

LED를 PLS 배열로 사용한 시역 형성 광학계가 없는 3차원 영상의 시역에 대한 연구

최규환^{1,2} · 김성규^{1†}

¹한국과학기술연구원 영상미디어연구센터
Ⓞ 136-791 서울시 성북구 하월곡동 39-1

²고려대학교 물리학과 레이저분광학 연구실
Ⓞ 136-701 서울시 성북구 안암동 5가

손정영

대구대학교 정보통신대학
Ⓞ 712-714 경상북도 경산시 진량읍 내리리 15

(2008년 1월 30일 받음, 2008년 3월 28일 수정본 받음)

본 연구는 2차원 PLS(Point Light Source) 배열과 디스플레이 장치의 조합을 통하여 시역형성용 광학관이 없는 3차원 영상을 재생하는 방법에 관한 것이다. PLS를 사용하여 3차원 영상을 디스플레이 하는 경우 기존의 시차장벽(parallax barrier), 렌티큘러(lenticular), 마이크로 렌즈(microlens lens) 등의 광학판을 사용할 때 발생하는 여러 가지 광학적 문제점 등을 해소할 수 있다. PLS로 사용된 LED 광원이 가져야 할 특성을 조사하였으며 PLS 배열을 통한 입체영상 디스플레이의 시역에 대해 실험을 통하여 입증 하였다.

주제어: LCD, Point Light Source Array, Viewing Zone forming optics, Image mixing

I. 서 론

평면 표시 패널을 이용한 3차원 영상 시스템을 제작하는데 있어 시역을 형성하기 위해서는 광학판을 디스플레이 앞면에 부착한다. 광학판을 겹쳐 만든 패널을 LCD, PDP, OLED, FED와 같은 평판디스플레이 장치의 스크린위에 놓아 시역이 형성되도록 한다.^[1] 그러나 광학판을 사용하게 되면 시청자에게 시각적인 면에서 불편함을 유도할 수 있고, 패널의 표면 구성, 두께 그리고 투과도로 인하여 영상의 질을 저하시키는 원인이 되기도 한다. 흔히 사용되고 있는 시역 형성용 광학판으로는 시차 장벽(parallax barrier), 홀로그래픽 격자 배열(holographic grating array), 렌티큘러(lenticular)와 마이크로 렌즈 배열(microlens array)^[2,3] 등이 있다. 이들 광학판들은 각각의 서로 다른 특성을 가지고 있다. 각각의 광학판에서 발생하는 문제들은 모아레를 제외하고는 모두 다르다. 모아레는 모든 광학판들이 규칙적인 구조를 가지고 있으므로 공통적으로 발생한다. 모아레는 일정한 구조를 가진 두 광학판이 겹쳐질 때 일어나는 공통적인 현상이다. 모아레 패턴이 있는 시차 장벽과 홀로그래픽 격자 배열의 경우 이들이 가지는 낮은 투과도로 인해 영상의 밝기가 감소하게 된다. 또한 이들은 이상적인 특성을 가지고 있지 않기 때문에 이웃하는 영상 들 간에 간섭을 일으켜서 밝기가 더 낮아진다. 렌티큘러와 마이크로렌즈 배열은 한정된 두께와 뚜렷한 표면 구조를 가지고 있다. 시청자가 시역 거리와 방향을 바꿀 때

마다 디스플레이 상에 화소(pixel)의 상대적 피치가 변화하기 때문에 두께는 모아레 패턴을 더욱 선명하게 만든다. 가시적 표면 구조는 영상의 질을 저하시키는 요인이 된다. 광학 장치를 이용하여 발생하는 이러한 문제점들을 감소시키기 위해서는 LCD용 광원으로서 점광원(PLS) 배열이 사용된다.^[4] LCD의 후면광(back light) 패널 대신 PLS 배열을 사용하게 되면 LCD를 이용한 3차원 영상 디스플레이 시스템 구조를 평면형 영상 디스플레이 구조와 같게 줄일 수 있다. PLS 배열은 2/3차원 변환을 가능하게 하며 LC 패널과 PLS 배열과의 거리를 임의로 정할 수 있기 때문에 설계 시 상당히 유동적이다. 그러나 PLS 배열이 이상적이지 않은 특성을 가지고 있기 때문에 영상의 질을 저하시키는 원인이 되기도 한다. 더욱이 이 방법은 LCD와 같은 수동 디스플레이에서만 적용되고 능동형 디스플레이에서는 불가능하다.

II. 여러 가지 PLS 배열

이상적인 점광원은 방출하는 빛의 표면이 한 점(point)만큼이나 작아야 하고 표면은 완전 평면이어야 한다. 광원을 배열할 때에는 1) 광원 간 거리가 정확히 같아야 하고, 그 값은 화소 셀 피치(pixel cell pitch)와 동일해야 하고, 2) 각 광원의 방출 표면은 같은 평면상에 있고, 3) 전체 배열된 광원의 휘도와 밝기는 평면 패널 디스플레이 장치의 것과 동일하고, 4) 광원의 스펙트럼 분포는 전체 가시영역 380 nm ~ 730 nm를 커버해야 한다. 위에서 언급한 모든 조건을 만족하는 광원배열은 존재하지 않는다. 현재 사용할 수 있는 광원은

†E-mail: kkk@kist.re.kr

방출 표면이 한정되어 있기 때문에 광원을 확대한 종류들이 사용되고 있다. 이들 조건들을 거의 만족시킬 수 있는 배열의 조건은 첫 번째로 2-D 마이크로 렌즈 배열^[5]을 한 평행 레이저 빔을 사용하는 것이고, 다른 하나는 Fiber optic 배열을 이용하는 것이다. 첫 번째의 경우 평행 빔에서 구한 빔의 직경 ρ 는 $\rho = 4f\lambda/\pi L$ 의 관계식으로 주어진다.^[6] 빔이 마이크로 렌즈의 전체 표면을 커버할 때, f 와 L 은 초점 거리와 각각의 마이크로렌즈 직경을 말하고, λ 는 조사한 빔의 파장이다. 이 관계식은 f 와 λ 가 적어지면 수렴된 빔의 크기가 이상적인 크기로 접근한다는 것을 보여 주고 있다. 예를 들면 조사한 빔이 He-Ne 레이저($\lambda = 0.54 \mu\text{m}$)일 때, $f = 2 \text{ mm}$ 와 $L = 1 \text{ mm}$ 이면, $\rho \cong 1.357 \mu\text{m}$ 이다. 이 크기는 $100 \mu\text{m}$ 화소의 1/70보다 작은 크기이다. 이 픽셀 크기는 최고의 해상도를 가진 IBM 모니터의 크기보다 작은 값이다. 이 빔 사이즈는 점(point)으로서 충분히 고려할 수 있는 크기이다. 그러나 평행빔을 사용한 방법은 풀어야 할 몇 가지 어려운 문제점을 가지고 있다.

가장 어려운 문제점은 필요로 하는 평행 빔을 만드는 것이다. 사이즈가 큰 평행한 빔을 제작하는 것은 크기와 부피가 큰 광학계를 수반한다. 더욱이 레이저는 가우시안(gaussian) 강도 분포를 가졌기 때문에 광 확장기(beam expander)을 통한 확대된 평행 빔 또한 같은 강도 분포를 갖는다. 이 강도 분포는 초점화된 빔 배열이 같은 크기의 강도 분포를 갖게 한다. 이는 일정한 밝기를 만드는 저해 요인이 된다. 필요로 하는 크기로 마이크로 렌즈 배열 판을 만드는 것 또한 쉽지 않은 문제이다. 또 다른 문제점은 판에 배열된 각각의 마이크로 렌즈가 원형 모양을 하고 있다는 것이다. 이 경우, 일부의 평행 빔은 직접 판을 통과하고 노이즈(noise)를 발생시킨다. 이는 영상의 질을 저하시키는 요인이기도 하다.

광섬유(Fiber optics)를 사용한 배열 또한 PLS 배열로 사용할 수 있다. 광섬유를 이용한 PLS 배열의 문제점은 같은 피치(pitch)로 정렬시키는 어려움이 있다. 배열은 동일한 강도 분포를 가져야 하고 각 광섬유는 다른 것들과 함께 같은 방향의 빔을 가져야 한다는 것이다.

VCSEL(Vertical Cavity Surface Emitting Laser) 배열 또한 가장 이상적인 점광원 배열로 이는 피치(pitch)가 $25 \mu\text{m}$ 이므로 가능하다. 그러나 광섬유가 광 통신에 주로 사용되고 있기 때문에 파장 길이가 아직 적외선(IR) 범위에 이르고 배열 크기가 디스플레이에 응용하기에는 작다. 다른 가능성 있는 PLS 배열로는 SMD(Surface Mount Device) 형 LED(Light Emitting Diode) 배열과 PDP(Plasma Display Panel), ELD(Electro-Luminescent Display), FED(Field Effect Display), OLED(Organic LED)와 같은 능동형 평면 패널 디스플레이가 있다.

능동형 중에서 FED는 PLS 배열용으로 가장 유망하다. 이는 다른 평면 패널 디스플레이에 비해 작은 픽셀 사이즈와 높은 광도를 가지고 있기 때문이다. 그러나 가능한 FED의 크기는 다른 것들에 비해 작고, 광도는 PLS 배열용으로 사용하기에는 아직까지는 낮은 편이다. OLED, ELD과 PDP는

PLS 배열용으로는 픽셀 사이즈가 크고 광도가 낮다. 그러므로 LED 배열이 현재 평행 빔을 대신할 수 있는 유일한 방법이라고 말할 수 있다. 현재의 LED 배열은 이상적인 PLS 배열로는 아직까지 거리가 있는데, 큰 배열 pitch, 상대적으로 작은 방사 각도, 그리고 커다란 방출 표면 지역과 pitch 허용도 등 보완해야 할 점들이 많다. 각 PLS의 방출 표면은 다른 PLS의 방출 표면과 함께 같은 평면 표면에 있는 것은 아니다. 이런 이유로 현재 상용화하고 있는 LED를 영상 디스플레이용으로 주로 사용되고 있다. 사용되는 LED의 pitch는 약 2.5 mm 이고 빔의 방사각도는 약 20° 이다. 이 각도는 $d_V = 1.5 \text{ m}$ 에서 b 의 최대값이 약 52 cm 이므로 디스플레이 시스템을 제작하는 데는 작은 값이다. 여기서 d_V 는 VZCS와 디스플레이 사이의 거리를 나타내고 b 는 VZCS의 폭이다. $200 \times 200 \mu\text{m}^2$ 의 정사각형 모양을 한 각 LED의 방사 표면은 현재 시장에서 가용하는 대부분의 LED 디스플레이 패널로 이용되고 있다. 디스플레이용으로 사용될 LED 패널이 LED 방출 표면보다 작은 픽셀 피치를 가지면 PLS로 사용할 수 있다. 사실, 현재 시장에서 사용하고 있는 LCD는 대부분 약 $300 \mu\text{m}$ 의 pixel을 가지고 있다.

III. 면광원(Extended Light Source)의 효과에 의한 시차분할

면광원(ELS)은 제한된 방출 표면으로 표면의 크기를 정하기 위해 복합광원(multiple light source)으로 고려해야 한다. 능동형 디스플레이 화소와 LED의 일반적인 모양(shape)은 사각형이고, 평행빔의 경우에는 원형, VCSEL의 경우는 타원형의 형태를 나타낸다. LED에서 발산되는 광은 대부분 중앙 전극을 통과하지만 중심과 위, 아래 그리고 오른쪽과 왼쪽으로 같은 광 방향(beam direction)과 방사각(radiation angle)을 갖는 5개의 PLS로 고려할 수 있다. 이는 양안 시차의 요소가 수평과 수직 내에 있기 때문이다. 이들 5개의 PLS 중에 중심만이 시스템을 설계하는데 중요한 요소이다. 수평 방향으로 2차원 형태로 보면 ELS는 세 방향으로 분리되어 방사하는 PLS와 유사하다.

그림 1은 PLS 배열로 이루어진 다중 3차원 영상 시스템의 시역형성을 도식화 한 것이다. 이 도형은 PLS 배열, 디스플레이 패널 그리고 시역 등으로 구성되어 있다. 각 시역과 접촉하는 점들을 연결하는 선들은 각 시역의 시역단면(viewing zone cross-section(VZCS))으로 정의할 수 있다. 이 도식에서 디스플레이 패널은 화소 셀(pixel cell)들로 구성되어 있다. 화소 셀은 다시점 영상들을 배열하는 기본 단위이다. PLS 배열에서 각 PLS는 PLS에서 방사하는 선들이 화소 셀 앞의 모서리를 통과하도록 정렬한다. 만일 화소 셀이 n 개의 면을 가지면 n 번의 횡단점 들이 나타나게 될 것이다. n 번의 횡단한 점들에 의해 형성된 공간 영역이 VZCS이다. VZCS는 화소 셀(pixel cell)을 확대한 복제라고 할 수 있다. 그러므로 선들이 화소 셀의 앞쪽 대신에 이웃하는 화소 셀 들을 통과하

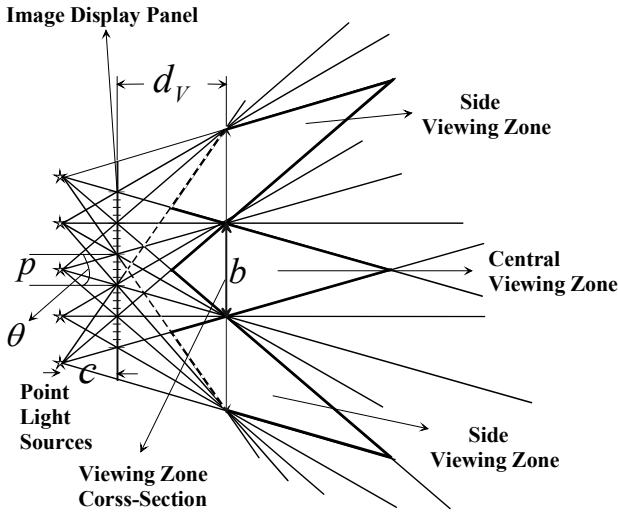


그림 1. 점광원 배열로 이루어진 다중 3차원 영상 시스템의 시역 형성.

면 다른 VZCS들이 앞쪽 화소 셀로 인해 생성된 VZCS 바로 다음에 생겨 날 것이다.

앞쪽 화소 셀의 VZCS를 중앙(central) VZCS이라 하고 다른 쪽을 측면(side) VZCS이라 명명한다. 깊이감이 역전(pseudo-scopic)되는 시역부분은 이들 VZCS들 사이에서 형성된다. 각 화소 셀은 서로 다른 영상 수와 일치하는 픽셀의 수 이므로 각 PLS의 선들은 균등하게 VZCS들을 화소 셀에 있는 화소 수와 일치하는 구역으로 나눌 것이다. 그러므로 VZCS는 각 화소 셀 내 $k \times l$ 픽셀과 일치하는 $k \times l$ 부분(segments)으로 나누어진다. 각각의 분리된 영역에서, 분리된 영역에 대응되는 각 픽셀의 구성으로 된 시 영상을 보게 된다. 각 분리된 시역의 폭은 가로 방향으로 b/k 로 정의된다. 여기서 b 는 VZCS의 폭이다. VZCS의 상기된 수는 sub-zone에서 볼 수 있는 시 영상을 나타낸다. 기하적으로 시역거리(viewing distance)는 VZCS와 디스플레이, d_V 사이의 거리이다. 디스플레이와 PLS사이의 거리 c 와 픽셀 피치 P_x 는 $d_V = cb/P_x$ 의 관계를 가진다.

중앙 3개의 PLS와 측면의 두 PLS로 ELS가 근사화 될 때는 중앙 PLS 픽셀이 VZCS 자체로 구성되어진다. 그림 2는 픽셀이 4개의 픽셀로 구성된 4개의 다른 시영상을 갖는 그림을 나타낸다. 그림 2에서 보듯이, 2개의 PLS는 VZCS에서 $d_V e/2c$ (여기서 e 는 방사 표면의 직경이다) 만큼 좌측에서 우측방향으로 천이가 된다. 따라서 VZCS는 오른쪽과 왼쪽 방향으로 $d_V e/2c$ 의 양 만큼 확대된다. 만약 두 PLS들에 의한 천이 총량 s 가 sub-zone 폭 b/k 보다 크면, 즉 $s = d_V e/c \geq b/k$ 의 관계가 성립한다면, 각 sub-zone은 그 주변에서 중첩(overlap) 될 것이다. 그 결과로, 특별한 시 영상을 위한 시역구간에서의 구분은 없을 것이다. 즉 VZCS의 어떠한 곳에서도 두 다른 시 영상은 섞일 것이며 동 시간에 볼 수 있을 것이다. 그 결과로, 혼합 영상 구간에서 관측되는 영상은 관측되는 영상은 이중 또는 다중 영상이 발생할 한다.

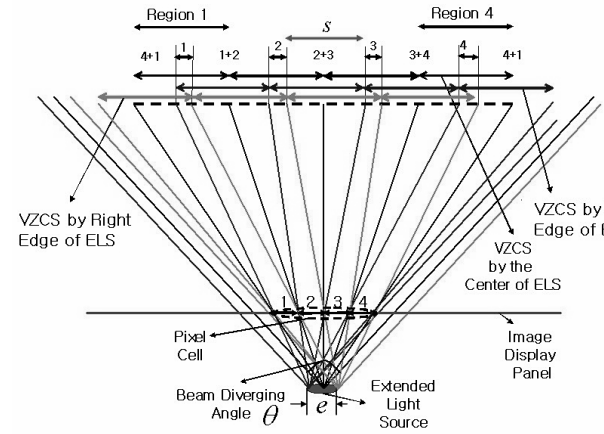


그림 2. 4개의 픽셀로 구성된 4개의 다른 시 영상을 갖는 도식.

혼합영상에서 시각화되는 영상의 질은 이웃하는 시 영상의 불일치(disparity)를 점점 작게 함으로써 증대시킬 수 있다. 이 경우, 혼합 영상은 이웃한 두 시 영상 사이에서 그 특성이 나타난다. 두 이웃한 영상의 최소의 불일치(disparity) 값은 한 픽셀이다. $b/k < s$ 일 때, 즉 s 가 한 화소의 sub-zone 크기보다 클 때, 두 개의 이웃한 sub-zone은 부분적으로 중복(overlapped) 될 것이다. 3개의 다른 시영상은 중복 영역에서 혼합될 것이며, ELS의 크기가 증가하듯이, 역입체시(pseudo-scopic viewing) sub-zone 또한 증대될 것이다. 그러나 각 sub-zone 남아 있는 중앙 부분의 시영상은 중복이 되지 않는다. 즉 각 시영상은 각 부분에서 관측할 수 있다. 그 결과 VZCS는 혼합 영상 부분과 시 영상부분의 둘로 나누어진다.^[7]

주변과 중앙의 중복 그리고 주변과 주변 시 영역의 중복에 의한 시 영역은 확대가 될 것이다. 이는 천이 양(ed_V/c)에 따라 증가를 할 것이다. 각 시영상의 설정 조건에 따라 다른 시 구간을 가진다는 것은 PLS가 ed_V/c 보다 큰 경우, 다시 말해 $P_x(c + d_V) > ed_V$ 의 경우 sub-zone의 크기에 따라 달라진다. ELS에 관련된 다른 영향으로는 시구간에서 불균일한 휘도의 분포이다. VZCS의 각 sub-zone에서 보이는 영상의 휘도는 세 개 광원에 의한 영상의 동 시간 조사 때문에 세 광원의 영향을 받아 결정이 된다.

그림 1에서 PLS 배열의 피치와 화소 셀의 피치가 각각 a 와 p 이고 VZCS의 면적이 b 이면 아래와 같은 관계식을 만족한다.

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{p} \tag{1}$$

여기서 a 와 b 그리고 p 는 양수이다. PLS 배열에서 패널까지 거리 c 는 삼각법에 의해 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{c}{a} = \frac{d_V}{b} \tag{2}$$

여기서 d_r 는 스크린에서 관찰자까지의 거리이다. 식 (2)에 따르면 c 값의 증가에 따라 d_r 값이 증가하거나 b 값이 감소되어야 한다. 이는 a 값이 고정된 값이기 때문이다. 실제적인 상황에서 b 의 최소값이 양안거리에 가까워져야 관찰자가 시역에서 3차원 영상을 볼 수 있기 때문에 PLS 배열에서 각 광원은 θ 각도로 방사하는 경우 b 값은 식 (3)과 같은 식을 만족한다.

$$bc \leq 2(c+d_v)\tan(\theta/2) \quad (3)$$

PLS 배열을 위해 최소로 필요로 하는 광원의 수렴각(divergence angle)은 디스플레이 패널이 화소 셀의 수에 의존하며, 만약 그 수가 m 이고 홀수의 정수이면 최소 수렴각 α 는 다음과 같다.

$$\alpha = 2\tan^{-1}\left[\frac{bc(m-2)c+d_v}{2d_v(c+d_v)}\right] \quad (4)$$

PLS가 중심점에 화소 셀의 법선 방향, α_p 에 있을 때 화소 셀을 포함하는 각은 $\alpha_p = 2\tan^{-1}bc/2(c+d_v)$ 으로 계산된다. 이 각은 픽셀 셀의 피치와 PLS 정렬의 사이의 차이에 기인하는 것으로 α 각 보다 작은 값이다. ELS의 효과는 화소 셀이 정수 픽셀로 구성이 되어있지 않을 때와 다른 값을 갖는다.^[7] ELS의 경우 두 개의 이웃한 시영상은 동시에 관측되나 두 개의 이웃한 시영상은 정수가 아닌 경우 혼합이 된다.

IV. LED 배열에 의한 3차원 영상

3차원 이미지 디스플레이의 첫 번째 실험은 평행하게 만든 레이저 광으로부터 초점 맺힌 광 배열로서 수행을 하였다.^[4] 그 결과 영상은 평행빔을 사용한 마이크로 렌즈 배열로부터 나오는 직접 투과된 광에 의해 흐림화(blurred)가 발생한다.

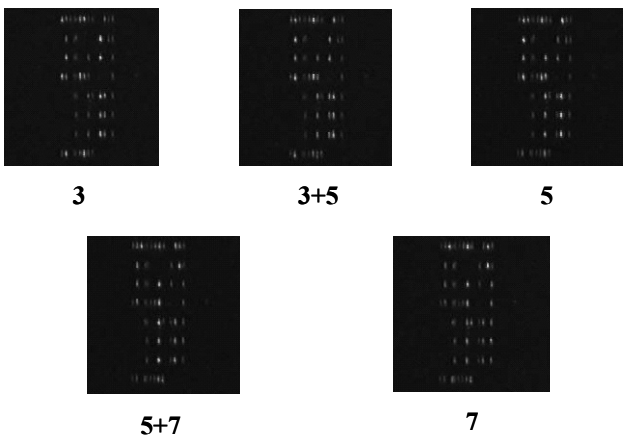


그림 3. 시역단면(Viewing Zone Cross-Section)에서 다른 번호에 의해 보이는 구간.

그림 3은 8×8 LED array를 사용한 결과를 나타낸다. 피치와 빔 각도는 각각 2.5 mm와 20°이다. 각 화소 셀은 조정된 9.5 픽셀을 포함한다. 이 경우, VZCS는 셀 안에서 픽셀 정렬이 두 화소 셀 단위를 반복하는 두 화소의 셀로 정의가 된다.

그림 4는 ELS 1과 2의 두 화소 셀 안에서 이미지 정렬에 의한 시역구간의 형성을 기하적으로 나타낸 것이다. 영상번호 1, 3, 5, 7, 9은 첫 번째 화소 셀의 1, 3, 5, 7, 9 픽셀에 위치를 하며 상대적으로 같은 차수의 두 번째 화소 셀이 존재를 하지만 첫 번째 절반 화소는 고려되지 않는다. 숫자는 다섯 개의 다른 시 영상을 대신한다. 그림 5는 ELS크기가 화소 셀의 4/5에 해당하는 경우이다.

그림 5에서 보듯이, PLS는 VZCS에 의한 ELS의 중심점에 대응되고, 두 ELS는 VZCS에 의해 생성된, 좌우측 면의 ELS 1에 대응이 된다. 두 VZCS는 화소 폭의 2/5에 해당하는 양만큼 대응되어 VZCS가 좌 우측 방향으로 천이 됨으로써 획득 되어 진다. 그러므로 세 개의 VZCS는 서로 중첩이 되고 새롭게 확장된 VZCS를 생성한다. 확장된 양은 천이된 양과 같다. ELS 2는 또한 세 개의 VZCS를 생성한다. 그러나 이러

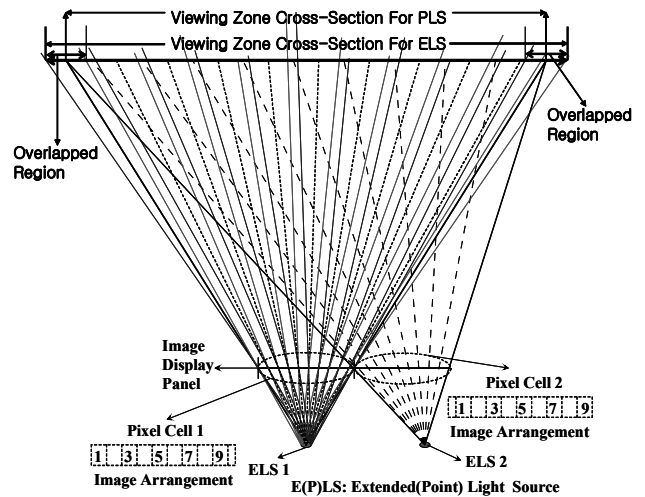


그림 4. ELS 1과 2 그리고 두 화소 셀 안에서의 이미지 정렬에 의한 시역구간의 형성의 기하적 모식도.

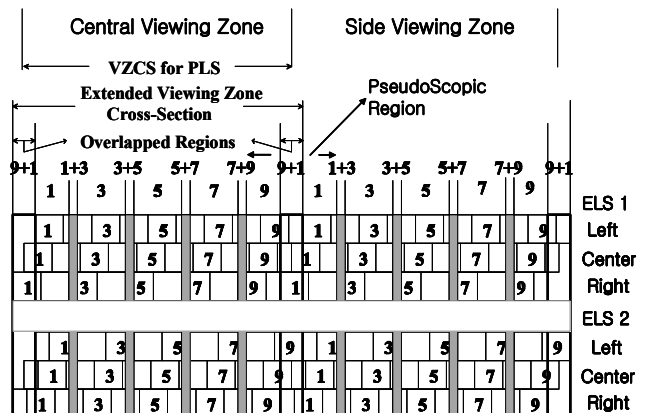
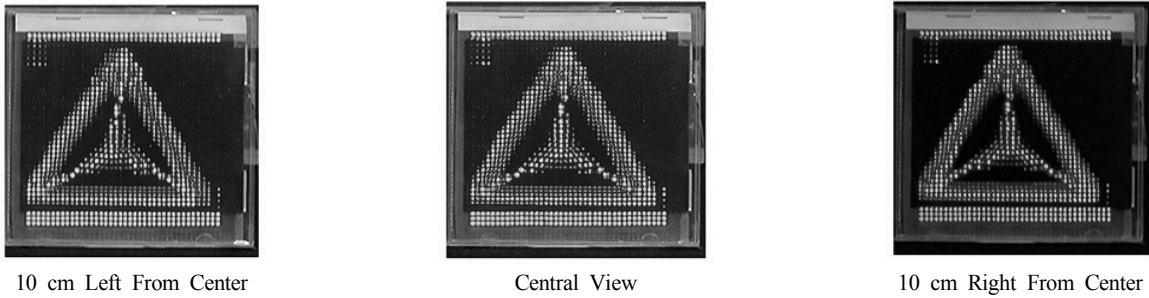


그림 5. ELS 크기가 화소 셀의 4/5에 해당하는 경우의 영상.



(a) 필름에서 LED array와 다시점 영상



(b) 3 방향의 다른 방향에서 보았을 경우 영상

그림 6. 40×40 LED 정렬에 의한 삼각 프리즘 디스플레이.

한 VZCS의 분할은 우측으로부터 ELS 1의 VZCS에 대응하는 반 화소의 패턴 천이를 가진다. 그러므로 마지막 VZCS에서의 네트 구분은 여섯 개의 VZCS의 조합에 의해 정의 된다. VZCS는 두 조정된 시 영상의 혼합된 영상의 동 시간적 관측을 위한 시역 번호 1, 3, 5, 7, 9와 여섯 구간의 구역으로 나뉘어진다. 안쪽 네 개 혼합 영상의 폭은 반 픽셀과 b/kP_x 의 비율이 곱해진 ELS 1의 폭 사이에서 다르게 타나난다. 여기서 $k=9.5$ 이다. 이러한 경우, 폭은 0.5 픽셀 피치에 대응이 된다. 그림 5는 또한 모든 여섯 개의 VZCS에서 같은 번호의 이미지가 나타나지 않는, 공통 구간이 존재하지 않을 경우를 나타낸 것이다.

그림 3에서 LCD와 LED를 사용하였으며 픽셀과 방사면의 크기는 각각 $264 \times 264 \text{ um}^2$ 와 $200 \times 200 \text{ um}^2$ 이며, 그림 5는 VZCS를 위한 그림 3의 도식을 나타낸 것이다. 영상은 3, 3+5, 5, 5+7 그리고 7의 자취(traces)를 나타낸다. 여기서 3+5는 3과 5가 겹쳐진 영상을 나타내며 5+7는 5와 7이 겹쳐진 영상을 의미한다. 이미지에서 명확하지 않은 일부의 부분은 LED 정렬의 피치에서 톨러런스(tolerances)로 인해 생기는 것이다. 그림 4에서 영상배열은 ELS 배열이 사용될 때 각 시영상의 시 구간을 나타내며 그림 6(a)는 40×40 LED 배열에 의한 삼각 프리즘 디스플레이를 나타낸다. 삼각 피라미드에서 5×5개의 다른 시 영상이 각 화소 셀에 배열되었다. 그림 6(b)는 피라미드에 대한 다시점 영상을 만들어 디스플레이한 것을 나타낸다. 그림에서 보듯이 피라미드 영상이 보는 각도에 따라 다르게 보여짐을 알 수 있다. 3차원 영상을 중심에서 10 cm 좌측으로 움직인 곳에서 그리고 중심에서 우

표 1. Characteristics of color LED-array-based 3D display device

Parameters	Specifications
Number of LEDs in unit	3 (RGB)
Number of units in module	32×32
Number of modules	4×3
Total number of units	128×96
Distance between units	4 mm
Distance between LEDs	0.5 mm
Dimensions	51×38×15 cm
Distance between LED plane and LCD panel	15 mm
Pixel pitch of LCD panel	0.264 mm
Number of pixels in a pixel cell	15
Observation base (width of the viewing zone)	40 cm
Design distance (distance to base)	150 cm

측으로 10 cm 움직여서 본 것이다. LED 픽셀 모양을 보지 않기 위해서 거리 2.5 m 떨어진 곳에서 촬영을 하였다. 결과 각 영상들의 차이점을 분명하게 볼 수 있었다. 즉 왼쪽에서 오른쪽으로 움직임에 따라 피라미드의 왼쪽과 오른쪽 검은 지역이 연속적으로 증가함을 알 수 있다. 이러한 차이는 영상간의 시차로 인한 것이다.

표 1은 사용한 LED 배열판과 LCD패널 그리고 일부 디자인 파라미터를 종합한 표이다. 표에서 보듯이 본 논문에서 제시된 LED를 이용한 3차원 영상의 실험결과는 시청거리인 1.5 m에서 찍었으며, 깊이감이 뛰어난 영상을 획득 하였다. LED 패널은 천연색 LED가 4 mm 간격으로 128×96개의 배

열로 구성되어 있고, 각 천연색 화소는 0.5 mm 간격으로 배치되어 있다. LCD 패널은 0.264 mm의 화소 피치를 가지는 15인치형 모니터를 사용했다. 발광면의 면적은 $200 \mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$ 이다.

V. 결 론

3차원 영상은 LCD 에서 후면 광 패널(back light panel)을 대신하여 PLS 배열을 사용하여 LC 패널에 조사함으로써 디스플레이 될 수 있다. PLS를 사용하여 3차원 영상을 디스플레이 하는 경우 기존의 시차장벽(parallax barrier), 렌티큘러(lenticular), 마이크로 렌즈(microlens lens) 등의 광학관을 사용할 때 발생하는 모아레 패턴의 문제, 영상밝기의 문제 등 여러 가지 광학적 문제점 등을 해소 할 수 있다. PLS로서 LED 배열을 사용하기 위해서는 LED 피치 오차를 최소화 하고 발광면의 크기를 화소의 크기에 비해 작을수록 좋다. 시역 형성을 위한 광학관을 사용하지 않고 다시점 3D 영상 시스템을 고안 할 수 있음을 본 연구를 통하여 규명하였다. PLS 배열 구조에서 3차원 영상 디스플레이는 최적의 PLS 배열을 사용함으로써 성공하였다.

참고문헌

- [1] Fundamental of 3-D Imaging Techniques (Japanese Edition), T. Izumi (Supervisor), NHK Science and Technology Lab., Ohmsa, Tokyo, 1995, Ch. 4, pp. 76-92.
- [2] Jung-Young Son and Bahram Javidi, "3-Dimensional Imaging Systems Based on Multiview Images," (Invited Paper), *IEEE/OSA J. of Display Technology*, V1(1), pp. 125-140, 2005.
- [3] S. T. de Zwart, W. L. Ijzerman, T. Dekker, and W. A. M. Wolter, "A 20" Switchable Auto-Stereoscopic 2D/3D Display," *IDW '04, Proc. of the 11 th International Display Workshops*, Japan, 2004, pp. 1459-1460.
- [4] Jung-Young Son, Vladimir V. Saveljev, Kyung-Tae Kim, Yong-Jin Choi, and Kyung-Hoon Cha, "Three Dimensional Imaging Systems Without Viewing Zone Forming Optics," *IDW '06, Proceedings of the 13th International Display Workshop*, pp. 1905-1908, Otsu, Japan 2006.
- [5] S. S. Kim, V. Savaliev, E. F. Pen, and J. Y. Son, "Optical design and analysis for super-multiview three-dimensional imaging systems," *SPIE proc.*, vol. 4297, pp. 222-226, January 20-26, SanJose, 2001.
- [6] A. E. Siegman, "An Introduction to Lasers and Masers," Mc GRAW - Hill Book Company, New-York, 1971, pp. 304-321.
- [7] Jung-Young Son, Vladimir V. Saveljev, Min-Chul Park, and Shin-Wan Kim, "Viewing Zones in PLS Based Multiview 3 Dimensional Imaging Systems," *Submitted to IEEE/OSA Journal of Display Technology*, M. P. Brown and K. Austin, The New Physique, PublisherCity: PublisherName, 2005, pp. 25-30.

Study on 3 Dimensional Images Using LED by PLS with No Viewing Zone Forming Optics

Kyu-Hwan Choi^{1,2} and Sung-Kyu Kim^{1†}

¹Imaging Media Research Center, Korea Institute of Science and Technology, P.O.Box 131, Cheongryang, Seoul 130-650, Korea

²Laser Spectroscopy Lab., Department of Physics, Korea University, Anam-dong Seongbuk-Gu, Seoul, 136-701 Korea

[†]E-mail: kkk@kist.re.kr

Jung-Young Son

School of Computer and Communication Engineering, Daegu University, Naeri, Junryang, Gyeongbuk, 712-714, Korea

(Received January 30, 2008, Revised manuscript March 28, 2008)

A two dimensional point light source array can replace both the viewing zone forming optics and the back light panel in the contact-type 3 dimensional imaging systems based on LC panels. This replacement can make the system structure of the 3 dimensional imaging systems no different from that of the conventional LCD and can reduce undesirable visual effects caused by the viewing zone forming optics. The problem with the point light source array is the visual quality deterioration of the system due to the non-ideal nature of the array.