

기술 특 집

LCD 동화상 화질 개선 방법

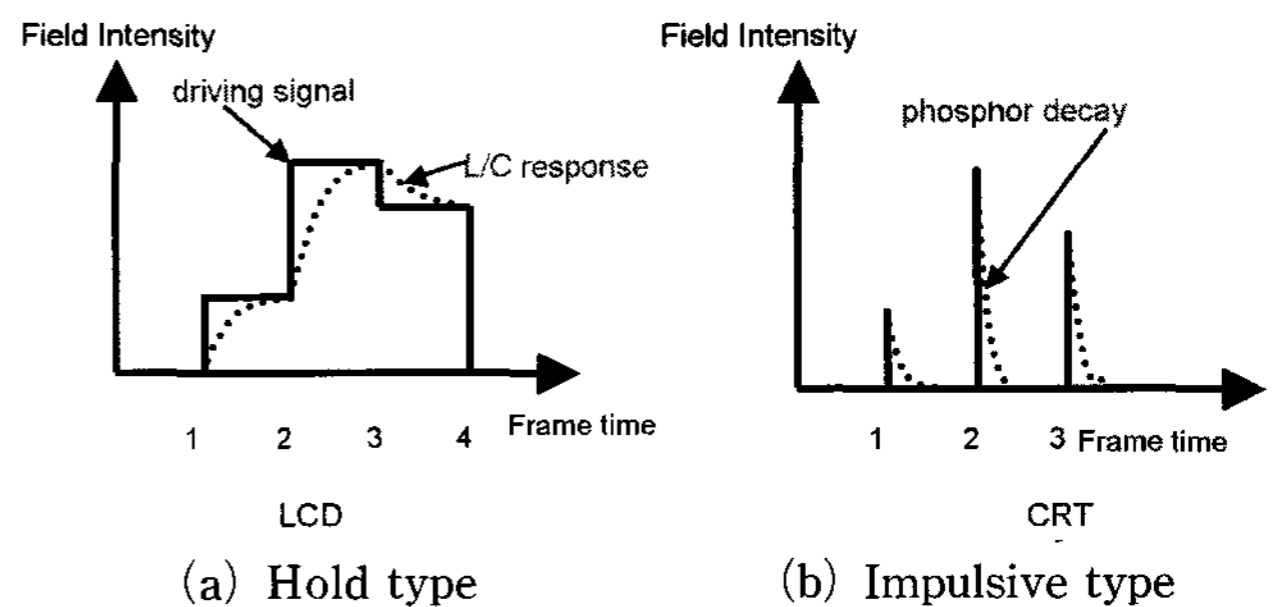
홍순광 (삼성전자 LCD총괄 개발실)

I. 서 론

최근에 평판 디스플레이(FPD)의 수요가 급증함에 따라 LCD의 응용범위가 노트북, 모니터뿐만 아니라 TV로 그 범위가 넓어지고 있다. 특히 이 전에는 불가능하다고 여겨져 왔던 80" 이상의 대형 TV까지도 LCD는 그 영역을 확대하고 있다^[1]. LCD는 CRT, PDP, Projection TV와 같은 다른 TV매체보다 해상도, 무게, 두께 등 여러 가지 점에서 우위를 보여 준다. 또한 CRT에서 문제점으로 지적되어 온 플리커(flicker) 문제는 LCD에서는 거의 인지되지 않는 수준이고 화질 측면에서는 매우 뛰어나다. 그 동안 LCD의 약점으로 알려져 온 시야각 문제도 sub-pixel구조를 사용하여 현재 CRT나 PDP와 유사한 수준까지 제공되고 있다^[2].

그런데 아직까지 LCD에서 동화상의 화질은 CRT의 수준에 미치지 못하는 것으로 알려져 있다. 그 이유는 본질적으로 LCD와 CRT가 서로 다른 구동방식으로 디스플레이하기 때문이다. CRT는 반응속도가 아주 짧은 phosphor의 반응을 이용하여 화상 데이터를 임펄시브(impulsive) 방식으로 디스플레이한다. 이 경우 움직이는 이미지 즉 동화상의 화질 특성은 매우 우수하다. 반면에 LCD의 경우 한 프레임 시간 동안 하나의 이미지 데이터를 계속해서 디스플레이하는 이른바 hold-type 디스플레이이다. 이 경우 정지화상의 경우는 플리커가 거의 없는 선명한 이미지를 제공하지만 동화상의 경우 화질이 뚜렷하지 않고 흐릿하게 보이는 이른바 motion blur 현상이 발생한다. 더욱이 LCD에서 액정의 반응속도는 느리기 때문에 상대적으로 빠르게 변하는 동화상의 화질은 더 문제가 된다. [그림 1]에서 이 두 가지 서로 다른 방식의 디스플레이의 구동방법을 간략히 표현하였다. 이 그래프에서 실선은 구동 데이터를 표현하고 점선은 실제 구현되는 데이터를 나타낸다. LCD에서는 액정의 느린 반응속도로 인해 구동되어야 하는 디지털 데이터가 어느 정도의 시간에 걸쳐 구현이 된다.

최근까지의 LCD의 동화상의 화질을 개선시키기 위해 개발된 방법은 액정의 반응속도를 줄이기 위한 방법을 중심으로 발전했으며, 이 방법은 매우 성공적이어서 IPS 또는 PVA



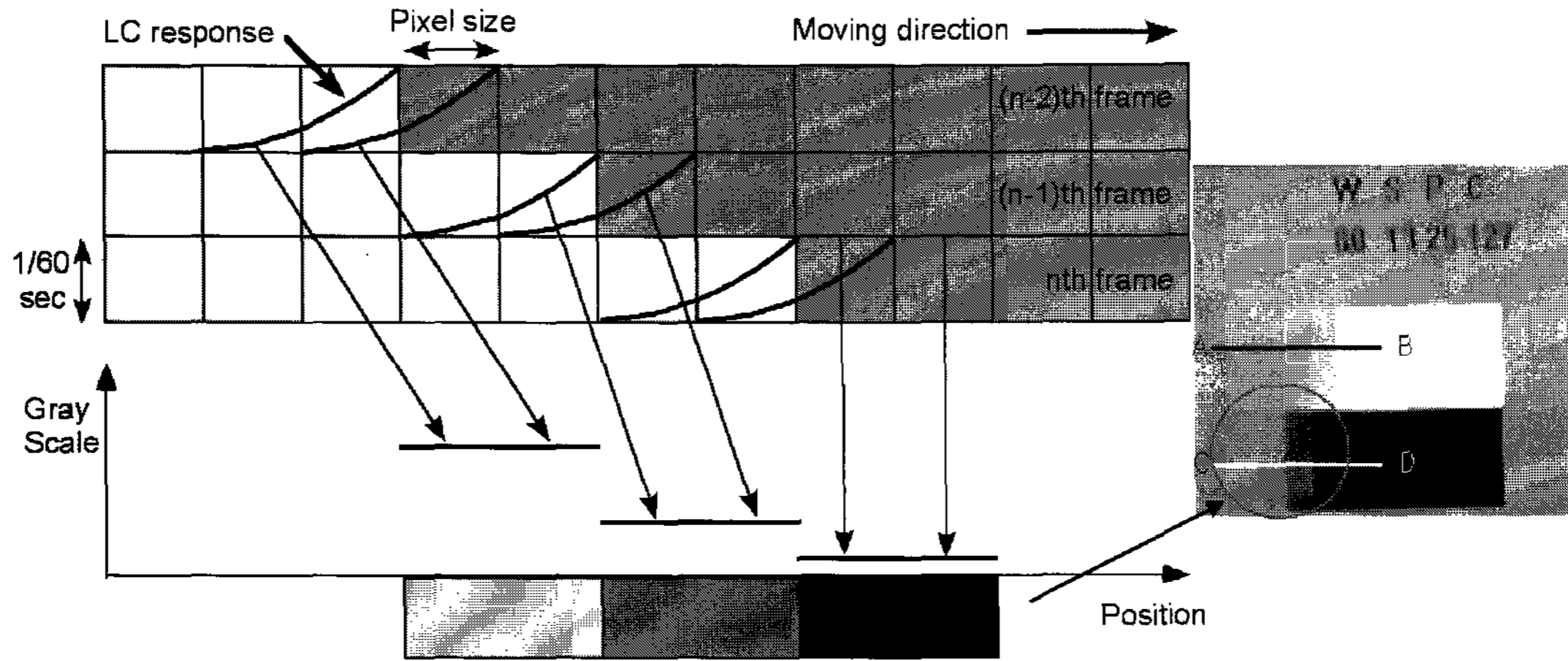
[그림 1] Hold-type과 임펄시브형 디스플레이 방법 비교.

의 액정 반응속도는 이제 gray-to-gray의 전이시간이 8 msec를 이룩하게 되었다. 이 방법은 over-driving 방법으로 일반적으로 알려져 있다^[3,4].

패널의 크기가 비교적 작은 모니터등에서는 액정의 반응속도의 향상으로도 동화상 화질의 증대 효과를 볼 수 있지만 대형 TV에서는 hold-type의 문제점이 더 두드러져 보인다. 그 이유는 사람의 눈이 쉽게 이미지를 따라 이동하게 되면 이 때 일어나는 시인적(eye-trace) 적분의 효과는 더 크다고 알려져 있다. 이 문제는 단순히 over-driving 방법으로는 해결할 수 없는 hold-type 디스플레이의 문제점이다^[5,6]. 최근에 이러한 hold-type의 단점을 개선하기 위한 임펄시브 구동 또는 배속구동 등의 몇 가지 방법들이 등장하게 되었다. 본 논문에서는 LCD의 동화상 화질의 문제점을 기술하고 동화상 화질을 개선할 수 있는 구동방법, 특히 hold-type디스플레이의 문제점을 제거하기 위한 기술을 중심으로 논의하고자 한다.

II. 액정의 반응속도감소 기술

LCD에서의 motion blur는 다음과 같은 두 가지 이유에서 발생한다: (1) 액정분자의 느린 반응속도, (2) hold-type의 구동 방법. 이 중 본 섹션에서는 액정의 느린 반응속도에



[그림 2] 느린 액정 반응속도에 의한 motion blur 현상.

의해 발생하는 motion blur의 메카니즘을 먼저 살펴 보자. 액정의 on-off 반응속도는 비록 한 프레임 시간보다 짧게 일어나더라도 움직임이 있는 동영상의 경우 끌림이 나타난다. 이는 시간 영역(time domain)에서의 느린 액정의 반응이 공간 영역(spatial domain)에서는 이미지의 끌림 현상으로 결과적으로 나타나기 때문이다. [그림 2]에서 이러한 끌림 현상을 개념적으로 나타냈다. 예를 들어 움직이는 이미지의 속도가 2 pixel/frame이고 액정의 반응속도가 2 프레임 시간이라면 2개의 서로 다른 gray 이미지가 실제 4 pixel에 걸쳐 이미지의 끌림으로 나타난다. 이때 첫 번째 부분의 끌림은 두 프레임 시간 전의 액정의 반응에 의해서 결정된 gray level에 의해 나타나고, 두 번째 끌림은 한 프레임 전의 시간의 액정의 반응에 의해서 나타난다. 끌림 이미지의 두께는 속도에 비례하여 2 pixel 넓이가 된다. 좀 더 빠른 움직임의 경우에는 끌림 이미지의 넓이가 증가하여 이미지의 blurring이 더 많이 보이게 된다. 그래서 순수한 시간적 motion blur는 단순히 이미지의 움직이는 속도와 액정의 반응속도의 곱에 비례하게 된다.

$$\Delta x = v \Delta t \tag{1}$$

이 때 Δx 는 시간적 motion blur의 정도를 길이로 (pixel 단위) 나타내며 v 는 움직이는 이미지의 속도 (pixel/frame), Δt 는 액정의 특정 gray에서 특정 gray로 전이할 때 걸리는 시간을 나타낸다. 물론 이 경우 끌림은 순순하게 액정의 느린 반응 속도만 고려한 경우이다.

이러한 시간적 motion blur를 줄이기 위해서는 액정의 반응속도를 빠르게 해 주어야 한다. 액정의 물질을 바꾸지 액정의 반응속도를 바꾸기 위해서는 새로운 구동방법을 사용해야 한다. 이러한 방법으로는 한 프레임 시간 동안만 원래의 제조 전압보다 높은 전압을 가해주는 over-driving 방법이 있다.

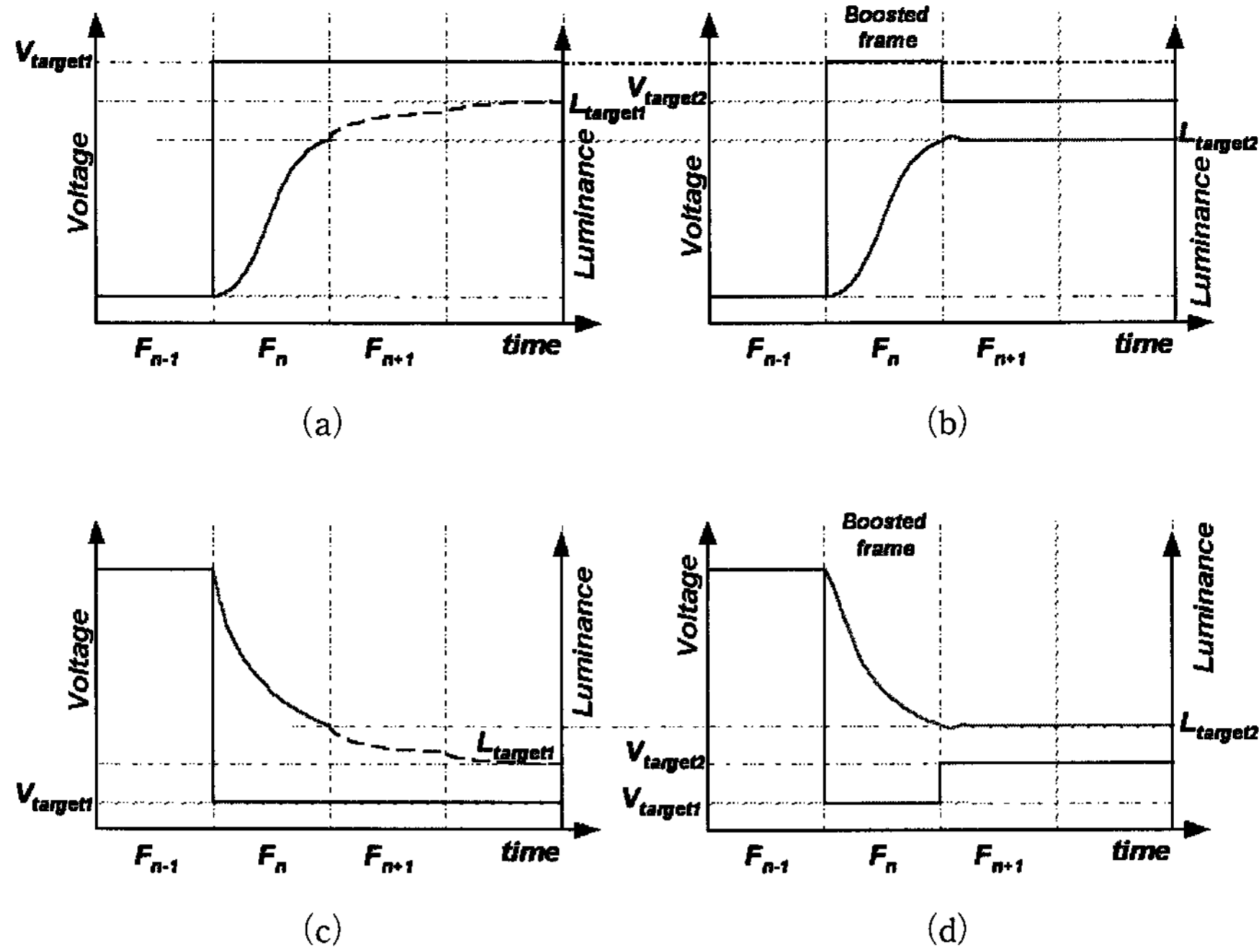
액정분자는 인가되는 전기장의 크기의 제공에 비례하는 회전력(torque)을 가지고 있으며 이를 수식화 하면 다음과 같다.

$$T = \frac{1}{2} (\epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp}) \epsilon_0 E^2 \sin(2\theta) \tag{2}$$

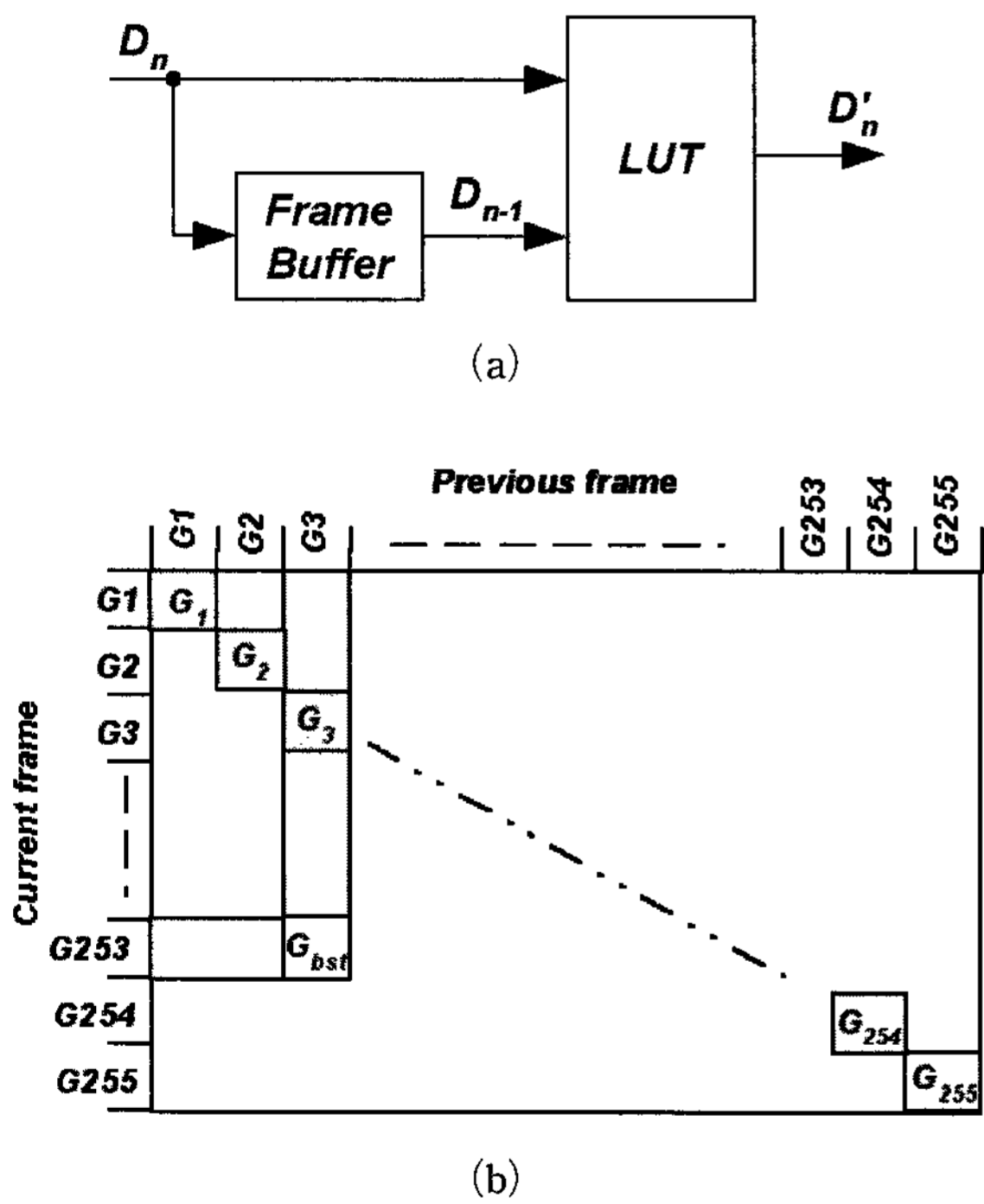
이 때 ϵ_{\parallel} 과 ϵ_{\perp} 는 각각 평행 또는 수직 방향의 액정 유전 상수이며 θ 는 액정의 방향자와 전기장과의 각도, 그리고 E 는 액정분자에 가해진 전기장의 세기이다. Over-driving을 이용한 응답 속도 개선은 액정의 반응이 인가 전압에 비례한다는 사실에 기초해서 이루어진다. 즉, 예를 들어 [그림 3](a)에 나타난 바와 같이 액정에 $V_{target1}$ 을 인가했을 때 디스플레이가 표시하는 luminance $L_{target1}$ 에 이르지만, 이때 걸리는 시간은 세 프레임 시간이 걸린다. 그러나 [그림 3](b)와 같이 원하는 레벨이 $L_{target2}$ 일 경우 한 프레임 시간 동안만 $V_{target1}$ 을 인가하고 다음 프레임에서 다시 $V_{target2}$ 로 인가하면, $L_{target2}$ 까지 이르는 시간은 한 프레임 시간만이 소요된다. 즉 곧바로 최종 전압을 인가하지 않고 한 프레임 시간에 한해서 한시적으로 더 높은 전압을 인가하게 되면, 액정은 최초 한 프레임 동안에는 [그림 3](a)과 같이 액정 반응 커브는 변화하여 프레임이 끝날 때쯤에 $L_{target2}$ 에 도달했다가 다음 프레임부터는 전압이 다시 원래 값인 $V_{target2}$ 로 복귀하므로 $L_{target2}$ 에 머무르게 된다. 이 구동 방법을 사용하면 결과적으로 원래의 액정 응답 곡선보다 훨씬 빠르게 원하는 luminance에 도달할 수 있다. [그림 3](c)와 (d)는 white에서 black으로 데이터가 변화하는 경우를 나타낸 것이다.

이와 같은 over-driving 구동을 회로적으로 구현하기 위해서는 여러 가지 방법이 있을 수 있겠지만 가장 간단한 방법은 한 프레임의 데이터를 저장하여 현재 들어오고 있는 데이터와 비교한 후 look-up table(LUT)을 이용하여 현재 프레임의 데이터를 바꿔 주는 것이다. 이를 [그림 4]에 나타내었다.

[그림 4](a)에서 프레임 버퍼(frame buffer)는 이 전 프레임의 데이터를 저장하여 현재 데이터와 비교할 수 있도록 해주며 LUT에서는 두 프레임간의 데이터의 차이를 계산하여 그에 해당하는 boost level을 출력하여 준다. [그림 4](b)는 LUT에서 두 프레임의 데이터가 만나서 하나의 boost level을 선택하는 과정을 보여 준다. 대각선에 위치한



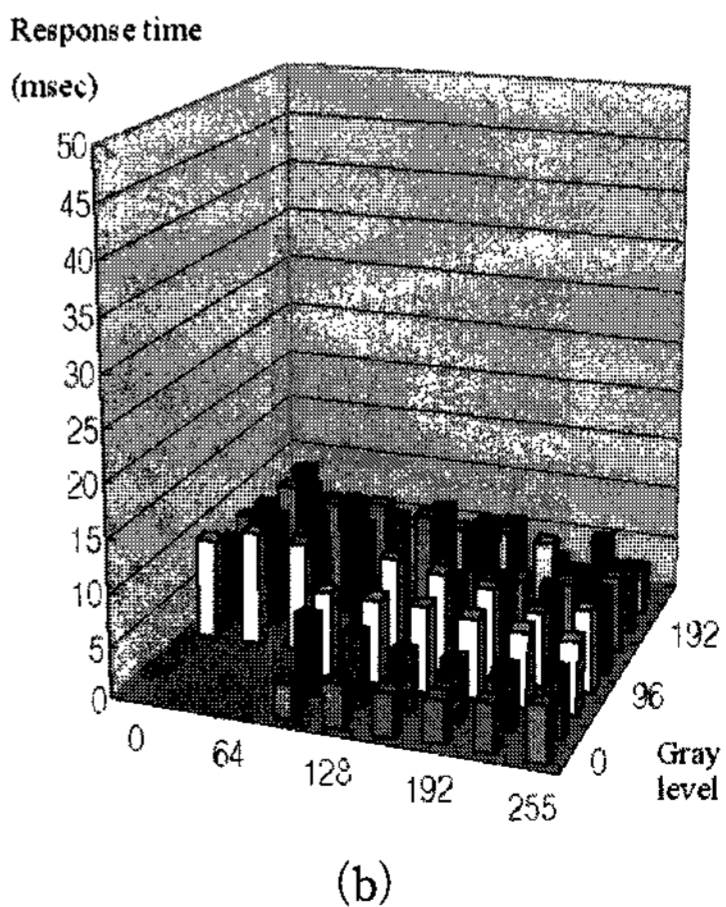
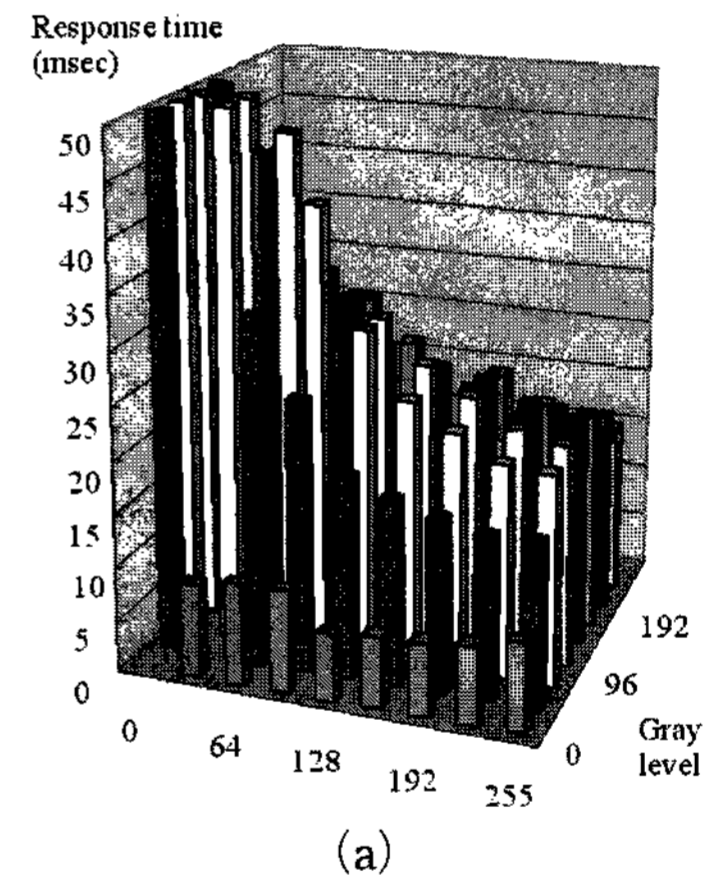
[그림 3] Over-driving 구동 방법. 상승 전이에서의 over-driving OFF 상태(a), ON 상태(b), 하강 전이에서의 overdriving OFF 상태(c), ON 상태(d).



[그림 4] LUT의 구조. (a) block diagram, (b) LUT값들.

셀들은 데이터와 동일한 값을 가지므로 정지 영상과 같이 두 frame간에 변화가 없을 때에는 over-driving 동작이 안 일어나게 된다.

이러한 over-driving 방법을 적용했을 때 [그림 5]는 액정의 반응시간이 얼마나 빨라졌는가를 보여준다. [그림 5] (a)는 over-driving 방법을 적용하지 않았을 때의 응답시간을 나타내며 [그림 5] (b)는 over-driving 방법을 적용했



[그림 5] 액정의 반응 시간 비교. (a) over-driving 방법을 적용하지 않았을 때, (b) over-driving 구동을 적용했을 때.

을 때의 측정 결과이다. 이 결과 대부분의 gray간의 전이는 8msec 이하를 유지하고 있음을 보여 준다.

III. Hold-type 디스플레이의 특성

앞에서 설명한 액정의 over-driving 방법은 액정의 전이가 시간 영역(time domain)에서 느리기 때문에 일어나는 motion blur를 제거하기 위한 것이다. 그런데 LCD에서는 순수한 hold-type 디스플레이 자체의 특성으로 인해 motion blur 현상이 일어나기도 한다. 이것은 공간주파수 영역에 따라서 사람 눈에서 일어나는 시인적 적분(eye-trace integration)이 발생하기 때문이다.

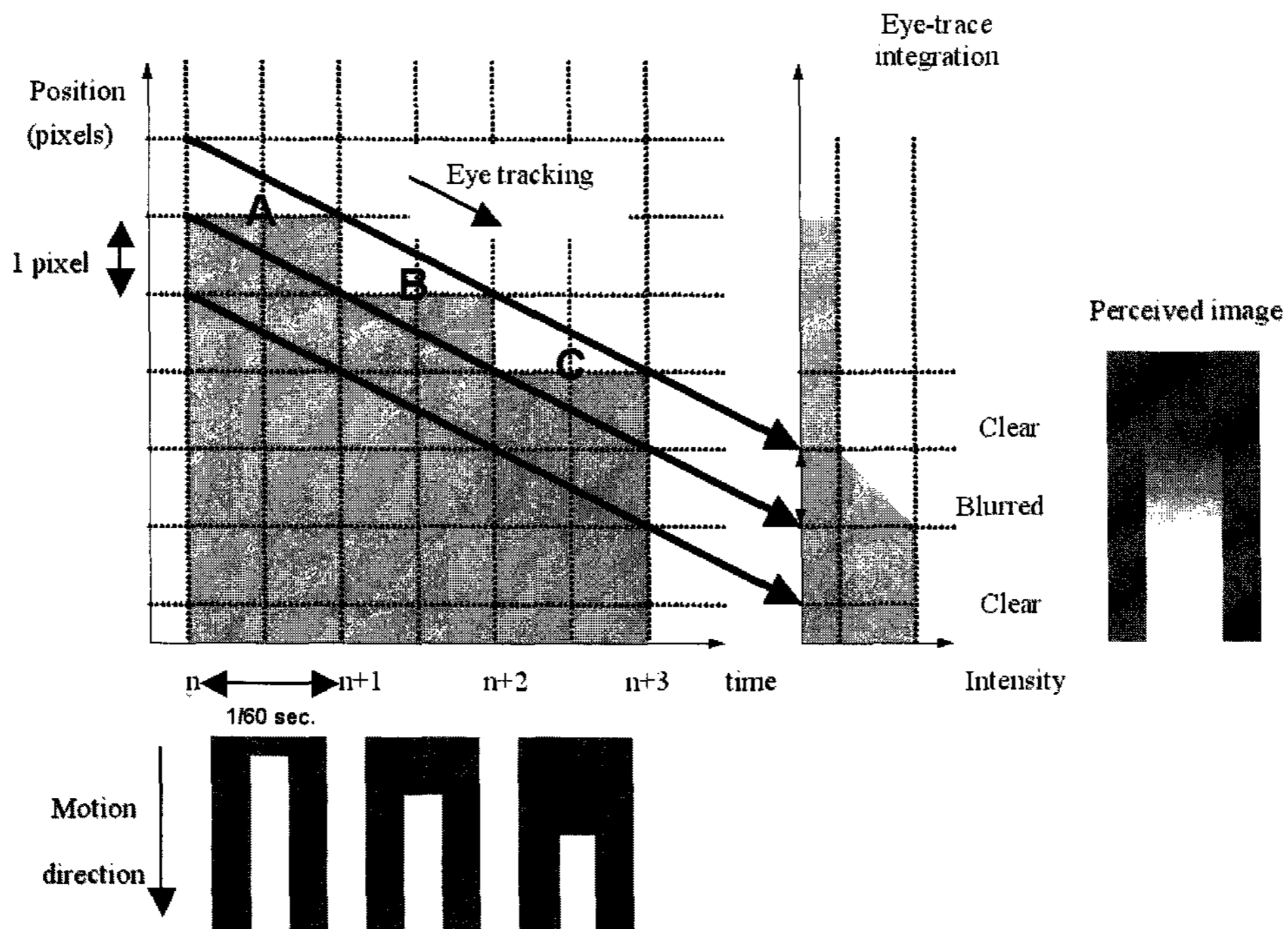
이러한 현상은 임펄시브구동을 하는 CRT에는 거의 인지할 수 없으나 hold-type에서는 인지가 쉽게 되며 이는 동화상 화질의 열화로 나타난다. 즉, 실시간으로 영상의 움직임 정보가 관찰자의 눈으로 수신이 계속되면 움직임이 선명한 영상 이미지가 인식이 되지만 LCD는 한 프레임시간 동안 한 번만 sampling하여 움직임 정보가 update되며, 이 때 그 sampling되는 시간외의 시간에서는 영상의 움직임 정보는 틀린 것이 된다. 이러한 잘못된 움직임 정보를 hold-type 디스플레이에서는 계속해서 디스플레이되는 구조를 가지고 있으므로 시인적으로 motion blur가 인식된다. 이는 액정의 반응속도가 0인 상태에서도 나타나는 순수한 hold-type 디스플레이의 특성이다.

예를 들어 어떤 이미지가 1 pixel/frame으로 움직일 때 LCD에서는 한 영상이 한 프레임시간 동안 계속해서 유지되며 다음 프레임에 비로소 움직임 정보가 update는 된다고

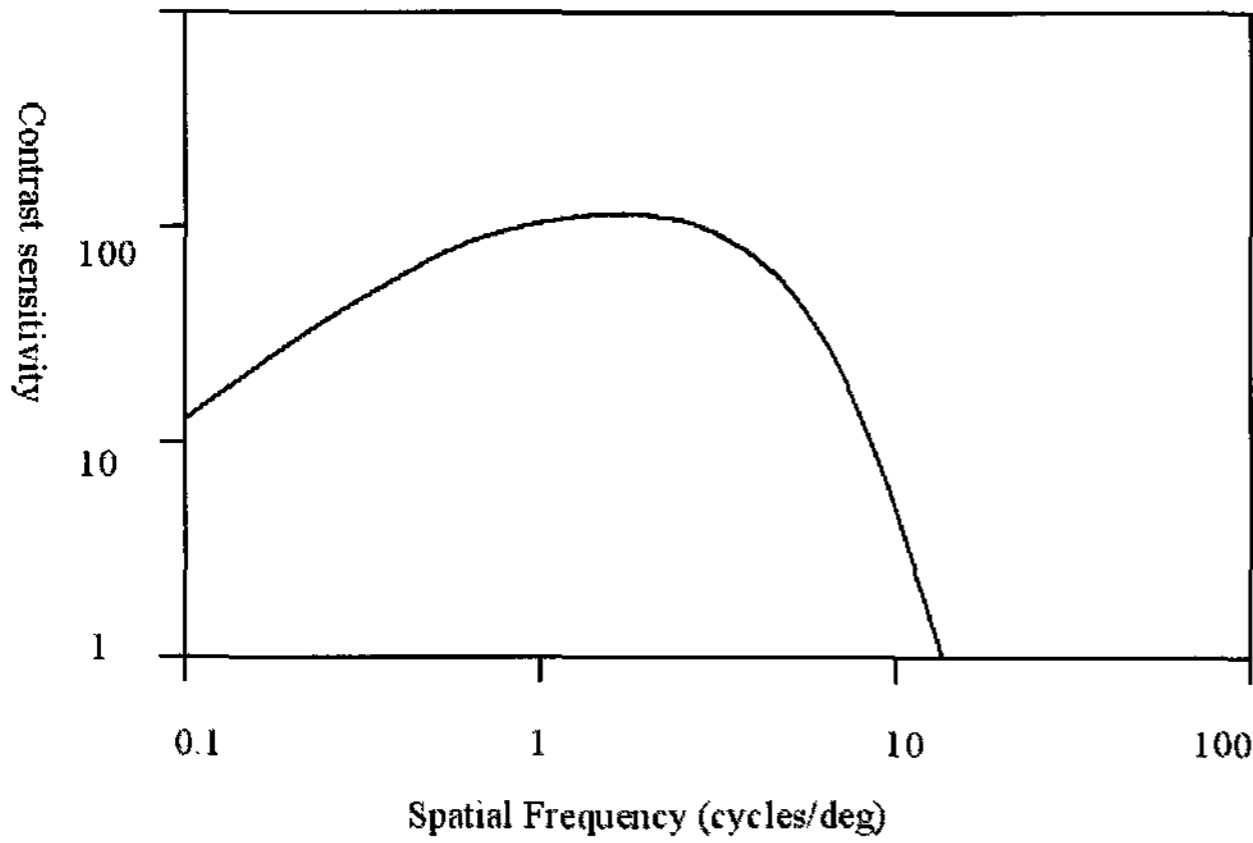
하면, 실제 사람은 두 정보가 연속된 시간에서의 움직임의 정보로서 인식하게 되어 결과적으로 사람 눈에서 적분되는 영상은 흐릿한 영상이 되어 인식되게 된다. 이러한 원리는 eye-trace integration으로 잘 설명되며 [그림 6]에 이 적분원리를 나타내었다.

[그림 6]에서 n번째 프레임 시간에서는 A의 위치에 있고 n+1시간에는 B 위치, 그리고 n+2는 C의 위치로 이미지가 움직인다고 하면 실제 관찰자의 눈은 이 이미지들을 따라 움직이며 (eye-tracking) 관찰자는 그것들의 적분한 이미지로 인식한다. 그래서 A, B, C들의 이미지가 모두 다 적분될 경우 선명하게 보이지 않고 흐릿한(blurred) 부분이 인식된다. 실제 영상과 사람 눈이 인지하는 영상의 움직임 정보의 이러한 불일치는 다른 디스플레이 형태인 PDP와 color sequential projection TV에서도 일어나는 현상이며, PDP에서는 의사 윤곽(false contour)으로 나타나며 color sequential projection TV에서는 R, G, B 색이 실제 그 시간에서의 위치와 일치되지 않는 color break-up 현상으로 나타난다.

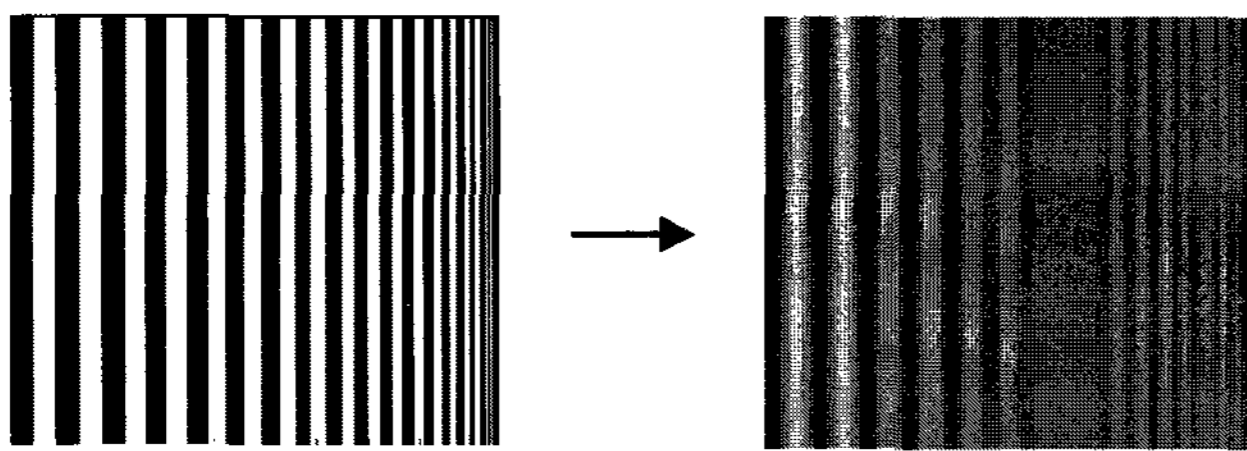
LCD와 같은 hold-type 디스플레이는 동영상에서 공간주파수(spatial frequency)가 높은 영상 정보에서 특히 많은 문제점을 나타낸다. 사람 눈의 시각적 특성은 기본적으로 low-pass filter이다. 이 때 공간 주파수에 대한 영역별 특성 감도를 표현하면 [그림 7]과 같다. 이 때 이러한 low-pass filtering은 hold-type의 디스플레이로부터 나오는 영상 이미지의 경우 높은 공간주파수 영역을 거의 관찰자가 인식하지 못하게 한다. 또한 공간 주파수영역이 낮은 부분이라도 움직임이 빠를 경우 관찰자는 역시 인식하기 어렵다. 공간 주파수 영역에 따른 움직임에 대한 시뮬레이션 결과는



[그림 6] Hold-type 디스플레이에서 일어나는 motion blur 현상.



[그림 7] 사람 눈의 contrast sensitivity 함수.



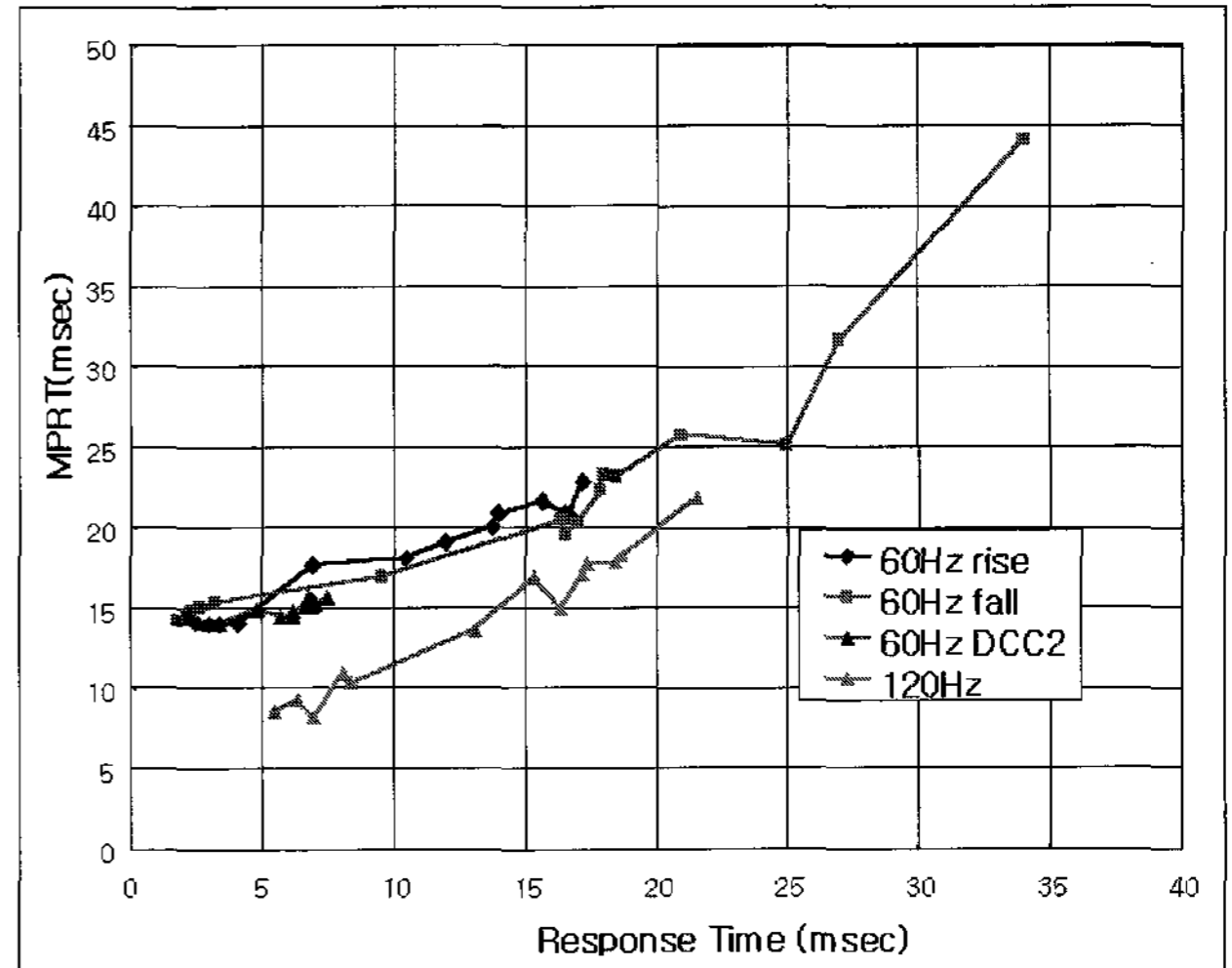
(a) Original image (b) Perceived image

[그림 8] Hold-type 디스플레이에서 12 pixel/frame으로 움직이는 이미지의 시뮬레이션.

[그림 8]에 나타나 있다. 이 시뮬레이션에서 알 수 있듯이 이미지가 특정 속도로 움직일 경우 공간주파수가 높수록 motion blur현상은 심해지며 특정 공간 주파수 영역에서는 전혀 인지할 수 없는 영역도 있게 된다.

IV. Hold-type 디스플레이에서의 motion blur 감소 기술

LCD에서 motion blur를 제거하기 위해서는 여러 가지 방법이 있다. 대표적인 방법들로는 1) 더 빠른 반응속도를 가진 액정의 사용 또는 over-driving 방법, 2) 이미지와 이미지 사이에 블랙 데이터 삽입 또는 backlight blinking 등을 이용한 임펄시브 구동 방법, 3) 프레임 배속 구동 등이 있다. 이 중에서 액정의 반응속도는 현재 over-driving 기술을 통해서 gray-to-gray 전이 시간은 8msec 이하로 구현할 수 있으며 또한 optically compensated birefringence (OCB) mode 등과 같은 새로운 액정물질을 통해 5msec 이하의 반응속도의 구현도 가능하다. 그러나, 이와 같은 빠른 반응속도를 가진 액정을 적용하고 over-driving 방법을 사용하더라도 시간적 motion blur만을 감소시킬 수 있고 hold-type 디스플레이에서 오는 motion blur는 두 번째와 세 번째와 같은 방법으로만 해결할 수 있다. [그림 9]에 실제 실험 결과를 나타내었다. 이 그림에서 세로축은 motion blur의 정도를 나타내며 그 값이 클수록 motion blur가 많



[그림 9] motion blur와 액정 반응속도의 측정.

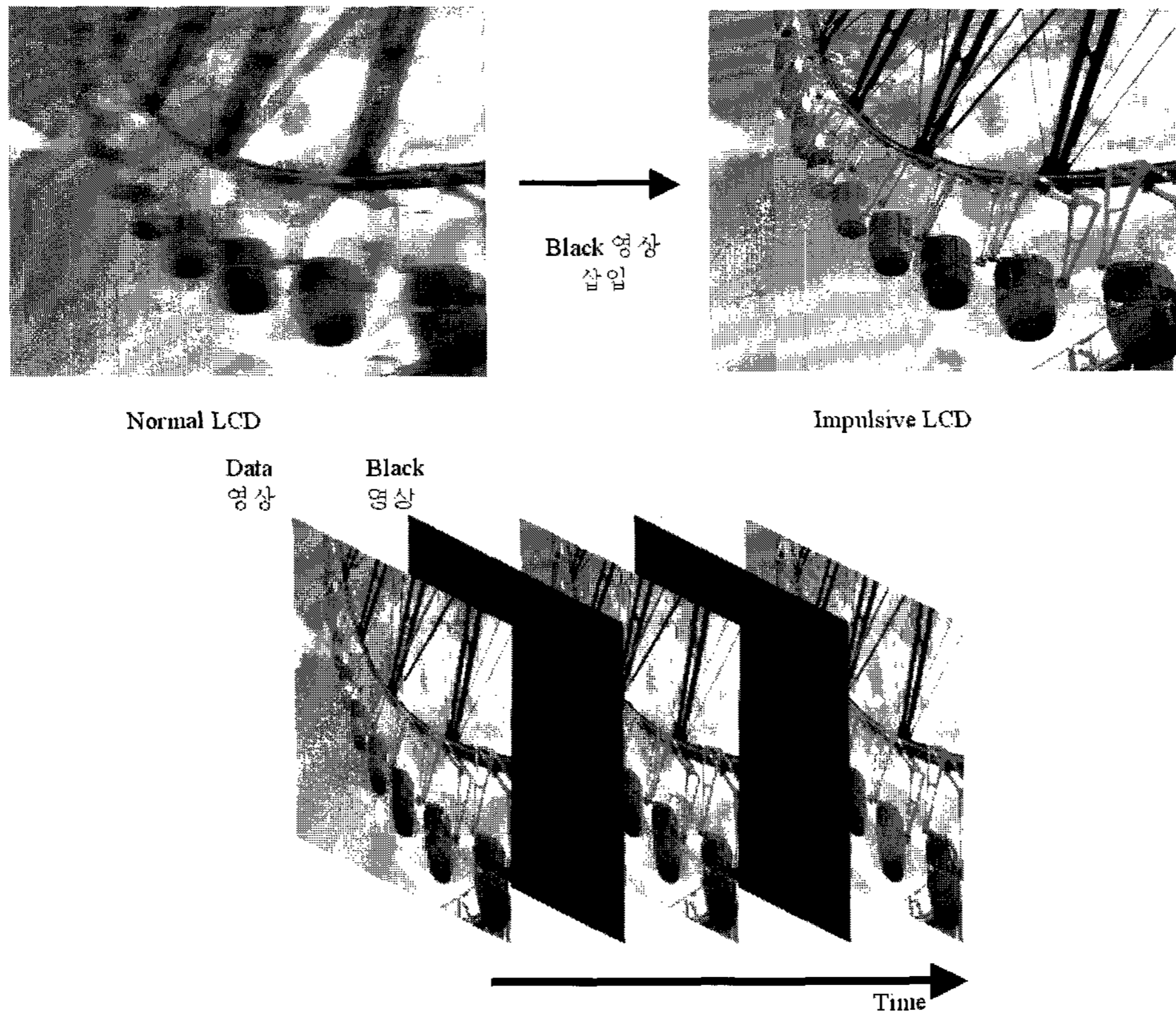
음을 나타낸다. 즉, 어느 특정 반응속도 이하(대략 6~7 msec)에서는 액정의 반응속도의 감소만으로는 motion blur를 감소시킬 수 없고 임펄시브 구동 또는 120 Hz 구동과 같이 LCD의 hold time을 줄일 경우에만 motion blur를 감소할 수 있음을 나타낸다.

두 번째 방법은 CRT에서 적용하고 있는 임펄시브 구동을 LCD에서 구현하여 LCD의 CRT와 같은 화질을 만들기 위한 것이다. 이 방법을 LCD의 control 신호의 변화 만으로도 구현이 가능하다. 세 번째 방법은 현재 사용하고 있는 60 Hz refresh 방식이 아닌 90 Hz 혹은 120 Hz와 같은 고주파 구동을 하는 것이다. 이 경우 관찰자의 눈에 적분되는 이미지의 움직임 정보가 1.5배 혹은 2배로 증가 하게 되어 인식되는 motion blur는 현저히 줄어들게 된다.

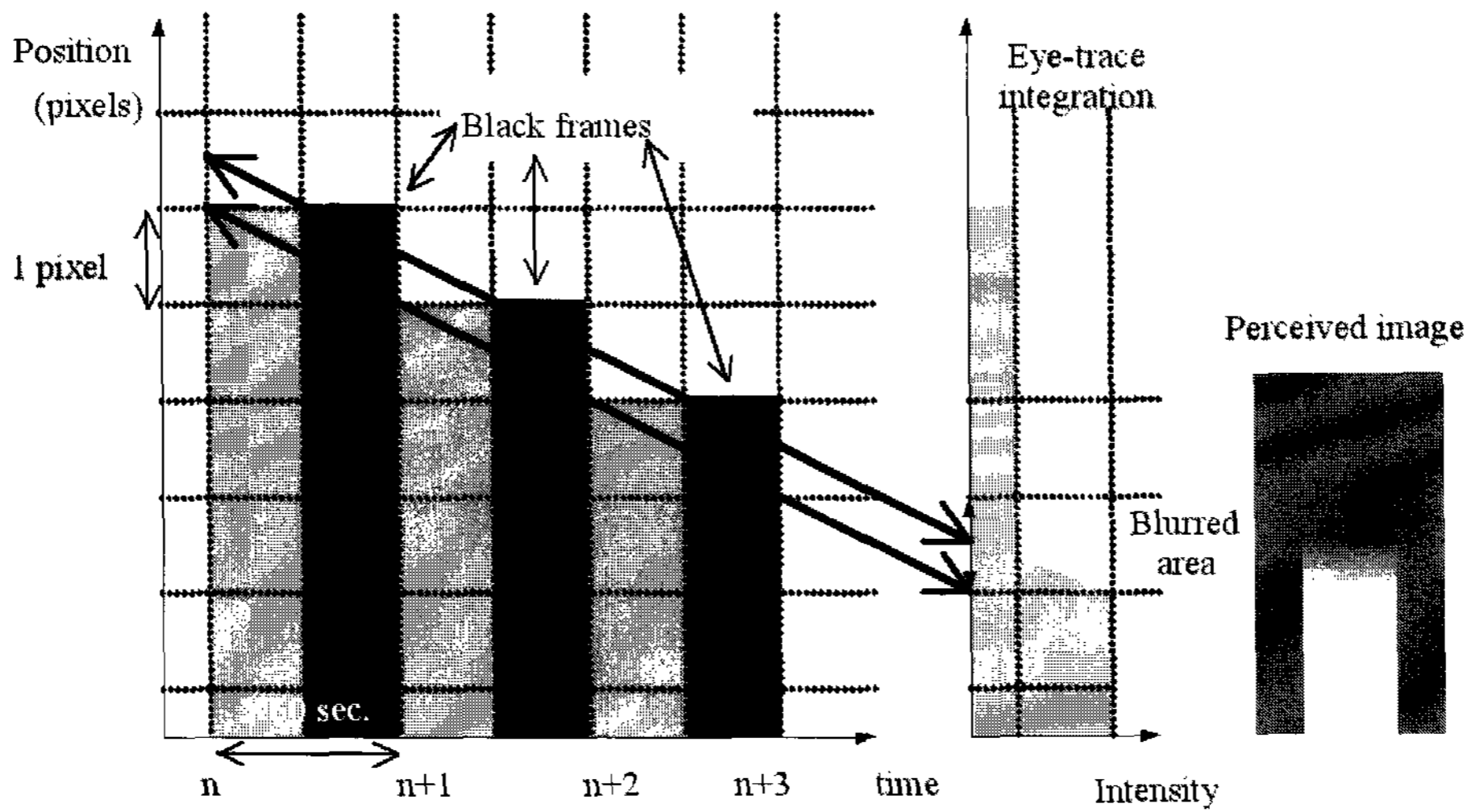
이제 이들 방법들의 구체적인 구현 방법에 대해 살펴보자. 임펄시브 구동은 시인적인 효과의 개선을 위해 이미지의 중간 중간에 블랙 프레임을 삽입하여 시인적으로는 적분되는 시간을 줄여서 플림이 거의 없는 영상을 LCD에서 재생하는 것이다. [그림 10]에서 이에 대한 방법의 개념을 나타내었다. 먼저 원래 이미지의 영상을 LCD에 출력하고 다음 영상 이미지를 출력하기 전에 블랙 프레임 혹은 부분적인 블랙 이미지를 화면에 디스플레이 하는 것이다. 즉, 한 프레임 시간 동안 영상이미지가 디스플레이 되는 것이 아니라 그것보다 짧은 시간 동안 디스플레이 되기 때문에 인지되는 움직임 정보의 애러율이 줄게 되고 그것은 관찰자에게는 motion blur의 감소로 나타난다. [그림 11]은 시인적 적분에서 줄어든 motion blur를 보여 준다.

이때 50%의 블랙 프레임 삽입은 본질적으로 같은 비율의 motion blur 감소를 보여준다. 그래서 임펄시브 구동에서의 motion blur는 블랙 프레임의 삽입 비율이 증가 할수록 감소한다. 그러나 임펄시브 구동의 단점으로는 블랙 데이터의 삽입으로 인한 휘도의 저하와 플리커의 증가이다.

또한 임펄시브 구동을 실제로 LCD에서 구현했을 때 다른 중요한 기술적 어려움 중의 하나는 주어진 sub-frame 시간 내에 액정이 블랙 상태로 떨어져야 한다. 블랙 프레임 대신



[그림 10] LCD에서 임펄시브 구동의 구현 방법.



[그림 11] 임펄시브 구동에서의 motion blur 감소.

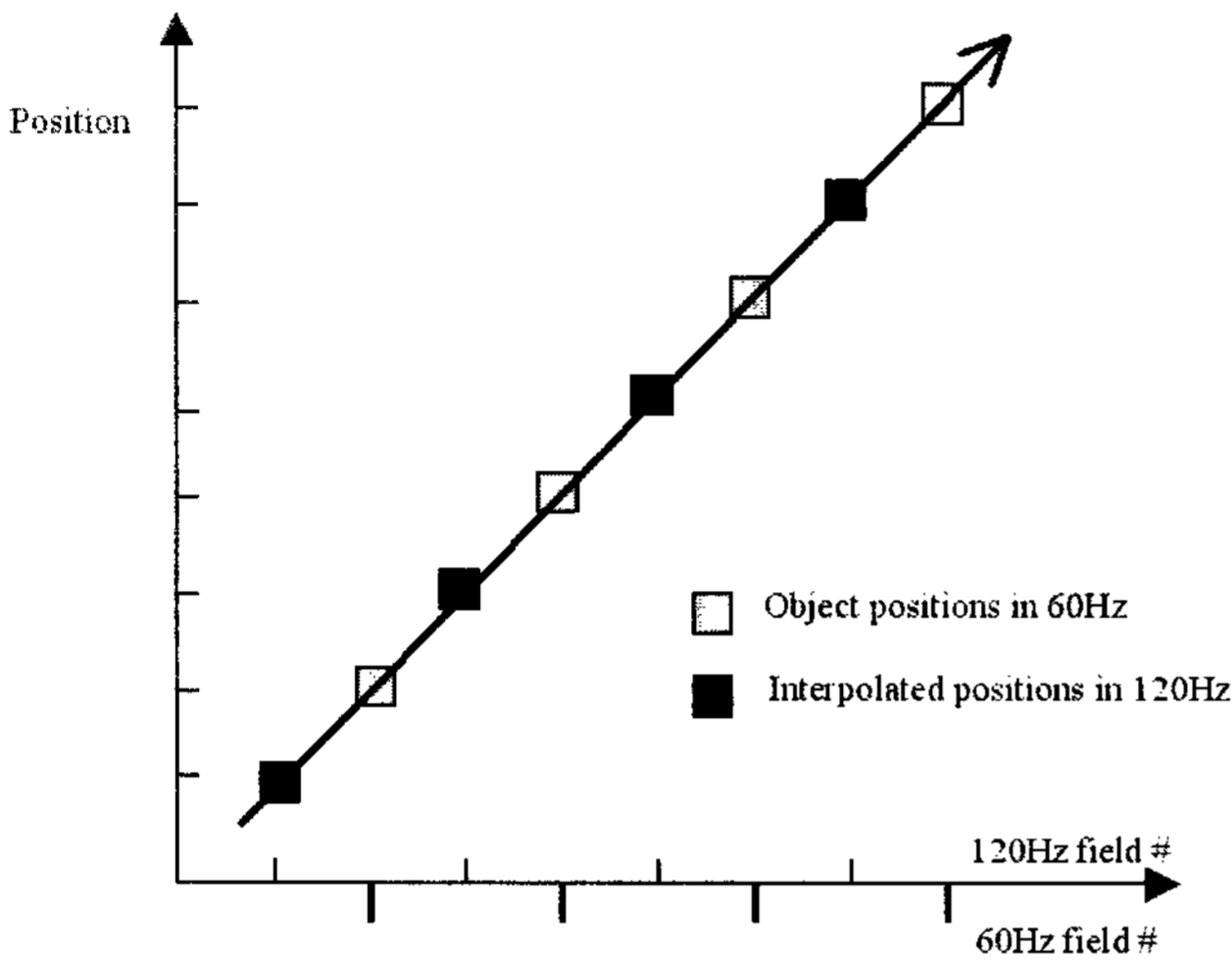
에 backlight를 깜빡이는(blinking) 임펄시브구동 방법도 있지만, 이 경우 일반적인 형광체를 이용한 backlight의 경우 그 On/Off 반응속도가 충분히 빠르지 않고 화상 데이터와 동기화 시켜서 구동을 시켜야 하는 어려움이 있다. 그렇지만 최근 들어 많은 관심을 끌고 있는 LED 구동 등에서는 On/Off time이 충분히 빠르기 때문에 임펄시브 구동에 응용할 수도 있다.

Hold-type 디스플레이에서 발생하는 motion blur를 제

거하기 위한 방법 중 효과적인 방법 중의 또 하나는 데이터의 hold time, 즉 refresh rate를 증가시키는 방법이다. 현재 상용적으로 사용되고 있는 60 Hz 대신 그보다 높은 90 Hz 혹은 120 Hz와 같은 높은 refresh rate로 LCD를 구동하면 LCD에서 발생하는 motion blur는 줄어든다. 이 때의 motion blur의 줄어드는 정도는 [그림 11]에 나타난 50% 임펄시브 구동시와 유사한 수준이다. 즉, 60 Hz의 경우와 비교해 볼 때 motion blur는 거의 절반으로 줄어들을 알



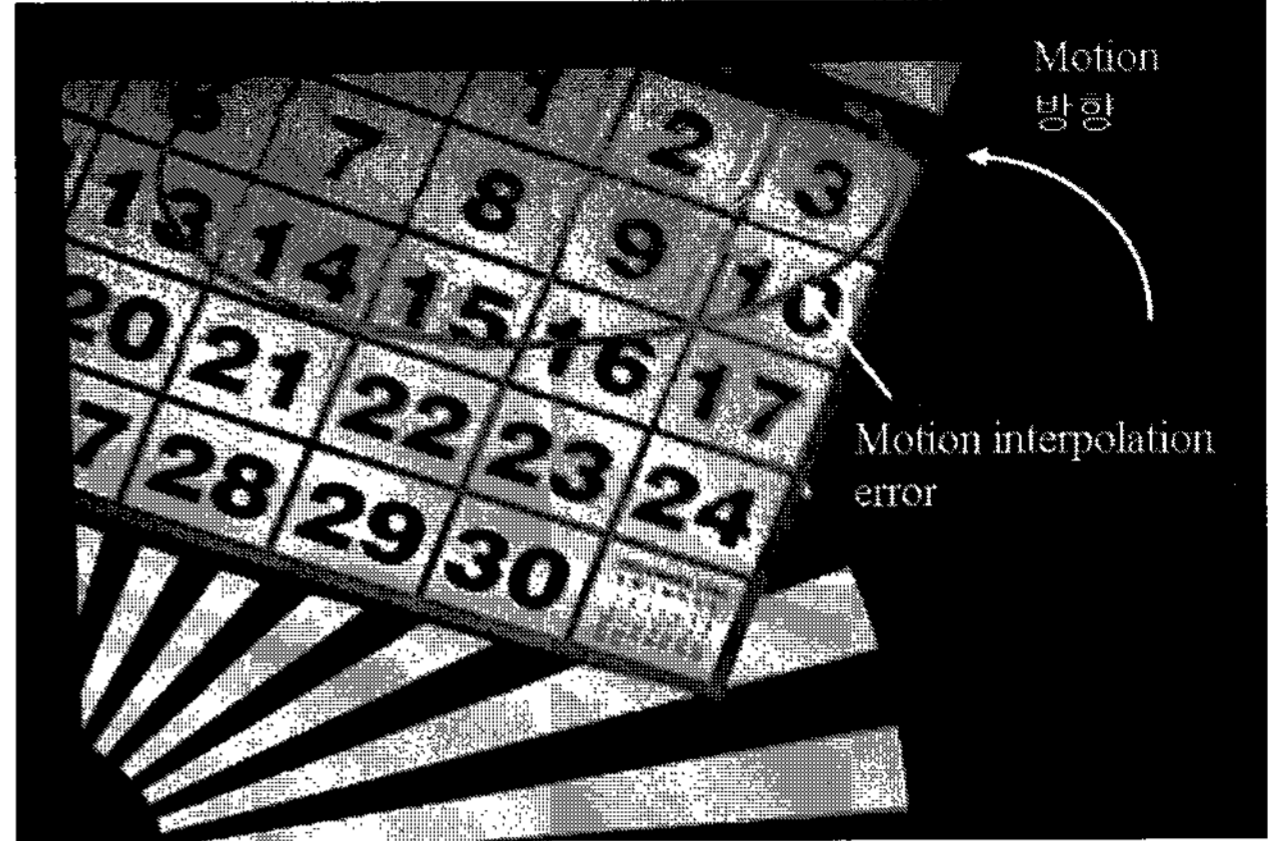
[그림 12] 움직이는 이미지의 비교
(a) 60 Hz 구동, (b) 120 Hz 구동.



[그림 13] 120Hz에서의 보간 프레임.

수 있다. 또한 120 Hz 구동의 경우 움직임 정보의 양이 60 Hz 대비 2배로 증가하게 되어 단순히 블랙 데이터를 삽입하는 임펄시브 구동과는 달리 사람 눈이 인식되는 움직이는 물체의 이미지 선명도가 훨씬 증가된다.([그림 12] 참조) 그러나 120 Hz의 경우 실제 우리가 방송 또는 DVD와 같은 영상소스로부터 LCD가 받는 영상정보는 50 Hz (PAL 방식) 또는 60 Hz (NTSC 방식)가 기본이기 때문에 120 Hz에 필요한 추가 정보를 LCD에서 보간 프레임(motion interpolated frame)을 만들어야만 한다. 보간 프레임을 만들기 위해서는 기본적으로 이미지의 움직이는 방향과 속도의 정보인 motion vector를 구해야 한다. 이러한 보간 프레임의 생성이 없이 단순히 60 Hz의 데이터를 반복하여 고주파수로 구동하는 경우에는 60 Hz 대비 motion blur양은 줄일 수 없게 된다.

대표적으로 많이 사용하는 보간 프레임 생성 기법은 motion estimation/motion compensation (ME/MC)를 이용한 방법이다. 이 때 보간 프레임의 성능을 올리기 위해서는 정확한 motion vector를 구하는 것이 가장 중요한 일 중의 하나이다. 일반적으로 등속도로 움직이는 이미지의 motion vector는 선형 보간법(linear interpolation) 등으로 구하기가 상대적으로 쉽기 때문에 정확한 보간 프레임의 생성이 가능하다. 그러나 가속도가 있는 이미지의 회전 움직임(spiral motion), 움직이는 화면의 줌업 또는 줌인



[그림 14] 보간 프레임 생성 애러의 한 예.

(zoom-up/in) 등은 정확한 보간 프레임을 구하기가 매우 어렵다. 또한 원래 필름기반의 영상과 캡션(caption), 또는 computer graphic(CG) 등이 인위적으로 합쳐진 경우 등도 정확한 보간 프레임을 구하기가 매우 어렵다. [그림 14]에서는 이러한 보간 프레임을 잘 찾지 못해서 일어나는 화질의 열화현상의 한 예를 직접 캡처한 것이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 이미지가 회전을 하며 도는 경우, 정확한 움직임 정보를 추출하지 못해 윗쪽 부분의 이미지가 깨어지는 현상이 나타난다. 이를 방지하기 위해서는 기본적으로는 움직임을 찾는 영역(search range)을 크게 해야 하는데 그러면 하드웨어의 복잡성(hardware complexity)이 크게 증가하게 된다. 그러므로 하드웨어의 복잡성을 줄이이면서 정확한 움직임 정보를 구하기 위한 최적화된 탐색 영역의 정의와 그에 맞는 알고리즘의 개발이 필요하다.

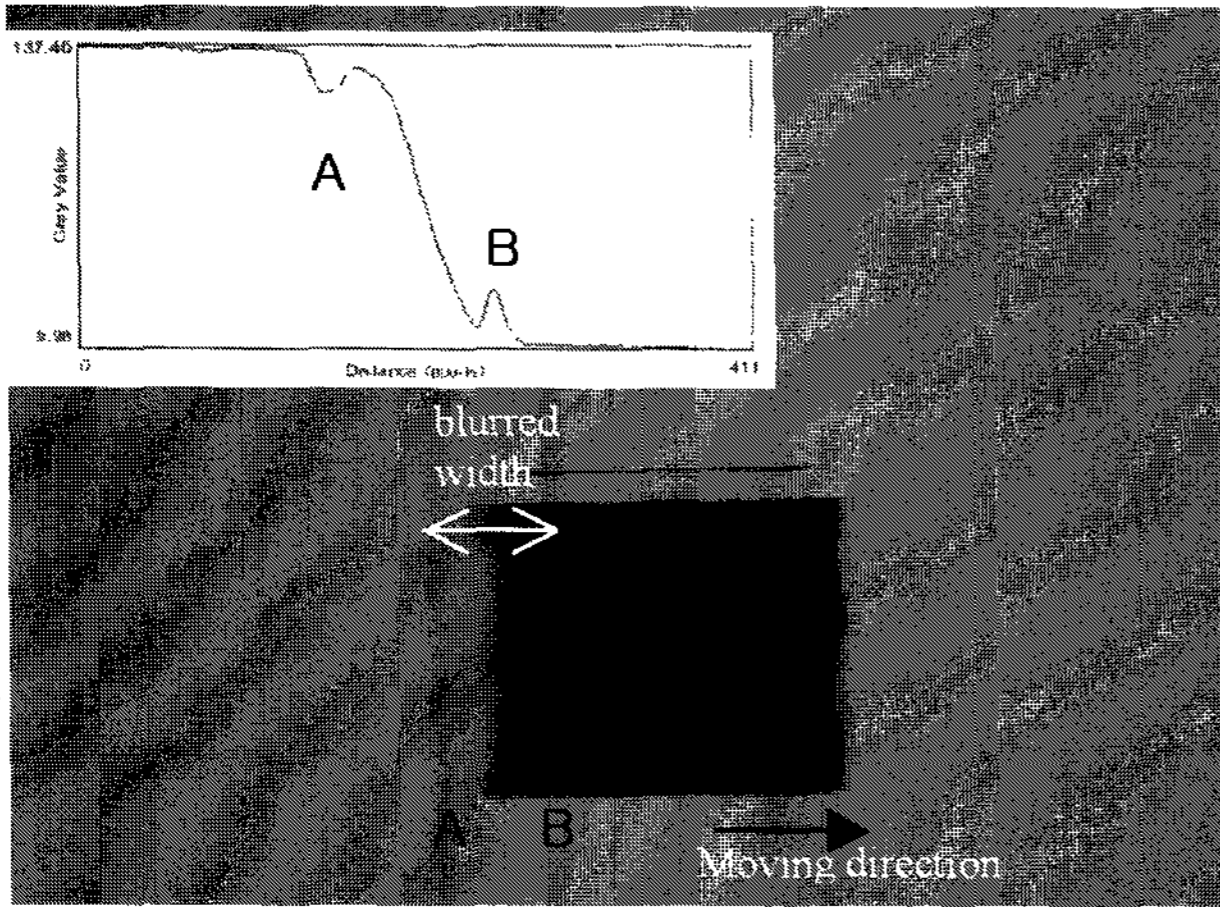
V. Motion Blur의 측정

Motion blur는 단순히 액정의 반응속도만 관련된 시간적 motion blur 뿐만 아니라 시인적으로 나타나는 motion blur도 함께 일어나는 현상이기 때문에 이것을 정량적으로 측정하는 일은 매우 어려운 일이다. 그렇지만 LCD 동화상의 품질을 나타내는 중요한 척도로서 motion blur의 측정은 필요하다.

측정의 기본방법은 어떤 이미지가 있을 때 그 원 이미지와 실제 인식되는 이미지의 차이를 정량적으로 나타내는 것이다. 이미지의 차이는 CCD 카메라로 찍어서 근사적으로 측정할 수 있으며 이 때의 카메라는 사람의 눈과 유사한 적분 값을 줄 수 있도록 pursuit camera를 사용한다. 이 카메라는 이미지가 움직일 경우 그 이미지를 따라서 움직이며 이미지 값을 적분한다. [그림 15]에 실제 motion blur를 pursuit 카메라로 찍은 것을 나타내었다. 이 때 127 gray의 바탕에 검은 정사각형의 박스가 왼쪽에서 오른쪽으로 움직이는 것을 따라가면서 촬영한 것이다. 이 때의 gray profile을 측정한 값들이 [그림 15]의 왼쪽 위에 나타내었다. 흐릿한 박스 이미지 부분의 넓이를 측정한 것 (즉 A와 B의 넓

[표 1] Gray간의 전이 간격을 시인적으로 동등하게 나누었을 때 상대적인 luminance 값들.

Gay level	L* ₀	L* ₁	L* ₂	L* ₃	L* ₄	L* ₅	L* ₆
Luminace	2.035	18.362	34.69	51.018	67.345	83.673	100



[그림 15] Motion blur 측정의 예.

이)가 motion blur의 정도를 나타내게 된다. 이 측정에서 motion blur는 A와 B의 사이가 좁을수록 더 작다. Pursuit camera를 이용하지 않는 다른 방법은 일반 CCD로 영상을 찍은 뒤 사람 눈과 비슷한 적분의 image processing을 한 뒤 blurring 정도를 측정할 수 있다.

여러 연구자들 그룹이 이와 같은 motion blur의 정량화를 표준화하기 위한 작업들을 진행하고 있으며 그 중 대표적인 한 예가 일본 VESA에서 Moving Picture Response Time (MPRT)라고 명명한 방법이 있다^[7].

MPRT의 기본적인 측정방법은 어떤 gray level에서 다른 gray level로 전이 시 소요되는 시인적 전이시간을 측정하는 것이다. 이 때 측정되는 gray level은 [표 1]과 같이 7가지가 있다.

여기서 사용되는 L*의 값들은 CIE 1976 L* 정의에 기반을 두고 있다. 여기서 또한 blurred edge time (BET)이 정의되는데 그것은 어떤 L*의 값으로부터 다른 L*값으로 전이 시 소요되는 시간을 측정한 것이다. 이 때 extended blurred edge time (EBET)가 다음과 같이 정의된다.

$$EBET = \frac{BET}{|T_{start} - T_{end}|} \quad (3)$$

여기서 T_{start}는 시작시의 threshold이며 T_{end}는 끝나는 시점의 threshold이며 주로 이 값들은 0.1 and 0.9가 된다. 이 값들은 [그림 15]에서 blurred edge width(BEW)의 10%~90%의 값이다. 이를 바탕으로 MPRT는 다음과 같이 정의된다.

$$MPRT = \frac{\sum_i EBET_i}{N} \quad (4)$$

여기서 N은 gray-to-gray의 전체 전이수가 된다.

일반적으로 MPRT가 가장 작게 나오는 디스플레이는 CRT이며 이는 motion blur현상이 가장 작음을 나타낸다. 또한 over-driving을 했을 경우 그 LCD의 MPRT 값들은 over-driving을 하지 않는 다른 LCD 보다 줄어들을 알 수 있다. 그렇지만 아직 동화상 재생 시 전체적인 이미지의 윤곽주변이 무너지는 이른바 의사윤곽 효과(false contour effect)등은 MPRT로는 측정이 안되므로 이 효과가 많이 나타나는 PDP 등에서는 MPRT의 수치의 일률적인 비교에는 문제가 있다.

VI. 결 론

본 논문은 지금까지 LCD의 동화상 화질의 문제점과 그 개선방안에 대해 논의 하였다. LCD는 최근 들어 뛰어난 화질 및 시야각의 제공으로 대화면 TV 시장에 중심적인 역할을 담당하고 있다. LCD는 다른 형태의 디스플레이에 비해 해상도, 무게, 두께 등의 관점에서 뛰어나며 시야각도 CRT에 거의 유사한 성능을 나타낸다. 그러나 LCD의 동화상 특성은 CRT에 비해 motion blur라는 문제점을 가지고 있다. LCD에서의 동화상 화질의 열화의 이유는 액정 자체의 느린 반응 속도, 그리고 hold-type의 디스플레이 방식 때문이다. 최근의 LCD 기술의 비약적인 발전으로 액정의 반응속도는 8msec 이하까지 제공하고 있다. 그러나 hold-type 방식의 극복은 아직 넘어야 할 기술적인 제약이 존재한다. Hold-type 구동 방식에서는 motion blur를 줄이기 위해서는 이미지의 holding 시간을 줄이는 것이 열쇠가 된다. 이를 구현하기 위해서는 임펄시브 구동 또는 고주파수 구동이 현재 활발히 연구되고 있다. 임펄시브 구동은 블랙 데이터의 삽입으로 인해 전체 화면 밝기의 감소와 플리커의 문제를 야기시킨다. 120 Hz 구동과 같은 고주파수 구동은 가장 좋은 동화상 화질을 제공하지만 보간 프레임의 생성은 LCD 가격을 증가 시키며 보간 프레임의 성능이 LCD 동화상의 화질에 영향을 미치게 될 것이다. 또한 LCD에서의 motion blur감소의 기술이 발전함에 따라 그 측정 metric의 개발 또한 필요하다. 최근 들어 일본 등에서 MPRT가 표준화로 되어 가는 경향이 있지만 MPRT가 임펄시브 구동 방식 또는 PDP 등의 디스플레이에도 공통적으로 적용될 수 있는 합당한 기준으로 보기에는 아직 무리가 있다. 그래서 좀 더 일반적인 그리고 모든 디스플레이에 공통적으로 적용될 수 있는 동화상 화질 평가 방법에 대한 앞으로의 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] Sang Soo Kim, "The World's largest (82-in) TFT-LCD", SID 2005 Digest, pp.1842-1847, 2005.
- [2] Sang Soo Kim, "Super PVA Sets New State-of-the-Art for LCD-TV", SID 2004 Digest, pp.760-763, 2004.
- [3] Baek-woon Lee, et al., "Reducing Gray-Level Response to One Frame : Dynamic Capacitance Compensation", SID 2001 Digest, pp.1261-2163, 2001.
- [4] R. I. McCartney, "A Liquid Crystal Display Response Time Compensation Feature Integrated into an LCD Panel Timing Controller", SID 2003 Digest, pp.1350-1353, 2003.
- [5] T. Kurita, "Moving Picture Quality Improvement for Hold-type AM-LCDs", SID 2001 Digest, pp.986-989, 2001.
- [6] Sunkwang Hong, et al, "Motion Image Enhance-

ment of LCDs", in Proc. of IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), Genoa, Italy, Sep. 2005.

- [7] Y. Igarashi, et. al., "Summary of Moving Picture Response Time (MPRT) and Future", SID 2004 Digest, pp.1261-1265, 2004.

저 자 소 개



홍 순 광

2002 Ph.D. in Electrical Engineering, University of Southern California., 2003 6월 동대학 Signal and Image Processing Institute. Postdoc 재직, 2003년 8월 이후 현재, 삼성전자 LCD총괄 개발실 책임연구원.