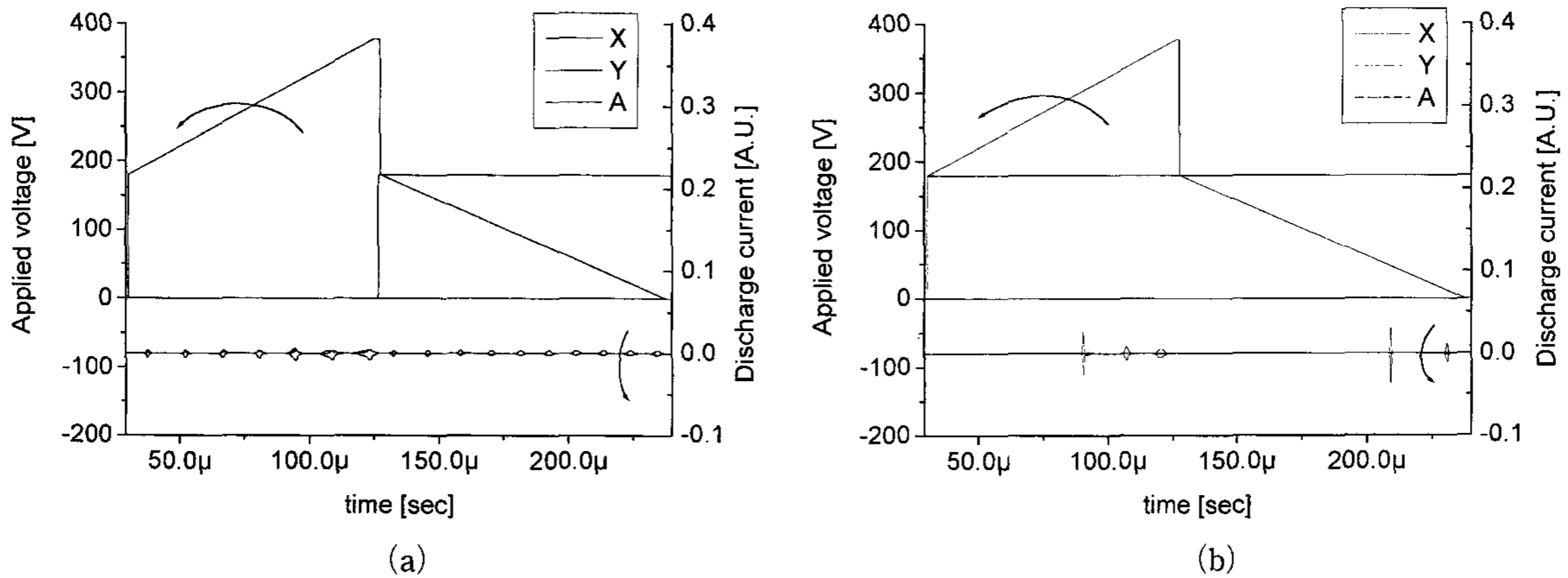
본 연구실에서도 초기화 기간의 램프 펄스의 방전 특성을 분석한 결과, [그림 7(a)]에서와 같이 초기화 기간의 방전이 스캔 전극(Y)과 방전 유지전극(X)간의 방전과 스캔 전극(Y)과 어드레스 전극(A)간의 방전으로 나누어지는 것을 관찰하였으며, 이 중, 어드레스 방전 관점에서 보면 스캔 전극(Y)과 어드레스 전극(A)간의 방전은 이어지는 기입기간의 방전을 위한 벽전하 형성을 위해 꼭 필요한 반면 스캔 전극(Y)과 방전 유지전극(X)간의 방전은 불 필요하게 많이 일어나는 것에 주목하여, [그림 7(b)]와 같이 초기화 기간 중에 방전 유지전극에 바이어스 전압을 인가하여 스캔 전극(Y)과 방전 유지전극(X)간의 방전을 최대한 억제하여 배경광을 줄이고자 하였으며 상기 구동 파형을 적용하는 경우, [그림 8]에서와 같이 기존에 보고된 3000 : 1에 필적하는 높은 명암비를 얻을 수 있음을 확인하였다. [그림 8]에서 볼 수 있듯이 램프 펄스를 1TV 필드에 대해 한번만 인가한 경우의 배경광이 약 0.1cd/m²인 반면 바이어스 전압을 인가하는 경우는 램프 펄스를 매 SF마다 인가하는 경우에 있어서도 약 0.04cd/m²에 해당하는 낮은 배경광 특성을 얻을 수 있었다.^[9]



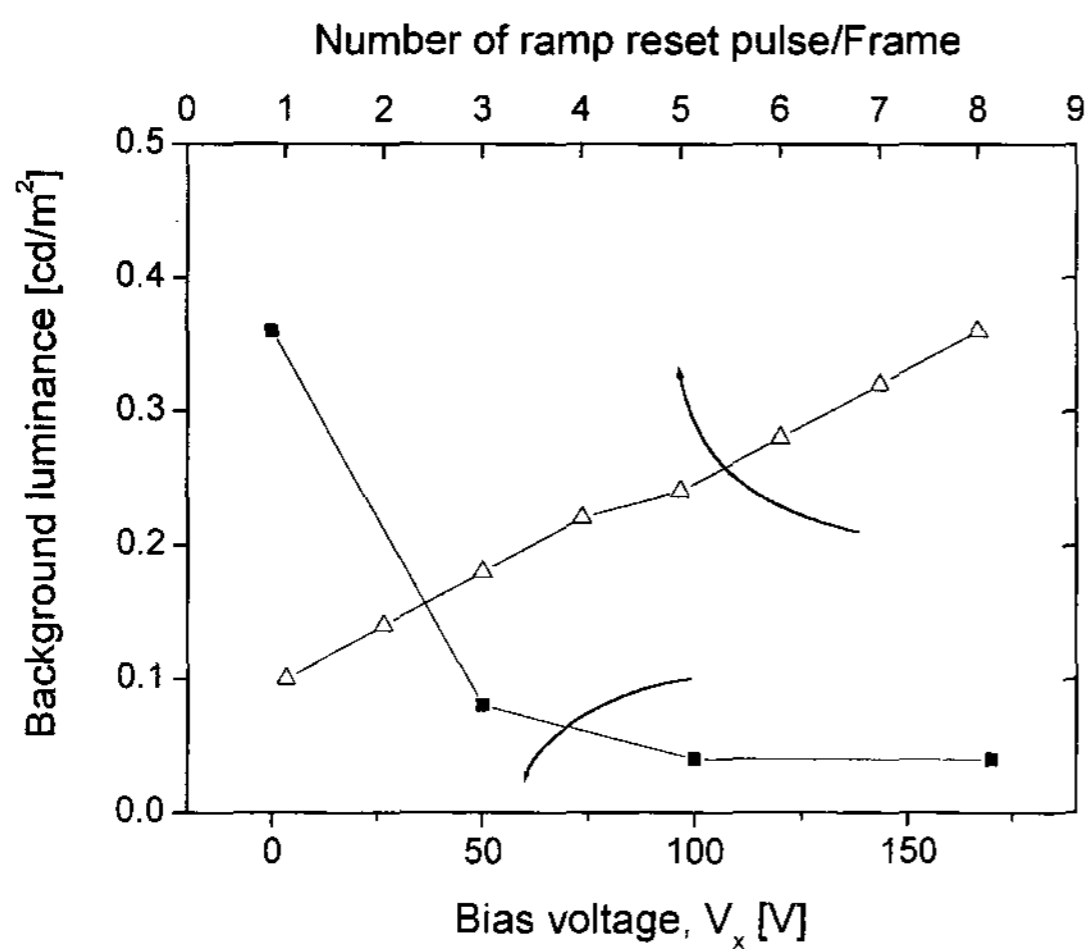
[그림 5] 램프 파형의 기울기에 따른 발광휘도 특성



[그림 6] 고 명암비 3000 : 1을 달성한 구동 파형 예



[그림 7] 초기화 기간중 바이어스 전압 효과를 시뮬레이션 한 결과 (a) 종래의 램프 파형, (b) 바이어스 전압을 인가한 경우



[그림 8] 램프 펄스 인가횟수와 바이어스 전압에 따른 배경광 특성



[그림 9] 의사윤곽의 예

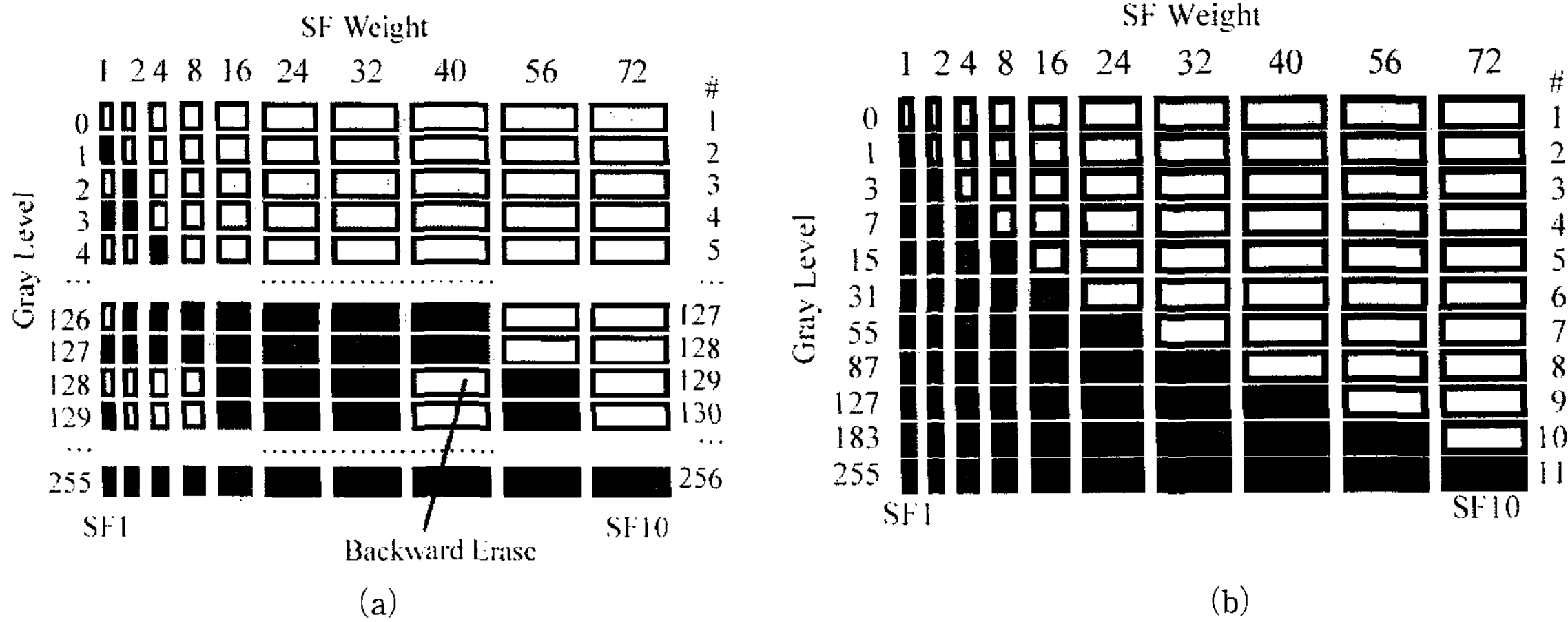
3. 동화 의사 윤곽 저감 기술

일반적으로 PDP의 계조 표현을 위해서는 1 TV 필드에 해당하는 시간을 최소 8개의 방전 횟수의 가중치(1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128)를 가진 서브필드로 분할하고, 이를 적절히 조합하여 휘도를 표현하는 방식이 사용되고 있다. 이 방식은 정지 화상을 표현하는데 있어서는 우수한 특성을 나타내지만 관측자의 시점이 이동하는 경우에는 화상이 왜곡되는 현상을 발생시킨다.¹¹⁰⁾ 이를 동화의사윤곽(dynamic false contour)이라고 하는데 이는 화소의 발광시간, 시점의 이동 속도, 발광의 시간적 비동시성에 의존하는 현상으로 완만히 휘도가 변하는 영역에서 아래 [그림 9]와 같은 눈에 띄는 계조 및 색의 왜곡으로 나타나게 된다.

이런 화질의 저하를 줄이기 위하여 제안된 기본적인 방법은 이미지에 대한 정보 없이 서브필드에만 조작을 가하는 방법이다. 일례로 서브필드의 개수를 늘리는 방법이 있는데 이것은 큰 가중치를 가진 서브필드를 몇 개로 쪼개어 휘도 변화에 대한 서브필드 구성의 변화를 줄이는 것이다. 예를 들어 서브필드를 12개(1 2 4 8 16 32 32 32 32 32 32 32)로

늘릴 경우 127에서 128로의 휘도 변화가 있을 경우, 127은 1+2+4+8+16+32+32+32이고 128은 32+32+32+32이므로 표현되어 서브필드의 변화는 31, 32에서 일어나지만, 8개의 서브필드를 사용할 경우 각각 1+2+4+8+16+32+64와 128로 표현되게 되어 서브필드 구성의 변화폭이 커진다. 일반적으로 서브필드 수를 늘릴수록 의사윤곽은 줄일 수 있지만 각 서브필드별 데이터 인가 시간이 같이 늘어나기 때문에, 필연적으로 이 방법은 휘도의 저하를 초래하게 된다. 그래서 서브필드의 수는 최소로 하면서 그 순서를 적절히 배치해 의사윤곽량을 줄이는 방법이 모색되었다. 서브필드의 순서는 크기 순의 배치보다는 8개 서브필드의 경우 (1 2 4 8 16 32 128 64)하는 식으로 가운데에 큰 서브필드를 배치하여 발광의 시간적 불균일성을 줄이면 의사윤곽의 가시성을 줄일 수 있다.¹¹¹⁾ 서브필드 개수가 늘어나면 순서 선택의 폭은 더 넓어진다. 그리고 서브필드 배열 순서를 이웃 픽셀 서브필드 배열 순서의 역순이 되도록 배치해 반대의 의사윤곽이 발생하게 함으로써 의사윤곽의 가시성을 줄이는 방법 또한 알려져 있다.¹¹²⁾

그 외에 서브필드 개선의 시간적 비선형성을 없애기 위해 표현가능 휘도 단계를 줄이고 발광의 선형성을 취하는 방법



[그림 10] 의사운곽 개선을 위한 서브필드 개선의 예

이 있는데, [그림 10]의 왼쪽 방식은 256단계 계조를 모두 구현하지만 127/128과 같은 1의 휘도 변화에도 서브필드 구성의 변화가 커서 의사운곽이 발생하게 된다. 하지만 오른쪽 그림의 방식의 경우, 휘도가 커지면서 1TV 필드의 시작부터 선형적으로 발광 시간이 늘어나는 방식이라 의사운곽의 발생이 거의 없다. 하지만 이 경우 표현 가능한 계조 수가 11개로 제한되게 되어 주위 픽셀이나 다음 프레임으로 오차를 확산시키는 등의 방법으로 근사적인 휘도 표현을 해야 한다.^[13] 다음으로 이미지의 휘도 정보를 이용하여 의사운곽의 발생장소와 양을 예측하여 적절한 조작을 가해 원 화상과 시각적 화상의 밝기를 동등하게 하는 방법이 있다. 의사운곽은 서브필드 구성이 휘도 변화에 비해 급격하게 일어날 경우 발생하므로, 화상의 휘도 정보에서 서브필드 구성을 추출해 가중치가 큰 서브필드의 변화가 일어나는 장소를 체크하면 의사운곽이 일어날 장소를 알 수 있다.

[그림 11]은 12개의 서브필드(1 2 4 8 16 32 32 32 32 32 32 32)를 사용할 경우에 이웃픽셀과 비교해서 가장 큰 서브필드인 32의 변화가 있는 픽셀을 체크한 것으로, [그림 9]의 의사운곽의 발생 위치와 잘 부합하는 것을 알 수 있다. 이렇게 표시된 픽셀의 움직임을 개별적으로 살펴서 속도에 따라 적절한 휘도의 변화를 가해주어 시각적 화상을 원화상과 동등하게 만들 수 있다. 비슷하게 여러 방식으로 서브필드



[그림 11] 의사운곽이 일어날 장소 예측

[표 1] 12개 서브필드에 기초한 encoding으로 바꾼 휘도값

표준 8bit로 나타낸 휘도	12bit 코딩 값	해당 12bit 비디오 레벨
127(01111111)	000011111111	255
128(10000000)	000111100000	480

드 구성에서 정보를 추출하여 그것을 의사운곽 저감처리에 이용하는 방법이 있다. 일례로 8 bit로 오는 정보를 서브필드 개수에 따라 아래의 [표 1]과 같이 새로 2진 코딩을 하여 그 결과가 서브필드 변화를 반영할 수 있도록 하는 방법이 있다.

위 표는 (1 2 4 8 16 32 32 32 32 32 32 32)의 12개 서브필드를 사용한 값으로 바뀌서 휘도 변화는 128-127=1이지만 12 bit로 코딩했을 때는 480-255=225의 차이가 나게 함으로써 의사운곽이 일어날 것으로 예상되는 곳을 통상의 edge detection으로도 추출할 수 있도록 한 것이다.^[14] 이 같은 방법을 이용해 화상으로부터 정보를 추출해 서브필드와 휘도를 적절히 조작하면, 의사운곽을 상당 부분 없앨 수 있지만, 조작에 필요한 정보추출이 비교적 복잡해 시간이 걸리기 때문에 입력화상에 의존하는 의사운곽 저감 방안에 대해서는 많은 개선이 필요하다. 본 연구실에서는 모션 벡터를 구하는 데에 계산시간이 많이 소요되는 기존의 방법을 개선하고, 의사 운곽이 발생할 것으로 예측되는 장소에 등화 펄스를 인가하는 방향으로 연구가 진행되고 있다.

III. 결 론

현재의 PDP의 화질은 당초 개발초기에 목표로 한 성능에는 이미 도달한 상태이며, 지금부터는 동급의 타 디스플레이와 비교할 때 비교 우위에 설수 있는 방향으로 개발을 진행되어야 하며, 기존의 PDP의 광시야각이나 고속응답 특성 등은 이미 더 이상 LCD TV에 대해 비교 우위 항목들이 되지 못하기 때문에 각각의 화질 항목에 대해 더 우수한 특성을 나타내도록 지속적인 연구개발이 필요하다.

이에 본 글에서는 PDP의 화질에 대해 휘도 향상 기술과 명암비 향상 기술 그리고 동화 의사 윤곽 노이즈 저감기술을 중심으로 최근 기술 동향 및 본 연구실에서 개발된 기술에 대해 간략히 살펴보았다. 이 외에도 PDP의 화질을 개선하기 위해서는 PDP에 사용되어지는 형광체의 효율 및 잔광 특성 개선, 색온도 개선을 위한 전면 필터 개발, 화상 신호 처리 기술 개발 그리고 고해상도 대응을 위한 고속 구동 기술 등과 같은 분야의 지속적인 개선이 요구되며, 상기 분야에 대해 현재 학계 및 산업계에서 많은 연구가 진행되고 있어 장래에 PDP가 화질 측면에 있어 어느 디스플레이 소자보다도 뛰어난 특성을 보일 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] M. Kasahara, et al, SID99Digest, p158, (1999)
- [2] G. Oversluizen, et al, SID02Digest, p845, (2002)
- [3] G. Oversluizen, et al, Journal of Applied Physics, vol91, no.4, p2403, (2002)
- [4] G. Oversluizen, et al, IDW01Digest, p833, (2001)
- [5] IMT-2000 지원금 기술개발지원사업 2002년도 요약서, (2002)
- [6] K. Nunomura, et al, IDW97Digest, p499, (1997)
- [7] L. F. Weber, AsiaDisplay'98, p15, (1998)
- [8] 미국 등록 특허, 6294875, (2002)
- [9] J.S. Kim, et al, IMID2002, p199, (2002)
- [10] 황 기웅 외, 디스플레이 공학II, p110, 청범 출판사, (2000)
- [11] 황 기웅 외, 디스플레이 공학II, p123, 청범 출판사, (2000)
- [12] T. Shigeta, et al, SID98Digest, p287, (1998)
- [13] I. Kawahara, et al, SID99Digest, p166, (1999)
- [14] 대한민국 공개특허, 2002-0042844, (2002)