Journal of Knowledge Information Technology and Systems

ISSN 1975-7700

http://www.kkits.or.kr

Multiview Autostereoscopic Image Generation using Adaptive Subpixel Interlacing

Jong-Ui Hong[1], Uk-Hyun Lee[2], Yoo-Joo Choi[*3]

[1]*Darim Co., Ltd.*
[2]*School of IT Convergence Engineering, Shinhan University*
[3]*Department of Newmedia Content, Seoul Media Institute of Technology*

ABSTRACT

In this paper, we propose an adaptive subpixel interlacing method for optimal multiview autostereoscopic display using any lenticular lens sheets. Previous autostereoscopic display systems based on the lenticular lens needed the exclusive lenticular lens sheet which fits physical pixel size and resolution of display screen. Most of them provided the image viewing software using fixed subpixel interlacing method that can be optimized only for own system. On the other hand, our method relocates subpixels of multiview images adaptively based on the physical features of the display device and lenticular lens sheet. This makes the optimal multiview autostereoscopic display possible for any display and any lenticular lens sheets. Three test images were used for experiments. Especially we generated a synthesized test image which consists of four black images and five white images for showing effectiveness of the proposed method more clearly. We demonstrated experimentally that the audience can watch a clear autostereoscopic image provided by suitably separating left-eye image and the right-eye image from the multiview synthesized image which is produced by our method.

ⓒ 2016 KKITS All rights reserved

KEYWORDS: Autostereoscopic image, Subpixel interlacing, Lenticular lens, Multiview stereoscopic image

ARTICLE INFO: Received 1 September 2016, Revised 7 October 2016, Accepted 7 October 2016.

[*]Corresponding author is with the Department of Newmedia Content, Seoul Media Institute of Technology, 99 Hwagok-ro 61-gil, Gangseo-gu, Seoul, 07590, KOREA.
E-mail addresses : yjchoi@smit.ac.kr

www.kci.go.kr

1. 서 론

영화, 드라마, 의료 등 다양한 분야에서 현실감과 몰입감을 높일 수 있는 3차원 콘텐츠 및 이를 위한 3차원 입체 디스플레이 장치에 대한 관심이 높아지면서 다양한 연구들이 진행되어 왔다. 3차원 입체 디스플레이 장치는 크게 안경방식과 무안경 방식으로 구분된다. 안경방식은 전용 안경을 이용하여 시청자에게 좌안과 우안의 영상을 분리하여 제공하는 방법으로서 입체감을 크게 느낄 수 있도록 하지만 전용 안경을 착용해야 하는 불편함과 쉽게 시각적 피로감을 느끼게 한다는 단점이 있다[1].

무안경 입체 디스플레이는 디스플레이 표면에 좌안과 우안의 영상을 분리하여 시청할 수 있도록 하는 특수패널을 부착하는 방식이다. 입체 특수 패널을 이용하여 사용자의 위치에 따라 다시점 영상을 시청할 수 있도록 한다. 다시점 영상을 생성하기 위해 입체 패널 제작 업체에서는 고유의 방법으로 입체 패널, 즉 시차장벽(parallax barrier)이나 렌티큘러 렌즈(lenticular lens)패널을 제작한다. 특히 입체 패널이 가지는 파라미터 예를 들어, 렌티큘러 렌즈의 기울기, 렌즈 개구부의 크기, 렌즈의 LPI(Line Per Inch)등이 부착하고자 하는 디스플레이 장치에 정확하게 맞도록 고정적으로 제작된다. 이러한 입체 패널의 속성과 LCD 모니터와 같은 디스플레이 장치의 속성이 정확히 일치하지 않는 경우 정밀하고 편안한 3D영상을 시청하기 어렵다[2,3].

무안경 방식의 입체 디스플레이[4]는 안경방식과 마찬가지로 시청자의 양안시차와 수렴의 요소를 이용한 방식으로 시차장벽 방식과 렌티큘러 렌즈 방식이 있다. 시차장벽 방식은 디스플레이 패널 앞에 장벽을 설치하여 좌안, 우안의 관측 차이를 통해 3차원 콘텐츠를 입체감 있게 나타내는 방식으로, 시야각이 좁고 영상의 밝기가 저하된다는 문제점이 있다. 렌티큘러 렌즈 방식은 디스플레이 패널 앞에 반원통형의 볼록한 렌즈를 부착하여, 빛의 굴절을 이용해 시청자의 가시영역을 분할하는 방식이다. 시차장벽에 비해 시야각이 상대적으로 높고 영상의 밝기가 밝다는 장점이 있다. 그러나 시청거리가 적정하게 확보되지 못한 경우 입체 영상 시청 시 크로스토크(Cross talk)와 무아레(moire)현상이 발생하여 입체감을 저하 시키고, 시각 피로도를 가져오는 단점이 있다[5,6]. 특히, 디스플레이 장치에 입체 패널이 정확하게 설치가 되지 않은 경우, 크로스토크 문제가 심하게 발생된다. 이처럼 입체 패널의 설치를 정확하게 하기 위하여 많은 수공이 필요하다. 크로스톡을 줄이기 위한 방법으로 하드웨어적 접근 방법[7-10]과 소프트웨어 기반 방법[11-13]이 있다. 소프트웨어적으로 해결하기 위한 접근 방법으로 시차장벽 장치를 대상으로 한 연구가 진행되었으나[2] 렌티큘러 렌즈를 대상으로 하는 연구는 찾기 힘들다.

본 논문에서는 임의의 렌티큘러 렌즈와 디스플레이 패널을 사용하더라도 편안한 3D 입체 효과를 제공할 수 있는 소프트웨어적 해결방안을 제시하고자 한다. 이를 위하여, 우선적으로 무안경 3D 입체 디스플레이를 위한 다시점 입체 영상 생성 방법인 Thinning out, Waste-less, V3I의 방식을 분석하여, 각 방법의 장단점을 파악한다. 분석 내용을 기반으로 하여, 렌티큘러 렌즈를 이용한 무안경 입체 영상디스플레이 환경에서 렌티큘러 렌즈와 디스플레이 패널의 하드웨어적 특성에 따라 적응적으로 다시점 입체 영상을 생성하는 소프트웨어적 방법을 제안하고자 한다.

2. 무안경식 입체 디스플레이

2.1 무안경식 입체 디스플레이 장치 종류

www.kci.go.kr

대표적인 무안경 입체 디스플레이 방식인 시차장벽(parallax barrier)방식과 렌티큘러 렌즈(lenticular lens)방식은 다음과 같은 특성이 있다. 우선, 시차장벽 기반의 입체 디스플레이 장치는 디스플레이 장치 표면에 배리어라 불리는 차폐막을 두어 좌안과 우안의 시차를 만들어 내는 방식으로서 배리어를 통하여 현시점의 관찰자 위치에서 좌안으로 볼 수 있는 픽셀과 우안으로 볼 수 있는 픽셀을 구분해준다. 2D와 3D의 전환이 자유롭지만 배리어가 빛을 가리는 만큼 밝기가 반감되는 문제가 있고 하나의 디스플레이를 좌안과 우안으로 나누기 때문에 영상의 해상도가 줄어든다[14].

렌티큘러 렌즈 방식은 디스플레이 장치 표면에 반 원통형 렌즈의 배열 시트를 장착하여 양안 영상을 구분하는 방식이다. 렌티큘러 렌즈 방식은 영상의 밝기는 대체적으로 좋으나 대형화하기가 어렵다는 제약점이 있다. 또한 시청 거리에 따라 발생되는 크로스토크 문제와 영상의 저해상도화 문제 등을 가지고 있다.

2.2 다시점 입체 합성영상 생성방법 비교

다시점 영상(multiview image)은 시점이 서로 다른 2개 이상의 카메라를 이용하여 획득한 영상들을 하나의 영상으로 합성한 것을 의미한다. 기존의 단일 시점 영상과 달리 하나의 영상 장면에 다수의 카메라를 통해 촬영한 3차원의 영상을 표현할 수 있다. 본 절에서는 Thinning out, Waste-less, V3I 입체 합성영상 생성 방법을 비교하였다[15, 16].

2.2.1 Thinning Out

서로 다른 시점(viewpoint)에서 촬영된 각 영상들의 서브픽셀들을 한 번씩 번갈아가며 합성하는 방식이다. Thinning out 방법에서는 다수의 단일 시점 입력 영상과 합성되어 출력된 영상의 해상도가 동일하다. 합성되는 과정은 <그림 1>과 같다.

각 카메라 영상의 서브픽셀들을 합성하여 3D 출력 이미지를 생성하기 위하여 식(1)을 사용한다.

$$H(x,y,c) = Gm(x,y,c) \\ m = 1 + (3x + c - y\%n)\%n \quad (1)$$

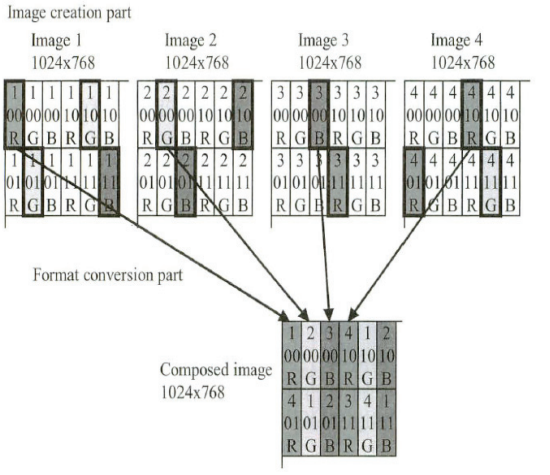


그림 1. Thinning out 방법
Figure 1. Thinning out method

여기서, $H(x,y,c)$는 합성된 출력 영상의 서브픽셀 데이터로 x,y는 가로, 세로 픽셀 좌표를 뜻하고 c는 R,G,B 색상, 즉 서브픽셀을 나타내는데 0일 경우 R, 1일 경우 G, 2일 경우 B를 의미한다. $Gm(x,y,c)$은 다시점 입력 영상의 서브 픽셀 데이터를 나타내는데 m은 입력 영상에서 m번째 카메라 영상을 뜻하고, n은 입력 영상의 수를 의미한다. 즉, 8개 시점의 카메라 영상이 사용된다면, n은 8이 된다. 그러나 Thinning out 방식의 단점은 영상의 시점이 많을수록 가로방향의 해상도가 저하되어 가로대 세로 방향의 해상도 비율이 원영상과 달라진다는 것이다.

www.kci.go.kr

2.2.2 Waste-less

Waste-less 방법에서는 thinning-out 방식이 가지는 출력 합성영상의 가로와 세로 해상도 비율 변화의 단점을 보완하기 위하여, n개의 서로 다른 시점에서 촬영된 영상들의 서브픽셀들을 <그림 2>와 같은 방법으로 합성한다. 즉, y 방향의 해상도를 맞추기 위하여 입력 영상의 y 축 한 줄에 대한 서브픽셀 합성 결과가 세 줄에 걸쳐 출력된다. 합성 출력 영상의 임의의 한 서브픽셀 $H(x,y,c)$는 식(2)에서 표현한 것처럼, m 번째 입력영상 서브픽셀 $Gm(x0,y0,c)$의 값으로 결정한다.

$$H(x,y,c) = Gm(x0,y0,c) \quad (2)$$
$$x0 = (3x+c-y\%3)/n$$
$$y0 = y/3$$
$$m = 1+(y/3)\%n+(3x+c-y\%3)\%n$$

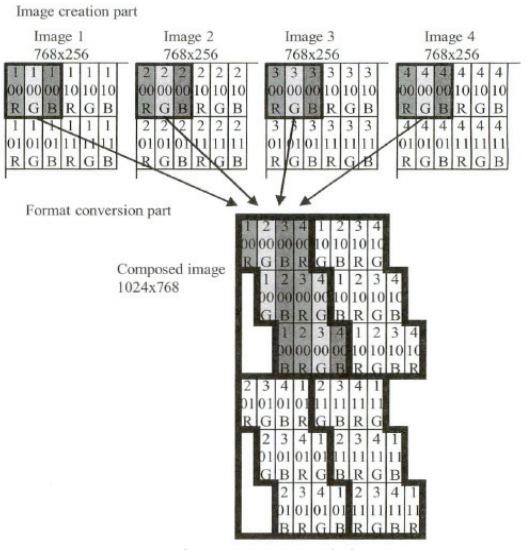


그림 2. Waste-less 방법
Figure 2. Waste-less method

Thinning out 방법이나 Waste-less 방법 모두 렌티큘러 렌즈 혹은 시차장벽의 사선 기울기가 18.43도로 고정된 경우 적용되는 방식으로, 사선의 기울기가 달라지는 경우, 그대로 적용할 수 없다.

2.2.3 V3I

무안경 3D 렌티큘러 렌즈를 개발하는 회사인 'V3I'에서 개발한 방식이다. 무안경식 다시점 입체 디스플레이 장치에서 8시점의 영상 합성해서 사용하는데 기본적으로 waste-less 방법의 서브 픽셀의 데이터를 인터레이싱 한다. 8시점 영상 매핑 방법은 <그림 3>과 같다.

상단 및 좌측의 번호는 출력 합성영상의 가로 및 세로 방향의 픽셀좌표를 의미하고, 두 번째 열의 숫자는 렌티큘러 렌즈를 통하여 영상을 시청할 때 느끼는 다시점 입체 합성영상의 한 행을 의미한다.

그림 3. 8개의 카메라 영상을 입력으로 받아 하나의 입체 합성영상을 생성하기 위하여 V3I 알고리즘을 이용하여 서브픽셀 인터레이싱하는 방법
Figure 3. Subpixel interlacing by V3I method for generation a stereoscopic synthesized image using eight input camera images

V3I의 알고리즘의 경우에도 렌티큘러 렌즈 한 라인이 디스플레이 장치의 8개의 서브픽셀을 커버하고, 렌티큘러 렌즈의 사선 기울기가 12.52도로 고정되어 있을 때만 적용할 수 있다. 이러한 조건이 만족되지 않을 경우 심한 크로스톡 현상이 발생하게 된다.

www.kci.go.kr

3. 적응적 다시점 무안경 입체 합성영상 생성

본 절에서는 다시점 영상을 생성하기 위한 렌티큘러 렌즈의 속성과 디스플레이 장치의 속성에 관하여 정의한다.

3.1 렌티큘러 렌즈 속성

렌티큘러 렌즈의 속성으로 LPI(Line Per Inch)와 렌즈의 기울기를 들 수 있다. LPI는 렌티큘러 렌즈에서 1 인치당 몇 개의 반원통형 렌즈(Lenticule) 라인, 즉 렌티큘러 시트 기본단위(lenticular sheet unit)가 포함되어 있는지를 뜻하며, 렌티큘러 렌즈의 기울기는 렌즈 라인이 시계방향이나 반시계 방향으로 기울어진 정도를 의미한다. <그림 4>에서 θ 가 렌티큘러 렌즈의 기울기를 표현하고 있다.

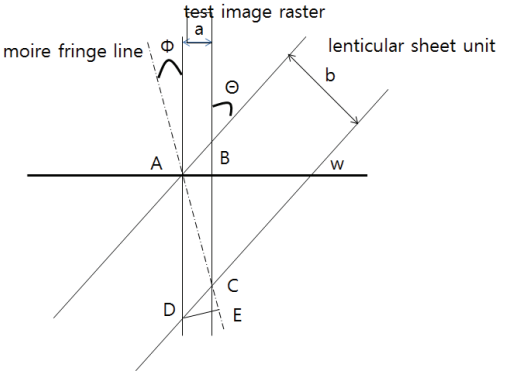


그림 4. 렌티큘러 렌즈의 기울기 Θ
Figure 4. Slope angle Θ of lenticular sheet unit

3.2 디스플레이 장치 속성

다음으로 디스플레이 장치의 속성 값으로는 PPI(Pixel Per Inch), 해상도, 디스플레이 장치의 대각선 길이를 사용한다. PPI는 디스플레이 장치에서 1인치 내에 포함된 픽셀의 개수이다. 해상도는 디스플레이 장치를 통해 출력될 영상의 가로 세로 픽셀수를 뜻하며, 대각선 길이는 디스플레이 장치의 우측 상단 모서리와 좌측 하단 모서리 부분까지의 길이를 인치 단위로 표현한 것이다. 적응적 다시점 합성영상 생성에 필요한 렌티큘러 렌즈와 디스플레이 장치, 입력영상 속성을 정리하면 <표 1>과 같다. <표 1>에서 디스플레이 장치 속성 PPI는 가로 해상도를 w, 세로 해상도를 h, 대각선 길이를 i 라 할 때 식 (3)과 같이 구한다.

$$ppi = \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{i} \tag{3}$$

실제로 한 개 픽셀의 절대적 크기는 1/PPI(inch)로 표현한다. 여기서 픽셀은 R,G,B 3개의 서브픽셀로 구성되기 때문에 서브픽셀 한 개의 절대적 크기를 SXa라 한다면, 식(4)와 같이 구할 수 있다.

$$SXa = (1/ppi)/3.0 \tag{4}$$

표 1. 입체 합성 영상 생성을 위하여 필요한 렌티큘러 렌즈, 디스플레이 장치, 입력 영상의 속성값
Table 1. Properties of lenticular lens, display device and input images for adaptive generation of multiview synthesized image

category	properties
lenticular sheet	LPI(Line Per Inch)
	slanted angle
display device	resolution (The number of pixels in horizontal and vertical direction)
	diagonal length (Inch)
	PPI(Pixel Per Inch)
input image	The number of input viewpoints
	resolution

렌티큘러 시트 기본단위에 포함되는 디바이스의 서브 픽셀의 개수를 입력 영상의 시점(viewpoint)의 수가 되도록 렌티큘러 렌즈를 제작하여야 크로스

www.kci.go.kr

토크 발생 위험을 줄이고 편안한 입체감을 제공할 수 있다. 렌즈의 기울기에 맞추어 y축 방향의 다음 라인의 서브 픽셀들이 적절하게 쉬프트(Shift)됨에 따라 사선형 렌티큘러 렌즈를 통해 영상 시청시 다시점 입체감을 느낄 수 있다. <그림 5>는 사선형 렌티큘러 렌즈에 최적화된 서브픽셀 인터레이싱 상황을 보여준다. <그림 5>에서 vn 은 n 번째 카메라로 획득된 영상의 서브픽셀을 의미하고, 빨간색 사선간의 거리가 렌티큘러 시트 기본 단위를 표현하고 있다.

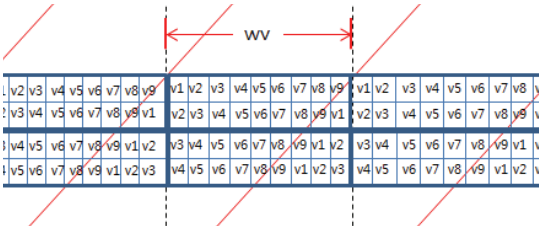


그림 5. 크로스토크를 최소화 하기 위한 최적의 입력영상의 서브 픽셀과 렌티큘러 렌즈 시트와의 관계
Figure 5. Optimal relation in subpixels of input images and lenticular sheet unit for minimizing the crosstalk

렌티큘러 렌즈에 맞는 디스플레이 장치의 최적화된 서브픽셀의 크기를 SXv라 한다면, 식 (5)와 같이 구할 수 있다.

$$SXv = Wv / Vn \tag{5}$$

여기서, Vn은 다시점 카메라의 개수를 의미하고, x축 방향으로의 단위 렌티큘러 렌즈간 거리 Wv는 식(6)과 같이 구할 수 있다.

$$Wv = (1/LPI)/Sin(90-\Theta) \tag{6}$$

이때, Θ는 렌티큘러 렌즈의 기울기를 의미한다. <그림 6>은 렌티큘러 렌즈에서 Θ, LPI, Wv의 관계를 보여준다.

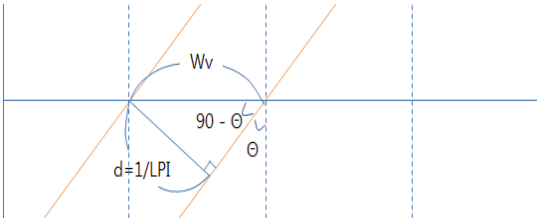


그림 6. 렌티큘러 렌즈의 속성. 수평 단위 Wv, LPI, 기울기 Θ의 의미.
Figure 6. Properties of lenticular lens. Horizontal size Wv of lenticular sheet unit, LPI and slope angle Θ

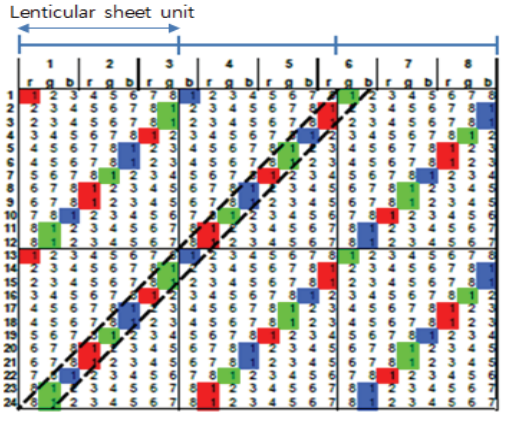
3.3 적응적 다시점 서브픽셀 인터레이싱

본 절에는 렌티큘러 렌즈와 디스플레이 장치의 속성이 달라짐에 따라 다시점 합성영상의 각 서브픽셀의 값을 적응적으로 배치하는 방법을 설명한다. 우선, <그림 7>은 렌티큘러 렌즈 속성에 맞게 최적으로 서브픽셀을 배치한 경우와 속성에 적합하지 않게 서브픽셀을 배치하여 크로스토크를 유발시키는 예를 보여 준다. <그림 7>(a)의 경우, 한 렌티큘러 시트 단위하에 8개 시점 영상에 대한 서브픽셀 정보가 포함되는 경우를 나타내고 있다. 따라서, 한 시청 각도에서 보았을 때 시점 1의 픽셀만이 선별되어 보여지고 있다. 반면, (b)의 경우 한 렌티큘러 시트 단위하에 9개 시점의 영상에 대한 서브 픽셀을 포함함에 따라 적절한 서브픽셀 재배치가 이루어지지 않아 시점 1,2,3,4 영상에 대한 서브픽셀들이 한 시청각도에서 섞여서 관찰되는 클로스토크를 유발하고 있다.

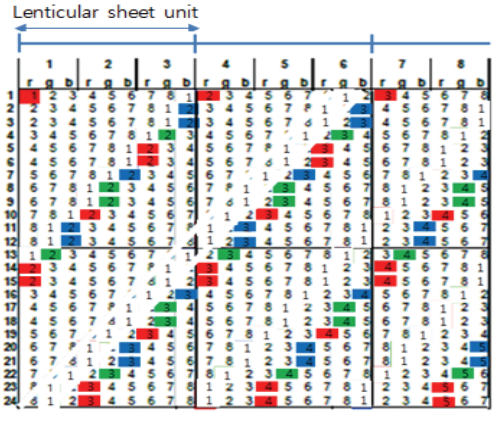
<그림 7>에서 설명하는 바와 같이 사선형 렌즈 기반 디스플레이 장치를 위한 입체영상을 생성하기 위해서는 렌즈의 속성과 서브픽셀의 속성이 최적으로 일치되어야 한다. 그러나 실질적으로 렌즈의 속성과 서브픽셀의 속성을 최적으로 맞추어 제작한다는 것은 쉽지 않다. 결과적으로, 다시점 입체 합성영상의 하나의 픽셀이 입력영상의 한 서브픽셀과 매칭되는 것이 아니라 하나 이상의 입력영

www.kci.go.kr

상들의 서브픽셀들과 매칭되는 경우가 발생하게 된다. 그러므로, 출력 다시점 입체 합성영상의 서브픽셀의 값을 결정하기 위해서는 렌티큘러 시트 단위 크기를 기반으로 최적의 서브픽셀의 크기 SXv 를 식(5)에 의하여 구하고, 식(4)에 의하여 구한 실제적인 디바이스의 서브픽셀 크기 SXa 와의 관계를 고려하여, 어느 입력 영상들에서 서브픽셀들을 가져와서 어떠한 가중치 비율로 혼합하여 서브픽셀값을 계산할 것인지 결정하여야 한다.



(a) Subpixel interacing to be optimal to lenticular lens properties



(b) Subpixel interacing to cause the crosstalk

그림 7. 사선형 렌티큘러 렌즈를 이용한 다시점 입체 합성영상 생성을 위한 서브픽셀 인터레이싱의 두 가지 사례.

Figure 7. Two subpixel interacing examples for slanted lenticular lens-based multiview stereoscopic image display

<그림 8>은 입체합성 영상에서 (x=6, y=3, c=G) (붉은색 원 표시)에 대한 최적의 서브픽셀 값을 결정하기 위해 해당 서브 픽셀에 매칭되는 입력영상 m1, m2을 결정하고, 각 입력영상의 서브픽셀값에 대한 가중평균을 구하기 위해 입력영상 m1과 m2를 위한 가중치 α와 β를 구하는 과정을 보여준다. <그림 8>에서 검은색 라인은 렌티큘러 렌즈에 최적으로 매칭되는 하나의 서브픽셀의 수직 라인을 나타내고 있는데, 이러한 렌티큘러 렌즈에 적합한 한 서브픽셀의 폭과 실제 디스플레이 장치의 서브 픽셀의 폭이 일치되지 않아, 한 서브픽셀의 값을 계산하기 위하여 두 개의 입력영상에 대한 서브픽셀 값이 필요함을 보여 준다.

<그림 8>에서, 우선, (x=6, y=3, c=G) 서브 픽셀에 매칭되는 시점 m1을 결정하기 위하여, (x=6, y=3, c=G) 서브 픽셀의 시작 위치와 매칭되는 y=0 열에서의 위치 A를 정의 한다. y=0 열에서 x=0인 시작 위치로부터 A점까지의 거리 X1을 구하고, X1에서 디바이스의 서브 픽셀의 폭 SXa 를 더한 거리 X2를 구한다. 이는 A지점으로부터 디바이스 서브 픽셀 하나의 폭에 해당되는 영역을 계산하기 위함이다. X1을 구하기 위해 δ 를 구한다. δ 는 (x=6, y=3, c=G) 서브 픽셀의 시작점을 꼭지점으로 가리키는 직각 삼각형 (Figure 8에서의 빨간색 표시 삼각형)을 이용하여 구한다. 직각 삼각형 T 는 <그림 9>와 같은 형태를 가진다.

<그림 9> 에서 직각 삼각형 T 의 밑변의 길이를 $y*SXa*3$으로 한 것은 픽셀의 높이와 폭의 비율이 1:1 일 때, 서브 픽셀의 높이 대 폭의 비가 3:1 이 되기 때문이다.

www.kci.go.kr

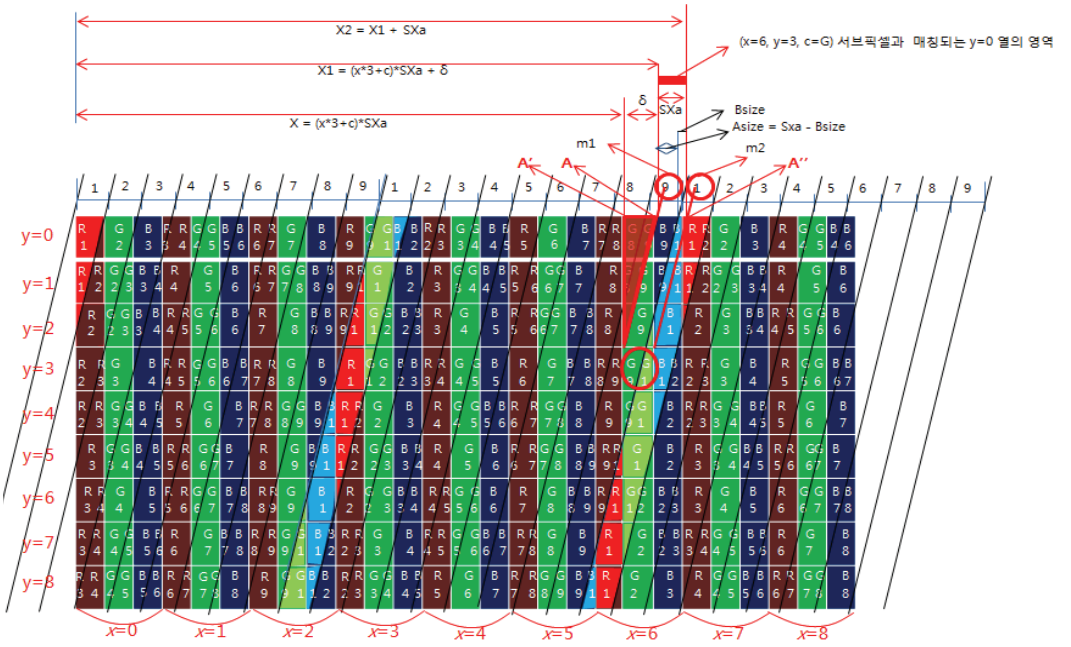


그림 8. 다시점 합성 영상에서 서브 픽셀 (x=6, y=3, G)을 결정하기 위한 입력 영상의 번호 s(m1,m2)와 가중치 (Asize, Bsize)의 관계

Figure 8. Matching input image IDs(m1,m2) and weight values(Asize, Bsize) to determine the value of subpixel (x=6, y=3, G) in a multiview syntheized image

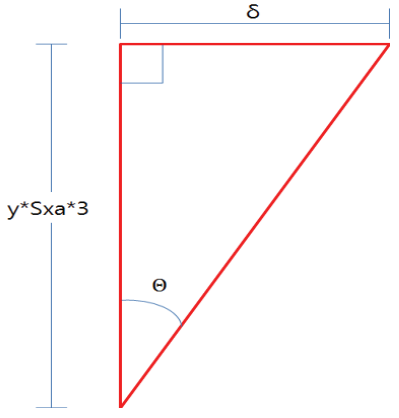


그림 9. 그림 8에서 서브 픽셀 (x=6, y=3, c=G)과 매칭되는 0 번째 행의 서브픽셀을 계산하기 위한 삼각형 T and δ.

Figure 9. Triangle T and δ to find a subpixel in row 0 matched to the subpixel (x=6, y=3, c=G) of Figure 8

직각 삼각형 T 로부터 δ는 식 (7)과 같이 구한다.

$$\delta = y * SXa * 3 * \tan(\Theta) \tag{7}$$

A의 위치에서 δ만큼을 뺀 위치를 A'라 할 때, $x=0$인 시작 위치로부터 x방향으로 A'까지의 거리를 X라고 정의 하면, X는 식(8)과 같이 구할 수 있다.

$$X = (x*3+c)*SXa \tag{8}$$

이는, A'는 (x=6, y=3, c=G) 서브 픽셀의 시작위치와 X만큼의 거리에서 C(R,G,B)값을 가지는 위치이기 때문이다. X를 식(8)과 같이 구할 수 있으므

www.kci.go.kr

로 $x=0$인 시작 위치에서 A까지의 수평 거리인 $X1$는 식 (9)와 같이 구할 수 있다.

$$X1 = X + \delta \tag{9}$$

A로부터 디바이스 서브 픽셀의 폭 SXa만큼 더한 위치 A''를 정의하고, $x=0$인 시작 위치로부터 A''까지의 수평 거리 $X2$라 하면, 이는 식 (10)과 같이 구할 수 있다.

$$X2 = X1 + SXa \tag{10}$$

렌티큘러 렌즈의 특성을 고려하여, 식(5)을 이용하여 계산한 최적의 서브 픽셀의 크기 SXv로 $X1$과 $X2$를 각각 나눔으로써 <그림 8>에서 $ASize$와 $BSize$를 구할 수 있다. 우선, $BSize$를 구하기 위해서 SXv의 크기를 1로 기준하여 상대적 비율 B를 식 (11)와 같이 구한다.

$$B = X2/SXv - Int(X2/SXv) \tag{11}$$

식(11)에 따라 B의 절대적 거리 $BSize$는 식 (12)과 같이 계산할 수 있다.

$$BSize = SXv * B \tag{12}$$

$BSize$와 $ASize$의 합이 SXa가 되므로 $ASize$도 식 (13)과 같이 구할 수 있다.

$$ASize = SXa - BSize \tag{13}$$

$ASize$와 $BSize$의 크기 비율은 (x=6, y=3, c=G) 서브 픽셀에 영향을 주는 시점 $m1$과 시점 $m2$의 가중치로 활용 할 수 있다. 즉, 시점 $m1$의 값을 위한 가중치를 α라 하고, 시점 $m2$의 값을 위한 가중치를 β라 할 때, α와 β는 각각 식(14)와 식(15)와 같이 계산한다.

$$\alpha = (ASize)/SXa \tag{14}$$

$$\beta = 1.0 - \alpha \tag{15}$$

시점 $m1$과 $m2$는 각각 식(16)과 식(17)과 같이 구한다.

$$m1 = Int(X1/SXv)\%N \tag{16}$$

$$m2 = (m1+1)\%N \tag{17}$$

여기서, N은 시점의 개수를 의미한다. 출력 영상의 (x,y,c) 서브 픽셀의 값은 $m1$과 $m2$ 시점 영상의 (x0, y0, c) 서브 픽셀 값을 각각 α와 β의 가중치로 가중평균을 구한 값으로 정한다. 즉 식 (18)과 같이 가중 평균값을 구한다.

$$(x,y,c) = \alpha * m1(x0,y0,c) + \beta * m2(x0,y0,c) \tag{18}$$

여기서 $x0, y0$는 각각 아래와 같이 계산된다.

$$x0 = Int((x*3+c)/N) \tag{19}$$

$$y0 = Int(y/3) \tag{20}$$

이때, 입력 영상의 전체 영역이 출력 영상의 전체 영역과 매칭될 수 있도록 하기 위하여 출력 영상의 각각의 입력 시점 영상의 크기를 고려한 보정처리가 식(21)와 식(22)과 같이 적용 되도록 한다.

$$x0 = Int(x0 * W_{input} / W_{output}) \tag{21}$$

www.kci.go.kr

$$y0 = Int(y0 * H_{input} / H_{output}) \quad (22)$$

여기서, W_{input}와 H_{input}은 입력 영상의 폭과 높이(픽셀수)를 의미하고, W_{output}과 H_{output}은 각각 식(23)과 식(24)을 통하여 구할 수 있다.

$$W_{output} = (W*3)/N \quad (23)$$

$$H_{output} = H/3 \quad (24)$$

W 와 H 는 출력 영상의 폭과 높이를 의미한다.

4. 실험 및 결과

4.1 실험 설계 및 방법

실험에 사용되는 실험 데이터는 9-tile 형식의 영상으로 하였다. 9 개의 카메라로 촬영된 영상들은 <그림 10>과 같이 3 x 3의 형태로 배치하였다. <그림 10>에서 m은 카메라 번호로 입력 영상의 ID 에 해당한다. 하나의 카메라로 획득한 영상의 크기는 640 x 360 이였고, 이 영상들을 3 x 3으로 배치한 1920 x 1080 해상도의 실험 영상을 제작하였다.

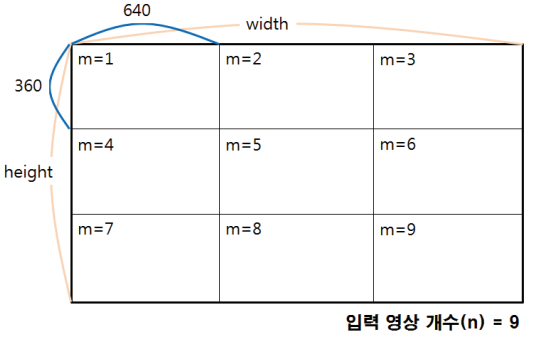
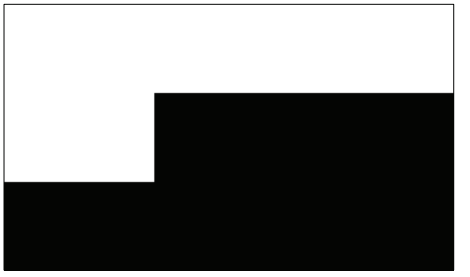
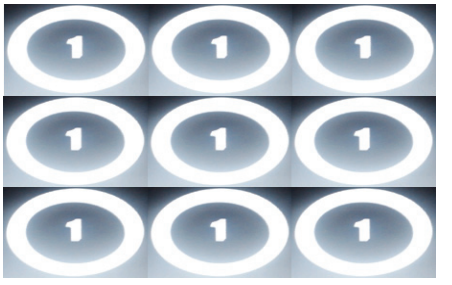


그림 10. 아홉 개의 카메라 영상들로 구성된 입력 영상
Figure 10. An input image to consist of nine image

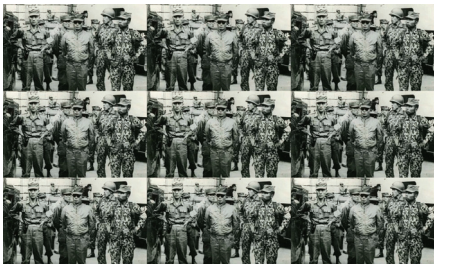
실험을 위해 총 3개의 실험 데이터를 사용하였다. 첫 번째 실험 데이터는 1번 카메라부터 4번 카메라의 영상 전체가 흰색 픽셀만을 가지도록 하고, 5번 카메라에서 9번 카메라의 영상은 전체가 검은색 픽셀만 가지도록 제작하였다. 두 번째 실험영상은 숫자 1이 크게 입체적으로 보이도록 제작하였고, 나머지 실험 데이터는 Autodesk maya 2013에서 입체 카메라 환경을 구성하여 합성된 실사의 영상을 사용하였다. <그림 11>은 각 실험 영상을 보여준다.



(a) input image 1



(b) input image 2



(c) input image 3

그림 11. 3개의 실험용 입력 영상
Figure 11. Three experimental images

www.kci.go.kr

표 2. 하나의 렌티큘러 렌즈를 이용한 3개의 서로 다른 실험 조건
Table 2. Three different experiment conditions using a lenticular sheet

	description	resolution of display device
condition 1	without rotation of the lenticular sheet	1366 x 768
condition 2	the proposed method was not applied after 5 degree rotation of the lenticular sheet	1366 x 768
condition 3	the proposed method was applied after 5 degree rotation of the lenticular sheet	1366 x 768

실험에 사용된 디바이스는 Lenovo 노트북 15인치, 너비 1366, 높이 768 크기의 노트북으로 <표 2>와 같이 하나의 렌티큘러 렌즈를 설치 기울기를 달리하여 노트북 스크린상에 부착하고, 제안 방법으로 다시점 입체 합성영상을 생성한 경우(condition 3)와 적용하지 않은 경우(condition 2) 생성된 입체 합성영상을 비교하였다. 성능 평가를 위하여 다양한 속성의 렌티큘러 렌즈들을 확보하여 서로 다른 디스플레이 패널에 부착하고 제안한 알고리즘을 통하여 생성된 다시점 입체영상의 입체감을 관찰하여야 하나, 다양한 렌티큘러 렌즈 확보의 어려움으로 인해 하나의 렌티큘러 렌즈를 이용해 설치 방법을 달리하여 다른 특성의 렌즈를 사용하는 효과를 냈다.

각 설치 조건에서 각각 3개의 실험 영상이 디스플레이 되도록 한 후, 키보드를 통하여 제안 방법의 입력 파라미터 즉, 렌티큘러 렌즈의 속성값 LPI(Line Per Inch)와 기울기 속성 값을 조정할 수 있도록 하였다. 조정된 속성값에 따라 제안한 다시점 입체 합성영상이 실시간으로 가시화 될 수 있도록 하였다. 영상 디스플레이 장치와 관찰자의 거리는 60cm로 확보하고, 디스플레이 장치 정면 앞에서 입체영상을 관찰하도록 하였다.

입체 영상의 화질을 객관적으로 평가하기 위하여 관찰자 위치에서 카메라로 다시점 입체 합성영상의 디스플레이 화면을 카메라로 촬영하였다. 실험 조건 1부터 실험 조건 3까지에 대하여 관찰자의 위치에서 촬영된 영상을 상호 비교 분석하였다.

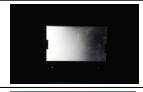
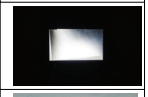
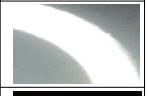
4.2 실험결과

실험 조건별 디스플레이 장치 및 렌티큘러 시트의 속성은 <표 3>과 같다.

표 3. 렌티큘러 렌즈 시트와 디스플레이 장치의 속성
Table 3. Properties of lenticular sheet and display device

	condition 1	condition 2
LPI	27.020	27.020
slanted angle	16.319	11.319
resolution of display device	1366 x 768	1366 x 768
PPI	81.5187	81.5187

표 4. 디스플레이 장치 정면 위치에서 각 실험 조건하에서 디스플레이 되는 다시점 입체 합성 영상을 카메라로 촬영한 영상
Table 4. Multiview stereoscopic images captured by the camera in the front of the display device in each experimental condition

	condition1	condition2	condition3
image 1			
image 2			
			
image 3			

디스플레이 장치 정면 위치에서 카메라로 촬영한 다시점 입체 합성영상의 디스플레이 결과는 <표 4>와 같다. 본 논문에서 제안하는 적응적 다시점 입체 합성영상 생성의 효과를 보다 명확히 확

www.kci.go.kr

인하기 위하여 제작한 실험 영상 1에 대해, 제안 합성영상 생성방법을 디바이스 속성에 맞게 조절한 설치조건 1과 설치조건 3의 결과영상을 살펴보면, 정면에서 거의 전체 화면이 하얗게 관찰되는 것을 확인할 수 있었다. 이는 4번 입력 영상이 좌안의 영상으로 입력되는 것으로 판단된다. 반면 설치조건 2에서는 빗살무늬 현상이 관찰되어 입체 영상이 제대로 디스플레이 되지 못하고 있음을 확인할 수 있었다.

실험영상 2에 대하여 렌티큘러 렌즈의 설치 조건을 고려하여 제안 적응적 입체 합성영상을 생성한 경우, 장비 전면 일정 거리에 떨어진 위치에서 촬영한 영상에서 영상의 깨짐 없이 명확한 입체 영상이 촬영되었지만, 렌티큘러 렌즈의 기울기를 고려하지 않은 상황에서의 촬영 영상에서는 영상 깨짐이 확연하게 관찰되었다. 실험 영상 3에 대해서 실험에 참가한 실험자들 전원이 실험조건 1과 실험 조건 3에서 명확한 영상의 입체감을 느끼는 반면, 실험조건 2에서는 울렁거림을 유발하는 영상의 깨짐을 느끼고 있었다.

5. 결 론

본 논문에서는 렌티큘러 렌즈가 가지고 있는 속성과 디스플레이 장치가 가지고 있는 속성 값을 고려하여 소프트웨어적으로 다시점 영상의 서브픽셀을 적절하게 재배치시켜 3D 입체 효과를 나타내는 방법을 제안하였다. 기존의 서브픽셀 인터레이싱 방법들은 렌티큘러 렌즈의 속성과 디스플레이 장치의 속성이 정확히 일치하여야만 적용할 수 있는 방법들이였다. 이에 반해, 본 논문에서 제안한 방법은 임의의 속성을 가진 렌티큘러 렌즈를 사용해도 소프트웨어적으로 렌티큘러 렌즈 속성과 디스플레이장치의 속성에 맞게 적응적으로 서브 픽셀 인터레이싱을 수행함으로써 크로스토크가 없이 편안한 3D 입체 영상을 생성할 수 있도록 하였다. 적응적 서브 픽셀 인터레이싱 방법은 Waste-less방식과 V3I사가 제안한 방식을 토대로 설계하였다. 렌티큘러 렌즈의 주요 속성으로는 LPI(Line Per Inch)와 렌즈의 기울기 속성이, 디스플레이 장치의 주요 속성으로는 PPI(Pixel Per Inch), 디스플레이 장치의 대각선 길이 (Inch)값이 적응적 서브픽셀 인터레이싱을 위한 파라미터로 사용되었다.

다양한 다시점 입체 영상 실험 데이터를 서로 다른 무안경 입체 디스플레이 환경에서 디스플레이 하도록 진행하는 실험을 통하여 제안한 방법이 크로스토크 현상이 없는 편안한 입체 영상이 생성함을 입증하였다. 제안 방법을 통하여 렌티큘러 시트등 무안경 입체 장비의 설치가 용이할 수 있도록 하였고, 디스플레이 장치에 국한하지 않고 다양한 해상도의 장치에 사용할 수 있는 일반형 렌티큘러 시트 장비의 보급이 가능하도록 하였다.

향후 연구로서 다시점 영상 생성의 속도를 높이기 위한 접근 방법으로 GPU를 이용한 다시점 영상 생성 알고리즘의 설계 및 구현 방법에 대한 연구가 요구되고 있다.

References

[1] J. G. Ahn, and J. W. Kim, *A GPU based Rendering method for multiple view autostereoscopic display*, Journal of the HCI Society of Korea, Vol. 4, No.2, pp. 9-16, 2010.

[2] K. Jung, J. I. Park, and B. U. Choi, *A multi-view images nterleaving for slanted parallax barrier based displaydevice*, Journal of Broadcast Engineering, Vol. 17, No. 3, pp. 491-502, 2012.

[3] S. M. Wi, and S. H. Lee, *Autostereoscopic*

www.kci.go.kr

display system using a variable parallax barrier, Korean Journal of Optics and Photonics, Vol. 19, No. 2, pp. 95-102, 2008.

[4] N. A. Dodgson, *Autostereoscopic 3D displays*, Computer, Vol. 8, pp. 31-36, 2005.

[5] X-F. Li, C-H. Wang, D-H. Li, and A-H. Wang, *Image processing to eliminate crosstalk between neighboring view images in three-dimensional lenticular display*, Jornal of Display Technology, Vol. 7, No. 8, pp. 443-447, 2011.

[6] J. M. Huh, S. H. Oh, S. M. Chae, H. J. Yoo, and M. S. Jung, *The manufacturing of lenticular lens for 3D display realization*, Proc. of Domestic Conference of Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, Vol. 11, pp. 96-97, 2011.

[7] H. H. Hui, M. H. Kuo, H. H. Huang, S. C. Chuang, C. H. Chen, and C. H. Tasi, *High resolution autostereoscopic 3D display with proximity projector array*, SID Symposium Digest of Technical Papers, Vol. 39, NO. 1, pp. 760-763, 2008.

[8] S. S. Kim, B. H. You, H. Choi, B. H. Berkeley, D. G. Kim, and N. D. Kim, *World's first 240Hz TFT?LCD technology for Full?HD LCD ?TV and its application to 3D display*. SID Symposium Digest of Technical Papers, Vol. 40, No. 1, pp. 424-427, 2009.

[9] M. Zhou, H. Wang, W. Li, S. Jiao, T. Hong, S. Wang, X, Sun, X. Wang, J. Y. Kim, and D. Nam, *A unified method for crosstalk reduction in Multiview displays*, Journal of Display Technology, Vol. 10, No. 6, pp. 500-507, 2014

[10] J. Park, D. Nam, G. Sung, Y. Kim, D. Park, and C. Kim, *Active crosstalk reduction on multi-view displays using eye detection,* SID Symposium Digest of Technical Papers, Vol. 42, pp.920?923, 2011.

[11] Y. C. Chang, C. Y. Ma, and Y. P. Huang, *Crosstalk suppression by image processing in 3D display,* SID Symposium Digest of Technical Papers, Vol. 41, pp.124?127, 2010.

[12] J. S. Lipscomb, and W. L. Wooten, *Reducing crosstalk between stereo- scopic views,* IS&T/SPIE 1994 International Symposium on Electronic Imaging: Science and Technology, pp. 92-96, 1994.

[13] H. Hong, *Reduction of spatially non-uniform 3D crosstalk for stereo- scopic display using shutter glasses*, Displays, Vol. 33, No. 3, pp. 136-141, 2012.

[14] S. H. Lee, *3D display using parallax barrier and lenticular screen*, Information Display, Vol. 10, No. 3, pp. 15-23, 2009.

[15] K. Mashitan, H. Takahash, and T. Aida, *Multi-view glass-less 3-D display by parallax barrier of step structure*, Mem. Fac. Vol. 48. pp. 1-8, 2007.

[16] A. Schmidt, and A. Grasnick, *Multiviewpoint autostereoscopic displayfrom 4D-Vision GmbH. Electronic imaging,* international society for optics and photonics, Vol. 46, No. 60, pp. 212-221, 2002.

적응형 서브픽셀 인터레이싱을 이용한 다시점 입체 합성영상 생성

www.kci.go.kr

홍종의[1], 이욱현[2], 최유주[3]
[1]*다림비전*
[2]*신한대학교 IT융합공학과*
[3]*서울미디어대학원대학교 뉴미디어콘텐츠학과*

요 약

본 논문에서는 임의의 종류의 렌티큘러 렌즈를 사용하여 최적의 다시점 무안경 입체 영상을 디스플레이하기 위한 적응형 서브픽셀 인터레이싱 기법을 제안한다. 기존 렌티큘러 렌즈 기반 입체 시스템에서는 다중 시점에서 촬영한 영상으로부터 하나의 다시점 입체 합성 영상을 생성하기 위하여 디스플레이 장치의 물리적인 픽셀 크기에 맞추어 렌티큘러 렌즈를 제작하고 고정적인 서브픽셀 인터레이싱 방법을 적용하였다. 이에 비해 본 논문에서 제안하는 기법은 디스플레이 장치의 물리적 특성정보와 렌티큘러 렌즈의 물리적 속성 정보를 입력으로 받아 최적의 입체 합성 영상의 서브픽셀값을 적응적으로 생성하도록 함으로써 임의의 렌티큘러 렌즈를 사용하여 다시점 무안경 입체 영상을 디스플레이 할 수 있도록 한다. 실험을 위하여 3개의 테스트 영상을 사용하였다. 특히, 제안 방법의 효과를 보다 명확히 보이기 위하여 4개의 블랙영상과 5개의 화이트 영상으로 구성된 테스트 영상을 제작하여 실험에 사용하였다. 다중 시점의 영상 중에서 사용자의 위치에 맞는 시점의 영상이 좌안과 우안 영상으로 적정하게 분리되어 입력되고 있음을 확인하기 위하여 테스트 영상을 적용하여 제안 방법에 의하여 좌안과 우안의 영상이 적절하게 분리되어 시청됨을 입증하였다.

Jong-Ui Hong received the bachelor's degree in the Department of Computer Engineering from the HanBook University in 2013 He received the M.S. degree in the Department of Stereoscopic Media from Korean-German Institute of Technology in 2015. His current research interests include image processing, virual reality.

E-mail address: hongjongui@naver.com

Uk-Hyun Lee is a Professor of the School of IT convergence Engineering of Shinhan Univ. She received her M.S. degrees in Information and Communication Engineering Dept. of KAIST. She received her Ph.D. degrees in Computer Science Dept. of Chonnam Univ.
She was a researcher at R&D Department of POSDATA Co. and Kwangju Bank Co. in Korea between 1992 and 2000. Her research interests include the big data processing, the concurrency control in DBMS.

E-mail address: uhlee@shinhan.ac.kr

Yoo-Joo Choi is a Professor in Department of Newmedia at Seoul Media Institute of Technology(SMIT), Korea. She received her M.S. and Ph.D. degrees in Computer Science from Ewha Womans University in 1991 and 2005, repectively. She was a researcher at R&D Department of KCI Co. and POSDATA Co. in Korea between 1991 and 1999. Her research interests include image processing, computer vision, computer graphics, augmented reality and human-computer interaction.

E-mail address: yjchoi@smit.ac.kr

www.kci.go.kr