

액정 디스플레이의 동화상 퍼짐 노이즈 시뮬레이션 (Simulation of Moving Picture Blur Noise for Liquid Crystal Display)

김종인, 김수철, 권석천, 김준수, 염정덕

(Jongin Kim, Soochul Kim, seokchun Kwon, Joonsoo Kim, Jeongduk Ryeom)

승실대학교 전기공학부

요 약

Hold-type display의 동화상 인식 원리를 이용하여 인간의 시각특성을 고려한 LCD의 동화상 퍼짐(blur) 노이즈 컴퓨터 시뮬레이터를 개발하였다. 그리고 이 시뮬레이터를 이용하여 동화상 퍼짐 노이즈 특성을 실험한 결과 화상의 이동속도가 빠를수록 퍼짐 노이즈가 증가하며 백라이트의 점등비가 낮을수록 노이즈가 저감된다는 것을 알았다. 이는 기존의 연구결과들과 잘 일치하는 것으로 이것으로부터 본 연구에서 개발한 시뮬레이터의 알고리즘이 타당하다고 할 수 있다.

1. 서 론

평판 디스플레이의 대표주자인 액정 디스플레이(LCD)는 최근 몇 해 동안 그 수요가 급격히 증가하여 Notebook PC, desktop PC의 모니터 그리고 가정용 TV까지 그 용도가 다양해지고 있다. 그러나 정지화가 대부분인 컴퓨터용 모니터와 달리 TV의 가장 큰 특징은 실시간으로 전송된 동화상을 디스플레이한다는 것이다. 더구나 HDTV 시대의 대화면 디스플레이로서의 LCD의 요구가 날로 증대되고 있으므로 동화상의 고화질화는 LCD TV에 있어서 매우 중요한 문제이다. 또한 컴퓨터용 모니터의 경우에도 멀티미디어의 발전과 더불어 동화상을 디스플레이해야 하는 경우가 더욱 빈번해지고 있어 LCD에 있어서 동화상의 화질개선에 대한 연구는 매우 중요하다.

다년간에 걸쳐 LCD 분야에서는 새로운 액정(LC) 물질과 정렬 모드가 광시야각, 빠른 응답속도를 위해 널리 연구되었고 그 결과 현재 LCD는 40인치급 대화면에서 수평주사선수 1080라인의 Full-HDTV 수준의 해상도를 손실 없이 구현할 수 있는 유일한 디스플레이가 되었다.

입사되는 빛의 투과량을 제어하여 하나의 화면이 구성되는 시간인 1 field 동안의 밝기를 일정하게 유지시키는 수광형 디스플레이를 hold-type 디스플레이라고 하며 LCD는 대표적인 hold-type 디스플레이이다. 이러한 hold-type 디스플레이는 동화상을 디스플레이할 때 화상이 퍼지는(blur) 문제

점이 있다.

이와 같은 화질의 열화는 LCD가 대화면화 되어 감에 따라 더욱 심각하게 대두되는 문제점이다. 이 동화상 퍼짐현상의 원인은 인간의 시각특성에 의존하는 것으로서 hold-type 디스플레이에서는 피할 수 없는 것이다.

이러한 LCD에서의 동화상 퍼짐 현상은 1997년 처음으로 보고되었고 이를 개선하기 위해서 백라이트를 점멸시키는 간단하고 효과적인 기술이 발표되었다.[1] 또한 hold-type 디스플레이의 동화상 퍼짐 노이즈가 눈의 이동에 의해 디스플레이에서 유지되는 빛과 눈에서 화상의 밝기를 적분하는 과정에서 불일치로부터 야기되며, 이를 시감레벨과 디스플레이의 인지된 변환전달함수(perceived Modulation Transfer Function)를 사용하여 인간 시야의 가정된 모델과 함께 연구한 결과가 발표되었다.[2] 한편 8배속의 field rate를 가지는 고속 CRT를 사용하여 hold-type 디스플레이를 시뮬레이션하여 이 동화상 퍼짐현상에 대한 정성적 평가를 하고 저감방안으로 백라이트의 점등시간을 제어하거나 2배속 디스플레이하는 방법 등이 제안되었다.[3] 그리고 15인치의 Super-TFT-LCD와 6개의 램프와 다이렉트 타입(직하형) 백라이트로 구성된 점멸 백라이트 시스템을 개발하여 빛의 온오프와 게이트 선택 시기를 동기시킴으로써 백라이트의 휘도특성을 LCD의 응답특성에 맞추어 동화상 이미지의 흐려짐을 개선한 결과가 발표되었

다.[4]

본 연구에서는 인간의 시각특성을 고려하여 hold-type 디스플레이의 동화상 퍼짐 현상에 대한 시뮬레이터를 개발하였다. 그리고 가장 널리 사용되고 있는 백라이트의 점등비 제어방식에 대한 동화상 퍼짐 노이즈의 특성을 평가함으로써 시뮬레이터의 타당성을 검증하였다.

2. 동화상 윤곽퍼짐 노이즈 발생 원리

그림1은 LCD의 구조를 나타낸 것이다. LCD는 두개의 서로 직교한 편광판 사이에 서로 직교한 투명전극이 형성된 유리 기판을 설치하고 그 사이에 액정물질을 주입한 구조로 되어 있다. 이 액정은 두 유리판 사이를 양끝이 서로 직교되도록 선회하면서 배향되어 있어 빛이 투사되면 이 액정을 따라 빛의 편광방향이 회전하는 선광기능을 가진다. 그러나 양 전극에 전압을 인가하면 액정의 위치가 변하고 이로서 빛의 선광성을 상실한다. 이 액정의 기능을 이용하여 LCD는 입사된 빛의 투과율을 제어한다. 그러므로 LCD는 반드시 후사광원(백라이트; back-light)가 필요하다. 이와 같이 입사된 빛의 광량을 제어하여 하나의 화상이 구성되는 시간인 1TV-field(16.6ms) 동안 그 상태를 유지시키는 디스플레이를 hold-type 디스플레이라고 한다.

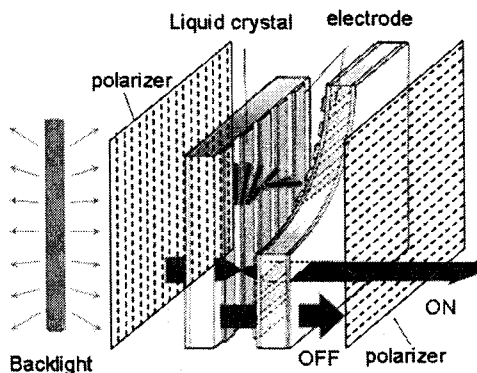


그림 1. 액정 디스플레이 소자의 구조

LCD와 같은 hold-type 디스플레이에서 한 화소의 밝기는 1 field 동안 균일하게 유지되어 진다. 이것은 각 field의 이미지가 육안에 의해 구별될 수 있는 지속 시간의 최소 한계보다 작아서 인간의 시각은 디스플레이를 볼 때 지속 시간의 평균값을 감지하게 된다. 더욱이, 움직이는 사물을 시

각으로 인식할 때, 디스플레이의 정지된 부분을 바라보기 보다는 눈은 움직이는 대상을 추적하게 된다. 바꾸어 말하면, 관찰자는 대상의 움직임을 추적하여 망막 안에서의 화상의 정지 상태를 유지하려 한다. 이 과정이 시각으로 하여금 화상의 움직임을 인지하게 하며 이 움직임 인지 과정에서, 디스플레이의 스크린안의 이미지는 불연속적으로 이동하더라도 눈은 연속적으로 화상의 움직임을 쫓게 된다.

이와 같이 hold-type 디스플레이에서의 동화상 퍼짐현상의 원인은 디스플레이에서 화상이 움직이는 방법과 이를 주시하는 눈의 시각인지 방법과의 차이에 기인한다. 인간의 눈이 동화상을 볼 때 시각의 인지특성을 다음 두가지로 가정한다.[2]

- ① 안구의 이동에 의한 시선은 물체를 완벽하게 추적한다.
- ② 1/60 초 이내의 광자극은 시각인지과정에서 완벽하게 적분되어 평균값으로만 인지된다.

관찰자가 hold-type 디스플레이에 나타난 균일한 속도의 동화상을 볼 때의 시각인지과정은 그림 2와 같다고 생각되고 있다. 화소에서 나온 빛은 1 field 동안 일정하게 유지된다. 그림 2의 직사각형은 이미지의 화소를 보여준다. 가로축은 화소의 위치이며 세로축은 화소의 밝기가 유지되는 시간인 field이다. 그림 2의 (a)에서 보이는 이미지는 1 field 즉, 1/60초당 2픽셀의 속도로 오른쪽을 향하여 이동하고 있다. 가정 ①로부터, 시선의 이동은 이미지의 이동과 거의 일치한다. 그림에서 화살표는 이 시선의 이동을 가리킨다. 가정 ②로부터 시선 방향에 있는 화소의 밝기는 그림2의 (b)와 같이 시각체계 내에서 적분되어 인식된다.

CRT의 경우는 형광체의 잔상시간(수백 μ s)이 비교적 짧기 때문에 CRT 상에서 한 화소의 밝기는 아주 짧은 시간동안만 발광하는 임펄스와 같다. 그러므로 인간의 망막 안에 그려지는 상의 이미지는 디스플레이 상의 이미지와 같다. 즉, 시각은 움직이는 이미지도 고정된 이미지와 거의 같은 빛의 강도를 감지하게 된다. 따라서 움직이는 화상의 화질 저하는 CRT 디스플레이에서는 거의 일어나지 않는다.

그러나 LCD의 경우는 CRT와는 다르게 화소의 발광이 1 field 동안 유지되기 때문에 인간의 망막 안에 그려지는 화상의 이미지는 field동안 관찰자의 시각 영역 내에 들어오는 인접 위치의 화소들의 밝기가 중첩된 상으로 구성된다. 따라서 운동하

는 대상의 인식된 형상은 고정된 대상의 인식 형상과는 차이가 나며 각 화소의 밝기는 상호 영향을 미치므로 눈은 화소가 퍼지는 것(blur)처럼 인지하게 된다. 이런 효과가 움직이는 상의 선명도를 떨어뜨리게 된다. 이 현상은 원리적으로 화상의 움직임 속도가 증가하면 더욱 두드러지게 나타나게 된다.

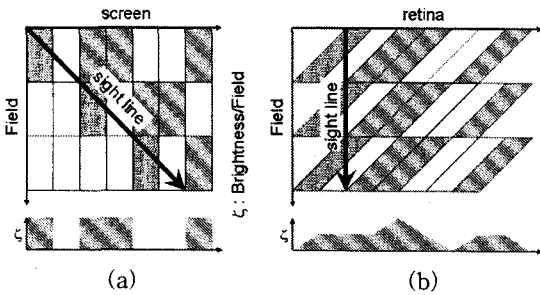


그림 2. LCD의 동화상 윤곽선 퍼짐 노이즈의 발생원리
(a) 스크린을 기준으로 볼 때
(b) 망막에 맺히는 상을 기준으로 볼 때

그림 3은 이러한 hold-type 디스플레이에서의 동화상 퍼짐 현상을 컴퓨터 시뮬레이션한 것으로 (a)와 같이 명암의 차이가 많이 나는 화상에서 (b)와 같이 더욱 두드러지게 화상의 퍼짐이 나타나는 것을 알 수 있다. 그 결과 명암의 윤곽선들이 퍼져서 해상도를 저하시킨다.

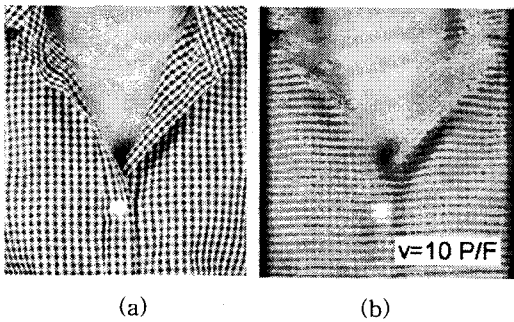


그림 3. 동화상 윤곽선 퍼짐현상의 예
(a) 정지 화상
(b) 10p/f의 속도로 움직일 때의 화상

3. 컴퓨터 시뮬레이션 실험 결과 및 토론

위에서 서술한 hold-type 디스플레이에서의 동화상 인식원리에 근거하여 LCD에서의 화상의 이동에 따른 시각의 인지상태를 컴퓨터로 시뮬레이션 하였다. 화소는 그림2의 (a)와 같이 가로가 디스플레이의 screen상 화소위치를 나타내고 세로가

1 field의 시간을 나타내는 직사각형으로 가정하였다. 이 직사각형은 하나의 밝기단위(계조)를 나타낸다. 그리고 위에서 서술한 동화상 인식특성을 근거로 안구의 시선방향을 그림2의 (a)에서 표시한 방향과 같이 화소의 이동을 추적하도록 설정하였다.

눈이 움직이는 화상을 완전히 추적할 수 있다는 가정 하에 망막상에서는 정지된 화상이 나타나도록 가정하면 화소는 망막상에서 그림2의 (b)와 같은 평행사변형의 배열을 갖는다. 망막상에서 화상의 밝기는 하나의 field에서의 밝기를 수직방향으로 적분하여 얻었다.

그림 4는 10pixel마다 흑과 백을 교대로 표시하는 화상을 화면상의 좌에서 우로 이동시키는 경우에 대한 컴퓨터 시뮬레이션 결과이다. 실험은 화상을 1pixel/field부터 10pixel/field까지 이동속도를 변화시켜가면서 그때의 화상의 인식정도를 계산하였다. 그림에서 보면 화상의 이동속도가 빠를수록 선폭 퍼짐현상이 심화되어 점차 흑과 백의 경계가 불분명해지고 밝기 자체가 중간 밝기로 이행하는 것을 볼 수 있다. 이는 앞에서 설명한 것과 같이 망막안에서의 화소는 평행사변형꼴로 인식되고 이동속도가 빠를 수록 이 평행사변형의 기울기가 증가하므로 인근 화소의 영향이 중첩되어 우리 눈에 인식되기 때문이다.

그림 5는 이 실험결과를 그래프로 나타낸 것이다. 그림에서 보면 화상의 이동속도가 빠를수록 화소의 발광영역이 퍼지면서 인접 화소와 중첩을 일으키고 있는 것을 알 수 있다. 그 결과 두 화소 사이에 간섭이 생겨 윤곽선 퍼짐현상이 심화되고 더욱 속도를 증가시키면 결국에는 평균적인 휘도값이 인지될 것임을 알 수 있다. 즉, 이 경우에는 흑백의 선들이 퍼져 회색으로 보일 것이므로 결국은 화상의 해상도를 저하시키는 결과를 가지고 온다.

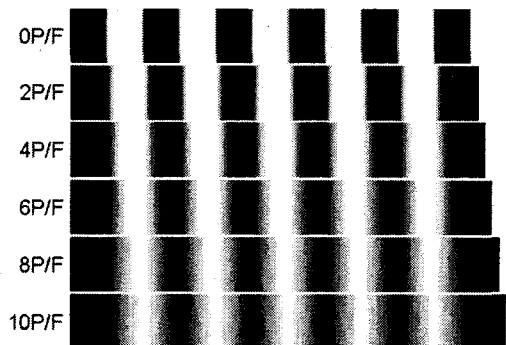


그림 4. 윤곽선 퍼짐의 화상 시뮬레이션 결과

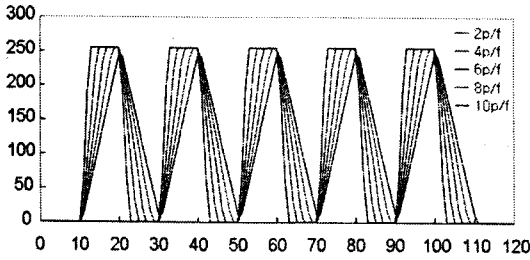


그림 5. 화상의 이동속도에 따른 윤곽선 퍼짐 특성

이러한 LCD에서의 동화상 퍼짐 노이즈를 저감시키기 위하여 LCD에 광을 투사하는 백라이트의 발광시간을 변화시켜 보았다. 그림 6은 백라이트의 점등시간이 20%일 때, hold-type 디스플레이의 시각 인지특성을 보인 것이다. 그림에서 알 수 있는 것과 같이 발광의 유지시간이 짧아지면 인접 화소와의 간섭현상을 감소시킬 수가 있으므로 망막에서 인식된 화상은 다소 퍼짐은 있으나 원화상과 유사한 결과를 얻을 수가 있다. 그림에서부터 발광시간이 짧아질수록 LCD의 발광특성은 CRT의 발광 특성에 가까워지며 이 경우 윤곽선 퍼짐 정도가 감소하는 것을 알 수 있다.

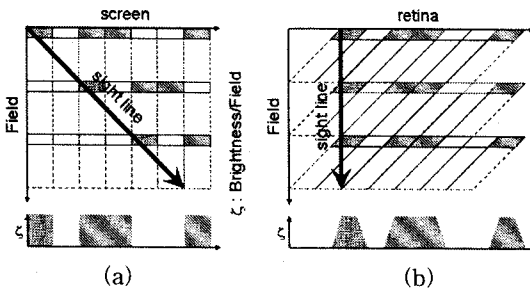


그림 6. 백라이트 점등비 제어를 이용한 동화상 퍼짐 노이즈 저감 방안의 원리도

그림 7은 백라이트의 점등시간을 100%에서 20%까지 변화시키면서 이때의 윤곽선 퍼짐현상을 시뮬레이션한 것이다. 이때 화상은 좌에서 우로 field 당 10pixel씩 이동하는 것으로 하였다. 점등시간이 짧을수록 윤곽선 퍼짐 노이즈가 감소하는 것을 알 수 있다. 백라이트의 점등시간을 줄이면 동화상의 퍼짐 노이즈를 어느정도 감소시킬 수 있으나 이 경우 100%의 점등시와 동일한 밝기를 얻기 위해서는 백라이트의 휘도가 높아져야한다. 백라이트의 휘도 증가에 따라 램프 전류는 증가하나 점등 시간 비율이 낮아져 소비전력 측면에서 보면 원리적으로 전력의 증가는 없다. 그러나 백라이트의 광속을 증가시키기 위해 출력이 큰 고휘도 백라이트를 채용하여야하므로 백라이트와 점등회로

의 cost가 상승하는 요인이 된다.

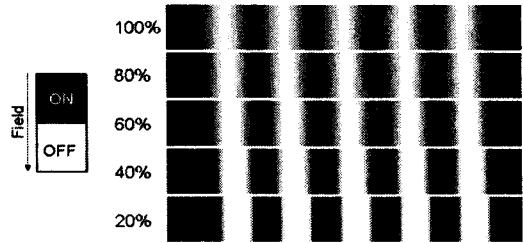


그림 7. 백라이트 점등비에 따른 동화상 퍼짐 노이즈 특성

4. 결론

본 연구에서는 hold-type display의 동화상 인식 원리를 이용하여 인간의 시각특성을 고려한 LCD의 동화상 퍼짐 노이즈 컴퓨터 시뮬레이터를 개발하였다. 그리고 이 시뮬레이터를 이용하여 동화상의 이동속도와 백라이트의 점등비를 변화시키면서 동화상 퍼짐 노이즈의 발생정도를 실험하였다. 실험결과 화상의 이동속도가 빠를수록 동화상 퍼짐 노이즈가 증가하며 백라이트의 점등비가 낮을수록 노이즈가 저감된다는 것을 알았다. 이는 기존의 연구결과들과 잘 일치하는 것으로 이것으로부터 본 연구에서 개발한 시뮬레이터의 알고리즘이 타당하다고 할 수 있다. 추후 본 시뮬레이터를 사용하여 최적의 백라이트 제어기술을 연구하는데 활용할 수 있다.

참고 문헌

- [1] K. Sueoka, H.Nakamura, and Y. Taira, 'Improving the Moving-Image Quality of TFT-LCDs', Conf. Record of IDRC, 1997, pp.203-206.
- [2] T. Kurita, A. Saito and I. Yuyama, 'Consideration on Perceived MTF of Hold Type Display for Moving Images', Proc. of IDW, 1998, pp.823-826.
- [3] T. Kurita, 'Moving Picture Quality Improvement for Hold-type AM-LCDs', SID01 DIGEST, 2001, p.986-989.
- [4] J. Hirakata, A. Shingai, Y. Tanaka, K. Ono and T. Furuhashi, 'Super-TFT-LCD for Moving Picture Images with the Blink Backlight System', SID01 DIGEST, 2001, pp.990-993.