정규논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제17권 제3호, 2012년 5월 (JBE Vol. 17, No. 3, May 2012)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2012.17.3.491>

사선형 시차 장벽 기반 입체 디스플레이 장치를 위한 다중 시점 영상 생성

정 경 부^{a)}, 박 종 일^{a)*}, 최 병 욱^{a)}

A Multi-View Images Interleaving for Slanted Parallax Barrier based Display Device

Kyungboo Jung^{a)}, Jong-Il Park^{a)*}, and Byung-Uk Choi^{a)}

요 약

평판 디스플레이 장치에서 입체 영상을 느낄 수 있도록 시차 장벽 혹은 렌티큘러 방식의 입체디스플레이 장치가 개발되었다. 이 디스플레이 장치를 통하여 입체 영상을 볼 수 있도록 하기 위해서는 디스플레이 장치에 출력되는 영상이 다중 시점에서 촬영한 영상으로부터 여러 부표본화 방법을 통하여 하나의 영상으로 재생성하여야 한다. 기존에 많은 부표본화 방법들은 크로스 토크를 줄이기 위한 노력을 많이 하였다. 본 논문에서는 이와 다르게 시차 장벽 기반의 입체 디스플레이 장치를 제조하는 과정에서 발생할 수 있는 시차 장벽의 오정렬에 대한 문제를 다루고자 한다. 사선형 시차 장벽 기반의 입체 디스플레이 장치에 사용자의 위치와 상관없이 입체적으로 보일 수 있도록 하기 위하여 시차 장벽의 기술기와 개구부의 크기, 디스플레이 장치와 사용자간의 거리를 고려하여 다중 시점에서 획득된 영상을 상호 배치하여 하나의 다중 시점 영상으로 생성하는 방법을 제안한다.

Abstract

Flat panel-based parallax barrier or lenticular based 3D display devices that have been developed recently are designed to feel depth. In order to see a three-dimensional(3D) image by the display device, a multi-view image displayed on the flat panel must be regenerated from images of multi-views using a subsampling method. Previous subsampling methods are focused on reducing crosstalk. In this paper, we focus on a misalignment that is occurred on manufacture process of slanted parallax barrier based autostereoscopic display device. Therefore, we propose a interleaving method that considers tilt of slanted parallax barrier, aperture size, and distance between an autostereoscopic display device and a viewer to see a 3D image regardless of a viewer position.

Keywords : Multi-View Images Interleaving, Autostereoscopic Image, Slanted Parallax Barrier-based Autostereoscopic Display Device

a) 한양대학교 (Hanyang University)

* 교신저자 : 박종일 (Jong-Il Park)

E-mail: jipark@hanyang.ac.kr

Tel: +82-2-2220-0368, Fax: +82-2-2220-1736

※ 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가위원회의 산업융합원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음. [K1002058, 대화형 디지털 홀로그램 통합서비스 시스템의 구현을 위한 신호 처리 요소 기술 및 하드웨어 IP 개발 · 접수일(2012년1월25일), 수정일(2012년3월15일), 게재확정일(2012년3월23일)]

1. 서 론

일반적으로 사람들은 두 눈에 맺히는 영상의 시차 때문에 깊이감을 느끼게 된다. 하지만 평판 디스플레이 장치에 출력되는 2D 영상은 두 눈에 각각 맺히더라도 시차가 없기 때문에 깊이감을 느낄 수 없다. 따라서 하나의 평판 디스플

레이 장치에 출력되는 영상을 두 눈에 서로 다른 영상으로 멎히게 하기 위하여 스테레오스코피 (stereoscopy) 방식^[1-4] 제안되었다. 스테레오스코피 방식은 두 시점 이상의 영상을 한 영상으로 합성한 후 편광 안경, 시차 장벽 등 다양한 방법을 이용하여 두 눈에 다른 영상이 멎히게 한다. 3차원 디스플레이 장치에 출력되는 스테레오스코피 영상은 두 눈에 다른 영상을 멎히게 하는 방법에 따라 생성 방법과 합성 결과가 달라지게 된다.

평면 디스플레이 장치를 이용하여 두 눈에 다른 영상이 멎히도록 하기 위하여 안경 방식과 무안경 방식의 디스플레이 장치가 개발되었다. 안경 방식이나 무안경 방식 모두 하나의 디스플레이 장치에서 두 시점 이상의 영상이 각 디스플레이 장치에 맞도록 합성되어야 한다. 즉, 각 디스플레이 장치에 맞는 스테레오스코피(stereoscopy) 영상을 생성하여야 한다. 안경 방식에서 가장 기본적인 적색과 청색을 필터링해주는 애너그리프 안경(anaglyph glasses)을 착용하는 방식의 경우에서 사용하는 스테레오스코피 영상을 애너그리프(anaglyph)라고도 한다. 애너그리프 영상은 두 시점에서 촬영된 영상을 색상 합성을 이용하여 생성된다. 왼쪽과 오른쪽에 멎힐 두 영상 중 적색 렌즈로 투과될 영상에서는 적색을 청색 렌즈로 투과될 영상에서는 청색을 원본 영상에서 제거하여 두 영상을 합성한다. 이와 비슷하게 편광 방식을 사용한 방식 역시 각 시점 영상을 수직 수평 편광 렌즈를 통하여 각각 한 쪽 눈에만 투영되도록 한다. 이 방법은 두 시점의 영상을 사용하여 스테레오스코피 영상을 생성하고 안경을 통하여 두 눈에 다른 영상이 멎히기 때문에, 사용자가 어디에서 디스플레이 장치를 바라보더라도 깊이감을 느낄 수가 있다. 하지만 단 두 시점 영상만 이용하기 때문에 사용자가 바라보는 위치에 무관하게 항상 동일한 크기(scale)와 시점(viewpoint)의 가상 물체만 볼 수 있다. 오토스테레오스코피(autostereoscopy)라고 불리는 무안경 방식의 디스플레이 장치에 사용되는 스테레오스코피 영상도 애너그리프 영상과 비슷하게 두 시점 영상의 색상 조합을 통하여 생성된다. 하지만 사선형 시차 장벽 방식에서 사용되는 오토스테레오스코피 영상의 경우 애너그리프 영상과 다르게 시차 장벽의 기하학적인 구조에 따라 두 시점 영상의 색상 조합 방법이 결정된다. 무안경 방식에서 사용하는 오토스테레오

스코피 방식은 사용자와 디스플레이 장치간의 거리가 일정하게 유지되어야 한다. 하지만, 여러 시점의 영상을 이용하여 하나의 다중 시점 영상으로 조합하기 때문에 일정한 거리만 유지된 상태에서 사용자가 디스플레이 장치를 바라보는 각도에 따라 여러 시점의 가상 물체를 볼 수 있다. 이 방법 역시 사용자와 디스플레이 장치간의 거리가 고정되어야 하는 문제가 있다.

본 논문에서는 3차원 장면을 8대의 가상 카메라를 이용하여 촬영하고, 사선형 시차 장벽의 오정렬 문제를 해결하기 위하여 사선형 시차 장벽 기반 디스플레이의 파라미터를 정의하고, 디스플레이 장치와 사용자와의 거리 등을 고려한 다중 시점 영상 생성 방법을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 시차 장벽 기반 디스플레이 장치의 기본 원리, 입체 영상 생성 원리와 입체 영상 생성에 관한 기존 연구들을 살펴보고, 3장에서는 다중 시점 영상을 획득하기 위한 가상의 3차원 장면에 대해서 가상 카메라의 배치에 따른 입체 영상과의 관계와 다중 시점 영상을 합성하는 방법 등 본 논문에서 제안하는 입체 영상을 생성하기 위한 방법을 살펴본다. 4장에서는 본 논문에서 제안하는 방법을 사용하여 획득한 다중 시점 영상으로부터 입체 영상 생성 과정과 결과를 확인하고, 마지막으로 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 입체 디스플레이의 장치의 원리 및 입체 영상 생성에 관한 관련 연구

1. 사선형 시차 장벽 기반 디스플레이 원리

안경 방식과 무안경 방식의 입체 디스플레이 장치 모두 두 눈에 다른 영상이 멎히도록 하여 깊이감을 느낄 수 있도록 한다. 시차 장벽(parallax barrier) 기반 디스플레이 장치는 패널의 일정 거리 앞에 동일한 간격으로 가려져있는 장벽을 설치하여 패널에 디스플레이된 영상 전체가 두 눈에 멎히지 않도록 설계되어 있다. 패널과 장벽 사이에 일정 간격이 있기 때문에 사용자가 디스플레이 장치를 바라보는 위치에 따라 개구부(aperture)에서 보이는 픽셀이 다르게 된다. 오토스테레오스코피 원리를 이용하여 디스플레이 될

영상을 여러 시점의 영상의 조합으로 생성한다면 두 눈에 각각 다른 시점의 영상이 맺히게 되어 깊이감(depth)을 느낄 수 있게 된다. 대부분의 오토스테레오스코피 디스플레이 장치는 양안 시점의 영상을 디스플레이 하지만 본 논문에서는 다중 시점 디스플레이가 가능한 시차 장벽 기반 오토스테레오스코피 디스플레이 장치에 초점을 맞춘다.

그림 1은 시차 장벽의 기하학적인 구조를 보여주는 그림

그림 1. 시차 장벽의 기하학적인 구조
Fig. 1. Structure of parallax barrier

이다. L1~L4와 R1~R4는 각각 왼쪽과 오른쪽 눈에 사상되는 픽셀을 나타낸다. D1은 패널과 시차 장벽 사이의 거리이고 D2는 패널과 사용자 눈과의 거리, De는 두 눈 사이의 거리이다. (b-a)는 눈에 사상되는 한 픽셀의 크기이다. 즉, 왼쪽 눈과 오른쪽 눈에 각각 사상되는 두 픽셀의 크기는 2x(b-a)이다. c-d는 개구부의 크기이다. 시차 장벽 개구부와 픽셀의 크기, 시차 장벽과 패널 사이의 거리에 의하여 개구부를 통하여 정확히 하나의 픽셀이 사용자 눈에 투영되는 이상적인 거리가 결정된다. 그림 2는 시차 장벽 기반 3차원 디스플레이 장치를 사용자가 시차 장벽의 구조에 맞는 이상적인 거리에서 바라본 경우이다. 그림처럼 사용자의 오른쪽 눈이 P1, 왼쪽 눈이 P2의 위치에 있다면 첫 번째 시점 영상과 두 번째 시점 영상의 조합에 의해 만들어지는 입체 영상을 볼 수 있게 된다.

기존의 상호 교차(interleaving) 방법들은 정확히 하나의 픽셀이 사용자에게 눈에 투영되어야 하기 때문에 사용자가 디스플레이 장치에 디스플레이 되는 가상 물체를 보기 위한 거리가 디스플레이 장치의 제작 과정에서 결정된다. 또한 제작 과정에서 시차 장벽의 개구부 크기와 간격, 기울기가 달라지거나 시차 장벽 패널을 LCD 패널 앞에 부착할 때 오정렬(misalignment)이 발생할 수 있다. 본 논문에서는 제작 과정에서 일어날 수 있는 오정렬 문제들을 보정(calibration)할 수 있도록 하고, 사용자와 디스플레이 장치

그림 2. 시차장벽 기반 4-시점 디스플레이 구조
Fig. 2. Structure of a four-viewpoint parallax barrier display

그림 3. 시차 장벽 기반 4시점 디스플레이 장치에서 영상 합성 및 출력 원리. (a) 시차 장벽, (b) 합성 영상의 부화소에 주어질 다중 시점 영상의 첨자 (c) 시차 장벽에 의한 눈에 맺히는 부화소

Fig. 3. Image interleaving and display concept for a four-viewpoint parallax barrier display (a) parallax barrier (b) index of multi-view images for interleaving (c) sub-pixel projected to an eye by parallax barrier

간의 거리에 상관없이 가상 물체를 볼 수 있도록 하기 위한 상호 교차 방법을 제안한다.

안경 방식의 입체 디스플레이 장치는 사람의 두 눈에 직접 두 시점의 영상을 입력하기 때문에 사용자가 디스플레이 장치를 바라보는 위치에 상관없이 동일한 시점의 입체 영상이 보이게 된다. 무안경 방식은 디스플레이 장치 앞에 개구부 역할을 하는 시차 장벽 혹은 렌티큘러 렌즈를 설치하기 때문에 그림 2와 같이 사용자가 어디서 디스플레이 장치를 바라보느냐에 따라 두 눈에 투영되는 영상은 다르게 된다.

다양한 위치에서 다중 시점의 3차원 장면을 볼 수 있도록 하기 위해서 그림 3과 같이 다중 시점 영상의 부화소(sub-pixel)를 배치하는 방법을 이용하여 한다^{5,6)}. 그림 3(a)는 시차 장벽을 나타내고, 그림 3(b)는 기존의 부화소 배치 방법을 나타낸다. 그림 3(c)는 그림 3(b)의 영상이 그림 3(a)와 같은 형태의 시차장벽을 통하여 보이는 부화소들을 보여준다. 그림 3(b)에서 최상단 제일 왼쪽에 있는 빨간색과 녹색, 파란색 부화소가 영상 좌표 (0,0)에 해당하는 화소의 부화소들이다. 이 세 개의 부화소가 하나의 채널을 이루지만, 4시점 다중 영상을 하나로 상호 배치할 때는 다른 시점 영상의 부화소 값을 배치한다. 즉, 그림 3(b)의 (0,0) 화소의 빨간색에는 첫 번째 영상의 (0,0)위치에 있는 화소의 빨간색을 배치하고, 같은 위치의 녹색은 두 번째 영상의 (0,0)위치에 있는 화소의 녹색을 배치한다. 그림 3과 같이 다중 시점 영상의 부화소 값을 순차적으로 배치함으로써 한 위치에서 디스플레이 장치를 바라 볼 경우 시차 장벽에 의하여 한 시점의

영상만 눈에 맺히게 된다. 다중 시점의 영상들이 순차적으로 배치가 됨으로써 두 눈에 맺히는 시차의 조합은 그림 2와 같이 다중 시점 영상 배치 순과 같게 된다. 만약 디스플레이 장치와 사용자 시점 사이의 거리에 변화가 있다면 그림 3과 같이 한쪽 눈에는 한 시점의 픽셀만이 아니라 다양한 시점의 픽셀이 보이게 된다. 비록 각 눈에 맺힌 영상이 여러 시점의 영상들이 조합된 영상이지만 단일 픽셀만 본다면 항상 서로 이웃한 시점 영상의 픽셀이 맺히게 된다. 따라서 어떠한 위치에서도 3차원 효과를 느낄 수 있다.

2. 사선형 시차 장벽 기반 디스플레이를 위한 입체 영상 생성 방법

무안경 입체 디스플레이 장치를 위한 입체 영상은 N개의 다중 시점 영상으로부터 생성된다. 기본적으로 N개의 영상을 개구부의 구조에 맞게 부화소들이 순차적으로 배치가 되는데, 개구부와 개구부 사이의 부화소를 N등분하여 N개의 다중 시점 영상의 부화소 값을 균등하게 배치한다. 따라서 그림 3의 경우 시차 장벽의 개구부가 평행하게 구성되었기 때문에 영상의 y축 방향으로 같은 시점 영상의 부화소 값이 배치가 된다. 반면 사선형 시차 장벽의 경우 개구부와 개구부 사이를 N등분하여 N개의 다중 시점을 균등하게 배치하기 위해서는 그림 4와 같이 사선 방향으로 같은 시점 영상의 부화소 값이 배치가 된다. 사선형 시차 장벽 기반 디스플레이 장치에서 개구부의 크기가 하나의 부화소 크기와 동일하고 개구부와 개구부 사이의 간격이 부화소 크기

그림 4. 사선형 시차 장벽 기반 8-시점 디스플레이 장치를 위한 이상적인 다중 시점 영상 배치 방법
Fig. 4. Ideal Interleaving for 8-viewpoint slanted barallax barrier display device

의 N배가 되도록 이상적으로 사선형 입체 디스플레이 장치가 제조된다면 수식 (1)을 이용하여 최종 출력 영상을 생성할 수 있다. 식 (1)은 그림 4^[6]와 같이 구성된 디스플레이의

부화소 선택에 관한 식이다.

$$H(x,y,c) = G_m(x,y,c) \quad (1)$$

$$m = 1 + (3x + c - y \% n) \% n$$

여기서, $H(x,y,c)$ 는 최종 출력 영상의 부화소 값이고, $G_m(x,y,c)$ 는 다중 시점 영상의 부화소 값이다. x 와 y 는 최종 출력 영상의 화소 위치이고, c 는 색상의 첨자(0은 빨간색, 1은 녹색, 2는 파란색)이다. n 은 다중 시점의 총 개수이고, m 은 다중 시점 영상의 첨자이다. 예를 들어, 8-시점 최종 출력 영상의 (100,200)위치의 녹색 채널 값은 여섯 번째 영상($m = 1 + (3 \times 100 + 1 - 200 \% 8) \% 8 = 6$)의 녹색 채널의 값을 선택하면 된다.

위의 방법을 사용하여 다중 시점 영상을 생성할 경우 디스플레이 장치를 제조할 때 결정된 시차 장벽과 패널 사이의 간격과 개구부의 크기에 의하여 사용자가 입체감을 느낄 수 있는 디스플레이 장치와의 거리가 결정된다. 만약 디스플레이 장치와 사용자의 거리가 가까워지거나 멀어진다면 한 쪽 눈에 한 화소만 투영되지도 않을 뿐만 아니라 여러 시점의 영상이 투영되게 된다. 그림 4에서 설명한 바와 같

그림 5. 기존 다중 시점 상호 배치 방법을 사용한 결과 (a) 다중 시점 영상 상호 배치 결과 (b) 사선형 시차 장벽 기반 디스플레이 장치를 통하여 본 다중 시점 영상
Fig. 5. The result of original interleaving method. (a) a original interleaving result (b) a result seen by slanted parallax barrier based display device

이 일정 범위 안에서는 입체감을 느낄 수 있겠지만 그 범위마저 벗어난다면 입체감을 느낄 수 없게 되는 한계를 갖고 있다. 기존 방법의 경우 패널과 시차 장벽의 제조가 잘되어 있어 하나의 개구부를 통하여 하나의 부화소만이 눈에 투영된다는 가정을 하여 식 (1)을 통하여 상호 교차를 하게 되고, 그림 5(a)와 같은 결과를 얻게 된다. 이 결과 영상을 디스플레이 장치를 통하여 보게 되면 그림 5(b)과 같이 보이게 된다. 특히 사선형 시차 장벽 기반 오토스테레오스코피 디스플레이 장치에는 필수적으로 시차 장벽의 기울기와 개구부의 크기를 추출하는 보정과정을 거쳐서 상호 교차를 해야 한다. 본 논문에서는 디스플레이 장치가 제조과정에서 결정된 파라미터에 무관하게 어떤 거리에서도 입체감을 느낄 수 있도록 하기 위하여 한 화소에서의 각각의 채널을 다시 세분화하여 상호 교차하는 방법을 제시한다.

사선형 시차 장벽 방식의 오토스테레오스코피 디스플레이 장치의 경우 비사각화 부표본화(non-rectangular sub-sampling) 때문에 오토스테레오스코피 영상에 크로스 토크(crosstalk)가 발생하게 된다. 크로스 토크를 제거하기 위하여 다양한 주파수 분석을 적용한 anti-aliasing 필터들을 이용한 부표본화 방법들이 개발되고 있다^[7-12]. 본 논문에서는 시차 장벽 방식의 오토스테레오스코피 디스플레이 장치에서 오정렬 문제와 사용자와 장치 사이 거리에 최적화된 오토스테레오스코피 영상을 생성하기 위한 다중 시점 영상의 상호 배치 방법에 초점을 둔다.

III. 제안하는 방법

1. 다중 시점 영상 생성

가상의 3차원 장면을 사선형 시차 장벽 기반 입체 모니터에서 실시간으로 입체적으로 보이도록 하기 위하여 가상의 3차원 장면을 여러 시점에서 촬영하여야 한다. 이 때 가상 카메라의 위치에 따라서 사용자가 느끼는 깊이감과 사용자 시점과 디스플레이 장치 사이의 거리가 달라진다. 그림 6은 가상 카메라의 배치에 따른 사용자 시점 변화를 나타낸 그림이다.

시차 장벽 기반의 무안경 입체 디스플레이 장치는 사용자가 디스플레이 장치를 바라보는 위치에 따라 두 눈에 다른 영상이 맺히기 때문에 여러 시점의 영상을 고려하여 하나의 결과 영상을 생성하여야 한다. 그림 6과 같이 3차원 장면에 대하여 가상 카메라의 배치에 따라서 디스플레이 장치에서 돌출되는 정도와 사용자와 디스플레이 장치와의 거리가 결정되기 때문에 다중 시점 영상을 생성할 때 카메라 간의 거리와 카메라와 장면과의 거리가 고려되어야 한다.

그림 6은 카메라와 카메라 간의 간격과 카메라와 디스플레이 간의 거리에 따른 초점 거리와의 관계와 깊이를 보여 준다. 카메라 1(C_1)과 카메라 2(C_2), 카메라 4(C_4)의 관계를 보면 카메라와 디스플레이 간의 거리에 따른 초점 거리

그림 6. 가상 카메라 배치에 따른 깊이감 관계

Fig. 6. Relationship of depth by arrangement of virtual cameras

를 알 수 있다. 카메라 1과 카메라 3(C_3)의 관계를 보면 깊이감의 관계를 알 수 있다.

그림 6의 카메라 1과 카메라 3과의 관계에서 볼 수 있듯이, 카메라 사이의 간격이 멀어질수록 변이(disparity)가 커져 사용자가 느낄 수 있는 깊이감이 높아지게 된다. 사람의 두 눈 간의 간격이 고정되어 있기 때문에 가상 카메라의 간격을 멀리 두게 되면 가까워서 보는 것과 같은 효과를 주게 되는 것이다. 또한 카메라와 가상 물체간의 거리가 멀어질수록 disparity가 작아지기 때문에 사용자가 느끼는 깊이감은 떨어지게 된다. 가상의 카메라간의 간격과 가상 카메라와 가상 장면간의 거리를 이용하여 가상 장면이 디스플레이 장치 앞에 돌출되어 보이는 정도를 조절할 수 있다. 따라서 이 두 파라미터를 조절하여 다중 시점의 영상을 획득하여야 한다.

2. 다중 시점 영상 상호 배치

사선형 시차 장벽 기반 입체 디스플레이 장치를 위한 입체 영상을 생성하기 위하여 시차 장벽의 기울기와 개구부의 크기, 개구부와 개구부 사이의 간격을 고려하여야 한다. 시차 장벽을 제작할 때 이상적으로 제작이 되었다면 하나의 개구부의 크기는 하나의 부화소 크기와 동일할 것이다. 따라서 개구부와 개구부 사이의 간격도 부화소의 정수배가 될 것이다. 또한 개구부의 크기가 하나의 서브 픽셀의 크기

와 다르더라도 사용자가 디스플레이 장치에서 일정 거리 떨어져 바라보기 때문에 하나의 부화소만 보일 수 있다. 이 두 가지의 경우 그림 3과 같이 입체 영상을 상호 배치할 때 입체 영상에서의 하나의 부화소는 한 시점의 영상에서의 부화소만 보이기 때문에 수식 (1)을 사용하여 최종 입체 영상을 생성할 수 있다. 하지만 시차 장벽을 제작할 때 개구부의 크기를 하나의 서브 픽셀과 동일하게 제작하는 것은 실제적으로는 어렵다. 그리고 시차 장벽이 잘 제작되어도 사용자가 정해져 있는 위치에서만 보아야 하기 때문에 다양한 설치 공간에서 디스플레이 장치를 활용하기 어렵다. 즉, 시차 장벽 제작 시의 시차 장벽의 세 가지 파라미터를 사용하여 입체 영상을 생성한다면 다양한 설치 환경을 모두 수용할 수 없다.

입체 디스플레이의 설치 공간과 사용자와의 거리를 조절할 수 있도록 하기 위하여 시차 장벽의 파라미터를 실제 물리적 측량(metric) 값을 사용하지 않고 사용자가 디스플레이 장치를 통하여 입체 영상을 보기를 원하는 거리에서 개구부를 통하여 보이는 부화소의 크기와 개구부와 개구부 사이의 간격에 대한 파라미터를 추출하여 사용한다. 개구부의 크기와 개구부와 개구부 사이의 간격은 실제로는 물리적 측량 값이 고정되어 있지만 개구부를 통하여 보이는 부화소의 개수는 다르기 때문에 개구부의 크기를 물리적 측량 값을 사용하지 않고 개구부를 통하여 보이는 부화소의 개수를 파라미터 값으로 결정한다.

그림 7. 제안하는 방법을 사용한 다중 시점 영상 배치 예
Fig. 7. An example of proposed method for 8-viewpoint slanted parallax barrier display device

개구부와 개구부 사이의 간격 값을 추출하기 위하여 시차 장벽의 사선의 기울기와 동일 기울기를 가지는 선을 일정 간격만큼 떨어트려 화면에 출력한다. 사용자가 직접 화면에 출력되는 선들을 보면서 선들 사이의 간격을 다양하게 조절하면서 선들이 끊김 없이 완전하게 모두 보이는 간격의 값을 시차 장벽의 파라미터로 결정한다. 개구부의 크기는 개구부와 개구부 사이의 간격을 추출하고 N등분하여 결정한다.

추출된 개구부의 크기는 대부분의 경우에 실수값이 아니기 때문에 개구부를 통하여 하나 이상의 부화소가 보인다. 따라서 입체 영상을 생성할 때 이와 같은 구조를 그대로 반영할 수 있도록 그림 7과 같이 입체 영상의 부화소에 하나 이상의 다중 시점의 부화소 값을 조합한 값으로 설정한다.

그림 7과 같이 하나 이상의 다중 시점 영상의 부화소 값이 최종 입체 영상 하나의 부화소에 놓여야 하는 경우 중복되는 부화소에 있는 다중 시점의 영상의 부화소 값을 혼합한다. 예를 들어, 사용자가 첫 번째 시점의 영상이 보이는 위치에 있을 때, 그림 7의 (0,0) 위치에 있는 빨간색 채널은 하나의 개구부를 통하여 모두 보이기 때문에 첫 번째 영상 (0,0)의 빨간색 값을 그대로 사용한다. 하지만 그림 7의 (0,0)의 녹색 채널은 사용자가 첫 번째 시점의 영상이 보이는 곳에 있을 때 두 번째 시점이 보이는 곳에 있을 때 모두 보이게 된다. 하지만, 첫 번째 시점이 보이는 곳에 있을 때와 두 번째 시점이 보이는 곳에 있을 때에 보이는 정도가 다르게 된다. 따라서 그 보이는 정도에 따라서 첫 번째 영상 (0,0)의 녹색과 두 번째 영상 (0,0)의 녹색값을 혼합한다. 혼합 비율은 개구부를 통하여 보이는 부화소의 넓이를 계산하여 정한다. 실제 시차 장벽은 사선형이지만 계단형으로 단순화하여 부화소 값의 혼합율을 계산한다. 수식 (2)는 사선형 시차 장벽을 계단형 시차 장벽으로 단순화하고 시차 장벽의 기울기와 개구부의 크기를 고려하여 다중 시점 영상의 부화소 값을 혼합율을 계산하여 최종 입체 영상을 생성하기 위한 수식을 정의한 것이다.

시차 장벽이 기울어져있기 때문에 오토스테레오스코피 영상의 y 좌표값이 증가될 때 마다 다중 시점 영상의 첨자(index)가 바뀌게 된다. 따라서 오토스테레오스코피 영상의

각 부화소에 몇 번째 시점 영상의 부화소 값이 적용되어야 하는지 계산한다. 또한 중복되는 두 개 시점 영상의 부화소가 어느 정도 비율로 중복되는지 계산한다. 결과적으로 최종 결과 영상인 오토스테레오스코피 영상의 (x,y) 좌표의 부채널(sub-channel)의 값은 m 번째 영상과 $m+1$ 번째 영상의 좌표의 부화소 값의 중복 정도를 가중치로 조합하여 결정된다.

오토스테레오스코피 영상의 서브 픽셀에 적용될 다중 시점 영상의 첨자를 계산하기 위하여, 시차 장벽의 기울기를 이용하여 오토스테레오스코피 영상의 y 좌표값이 증가할 때마다 x 축 방향으로 개구부를 통하여 보여야 하는 동일 시점 영상의 부화소가 얼마나 이동하는지 식 (3)을 이용하여 계산한다. 그 다음 식 (4)와 같이 각 열의 x 축 오프셋(offset)과 개구부의 크기를 이용하여 각 열의 첫 번째 부화소(첫 번째 화소의 빨간색 채널)이 몇 번째 시점의 영상의 부화소로 시작하는지 계산한다. 예를 들어, (0,7)의 시작 시점의 첨자는 $\text{INT}((7/\tan(\theta))/\tau_x)\%N$ 으로 계산된다. 또한 각 열의 첫 번째 부화소에 적용된 다중 시점 영상의 부화소의 혼합 비율을 계산해야 각 열의 첫 번째 부화소 이후 부화소에 대한 비율이 결정될 수 있다. 첫 번째 부화소에 적용된 다중 시점 영상의 혼합 비율을 결정하기 위하여 각 열의 x 축 오프셋 값에 개구부 크기를 이용하여 식 (5)와 같이 (0, y)의 첫 번째 부화소에 적용된 m 번째 다중 시점 영상이 x 축으로 얼마나 이동하였는지 계산한다. 즉, (0, y)부터 시작하지 않고 부터 $(-\sigma, y)$ 시작한다고 고려한다. 패널의 x 좌표값에 대응되는 다중 시점 영상의 x 축 첨자를 식 (6)을 이용하여 계산한다. (0, y) 첫 번째 부화소에 적용된 다중 시점 영상의 첨자와 혼합 비율을 이용하여 (p, y)에 적용된 다중 시점 영상의 첨자를 식 (7)을 이용하여 계산한다. 식 (7)의 경우 x 값을 부화소 단위로 계산하도록 하고, 개구부 크기로 나누어 몫의 정부분부를 다중 시점 영상의 첨자로 정한다. 시차 장벽이 기울어져 있기 때문에 (0, y)의 시작 첨자를 이 첨자 값과 더한 후 으로 INT 연산을 하여 최종 첨자를 계산한다. 마지막으로 (x, y)에 적용된 $m+1$ 번째 다중 시점의 혼합 비율을 식 (8)을 이용하여 계산한다. 식 (8)의 경우 부화소 단위로 패널의 x 좌표값과 이에 대응되는 다중 시점 영상의 p 좌표값과의 차이를 이

용하여 $m+1$ 번째 다중 시점 영상의 혼합 비율을 계산한다. 최종적으로 m 번째 다중 시점 영상의 혼합 비율과 $m+1$ 번째 다중 시점 영상의 혼합 비율의 합이 1이 되도록 m 번째 다중 시점의 혼합 비율을 식 (9)와 같이 계산한다.

$$H(x, y, c) = \alpha(x, y, c) \times G_m(x, y, c) + \beta(x, y, c) \times G_{m+1}(x, y, c) \quad (2)$$

$$\delta = y / \tan(\theta) \quad (3)$$

$$s = \text{INT}(\delta / \tau_{x_c}) \% N, \text{ 여기서 } \tau_{x_c} = \tau / N. \quad (4)$$

$$\sigma = \delta - \text{INT}(\delta / \tau_{x_c}) \times \tau_{x_c} \quad (5)$$

$$p = \text{INT}((3x + c + \sigma) / \tau_{x_c}) \quad (6)$$

$$m = (p + s) \% N \quad (7)$$

$$\beta(x, y, c) = (3x + c + \sigma) - p \times \tau_{x_c} \quad (8)$$

$$\alpha(x, y, c) = 1 - \beta(x, y, c) \quad (9)$$

여기서, $H(x, y, c)$ 는 최종 입체 영상에서 (x, y) 좌표의 c 채널 값이고, $G_m(x, y, c)$ 은 m 번째 다중 영상에서

(x, y) 좌표의 c 채널 값이다. $\alpha(x, y, c)$ 와 $\beta(x, y, c)$ 는 각각 최종 입체 영상에서 (x, y) 좌표의 c 채널 값을 설정하기 위한 m 번째와 $m+1$ 번째 다중 시점 영상의 (x, y) 좌표의 c 채널 값에 대한 혼합 비율이다. θ 는 시차 장벽의 기울기를 나타내고, τ 와 τ_{x_c} 는 각각 개구부와 개구부 사이의 간격, 개구부의 크기를 나타낸다. δ 는 시차 장벽의 기울기가 0° 인 경우에 대비하여 사선형 시차 장벽의 기울기에 의한 다중 시점 영상 첨자의 x 축 이동량이고, s 와 m 은 각각 최종 입체 영상에서 $(0, y)$ 좌표와 (x, y) 좌표의 다중 시점 영상의 첨자이다. 마지막으로 N 은 다중 시점 영상의 개수이다. $\text{INT}(x)$ 는 x 의 정수값을 반환하는 함수이다. 위 수식에서 동일한 입체 모니터이지만 바라보는 위치에 따라서 τ 와 τ_{x_c} 값이 변하기 때문에 최종 입체 영상도 사용자가 바라보는 위치에 적합한 입체 영상이 생성된다. 그림 8은 위에서 정의한 각 파라미터들을 도식화하여 보여준다.

IV. 실험

사선형 시차 장벽의 기울기는 사용자의 시점에 따라 변함없지만 개구부를 통하여 보이는 부화소의 크기는 변할 수 있다. 실험에 사용한 사선형 입체 디스플레이 장치의 사선의 각도는 141.01° 도이고 개구부를 통하여 보이는 부

그림 9. 제안하는 방법의 결과 (a) 영상 재배치 결과를 (b) 사선형 시차 장벽 기반 디스플레이 장치에 출력한 결과

Fig. 9. Results of the proposed method. (a) An image resulting from interleaving, and (b) an interleaving image displayed on a slanted parallax barrier display device

화소의 크기는 다양하게 조절할 수 있지만 본 실험의 결과는 1.0575 부화소로 고정하여 실험한 결과이다.

1. 다중 시점 영상 생성 및 상호 배치

가상의 3차원 장면에서 디스플레이 장치와 사용자의 시점을 고려하여 8개의 가상 카메라를 배치하여 다중 시점 영상을 생성한다. 사용자의 시점에 맞게 카메라를 배

치하기 위하여 가상 카메라의 간격과 거리를 수동적으로 조절하였다.

사용자의 위치가 결정이 되면 최종 입체 영상의 각 부화소에 설정된 다중 시점의 첨자와 혼합 비율 역시 결정이 된다. 따라서 디스플레이 장치의 세 가지 파라미터를 본 논문에서 제안하는 방법에 적용하여 8개의 다중 시점 영상을 실시간으로 생성하기 위하여 최종 입체 영상의 각 부화소별로 다중 시점의 첨자와 혼합비율을 미리 계산하여 테이

그림 10. 잘못된 파라미터를 사용한 경우에 대한 오토스테레오스코피 결과 영상 비교. (a) 잘못된 파라미터를 사용한 경우에 대한 오토스테레오스코피 결과 (b) 보정된 파라미터를 사용한 경우에 대한 오토스테레오스코피 결과

Fig. 10. Comparing with result using incorrect parameters. (a) result using incorrect parameters (b) result using correct parameters

그림 11. 가상 카메라와 디스플레이 장치 사이의 거리를 다르게 한 결과. 첫 번째 행은 상호 배치 결과 영상이고, 두 번째 행은 사선형 시차 장벽 기반 디스플레이 장치를 통하여 본 영상이다.

Fig. 11. Results with different distances between the virtual camera and the display. The first row is a multi-view image, and the second row shows images seen through a autostereoscopic display

블로 저장하여 활용하였다.

최종 오토스테레오스코피 결과 영상을 사선형 시차 장벽 기반의 오토스테레오스코피 디스플레이 장치를 통하여 보면 그림 9(a)와 같이 오토스테레오스코피 디스플레이 장치를 통하지 않고 봤을 때 주전자 뚜껑 위에 여러 개의 선으로 보였던 부분이 시차 장벽에 의하여 그림 9(b)와 같이 하나의 라인으로 보이게 된다. 만약 파라미터가 잘못 되었다면, 그림 10에서 보는 것과 같이 하나의 라인이 깨끗하게 연결되지 않고 끊김이 생기게 된다. 그림 10(a)와 (b) 모두 사선형 시차 장벽 기반 디스플레이 장치에 출력된 결과이다.

사용자와 디스플레이 장치와의 거리가 3이상이라면 개구부를 통하여 보이는 부화소의 크기가 거의 변화가 없지만, 그 이하의 경우에는 사용자가 디스플레이 장치와의 거리에 따라 개구부를 통하여 보이는 서브 픽셀의 크기가 미세하게나마 달라진다. 그림 11은 사용자의 위치에 따른 서브 픽셀의 크기를 결정하고 이를 식 (2)에 적용하여 다중 시점 영상을 생성한 영상(첫 번째 행)과 디스플레이 장치를 통하여 본 영상(두 번째 행)이다. 그림 11을 통하여 서브 픽셀의 크기가 달라지더라도 적절하게 상호 교차가 가능함을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 사선형 시차 장벽 기반 입체 디스플레이 장치를 위한 다중 시점 영상의 상호 배치 방법을 제안하였다. 사선형 시차 장벽의 기술기와 사용자와 디스플레이 장치의 간격에 따른 개구부를 통하여 보이는 서브 픽셀의 크기를 고려한 다중 시점 영상의 상호 배치 방법을 통하여 사용자가 다양한 거리에서 입체 모니터를 바라볼 수 있도록 하였다. 특히 개구부를 통하여 보이는 부화소의 크기를 패널의 부화소의 비율로 정의하여 상호 교차를 할 수 있도록 하였기 때문에, 디스플레이 장치의 실제 metric한 정보

를 모르는 경우라도 간단한 보정과정을 통하여 최종 다중 시점 영상을 생성할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] Z. Y. Alpaslan and A. A. Sawchuk, "Three-Dimensional interaction with autostereoscopic displays," Proceedings of Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems XI Symposium, Proc. SPIE, vol. 5291, pp.227-236, 2004.
- [2] J. Konrad, and P. Agniel, "Subsampling models and anti-alias filters for 3-D automultiscopic displays," IEEE Transactions on Image Processing, vol. 15, no. 1, pp.128-140,2006.
- [3] B. Lee, H. Hong, J. Park, H. Park, H. Shin, and I. Jung, "Multi view autostereoscopic display of 36view using an ultra-high resolution LCD," Proceedings of SPIE, vol. 6490, pp. 64900S.1-64900S.8, Jan., 2007.
- [4] X. Li, Q. Wang, Y. Tao, D. Li, and A. Wang, "Crosstalk reduction in multi-view autostereoscopic three-dimensional display based on lenticular sheet," Chinese Optics Letters, vol. 9, issue 2, pp. 021001, 2011.
- [5] K. Mashitani, H. Takahashi, and T. AIDA, "Multi-View Glass-Less 3-D Display by Parallax Barrier of Step Structure," Mem. Fac. Eng., Osaka City Univ., Vol. 48, pp. 1-8, 2007.
- [6] A. Boev, K. Raunio, A. Gotchev, and K. Egiazarian, "GPU-based Algorithms for Optimized Visualization and Crosstalk Mitigation on a Multiview Display," Proceeding of the SPIE-IS&T, Stereoscopic Display and Applications XIX, vol. 6803, 2008.
- [7] A. Jain and J. Konrad, "Crosstalk in automultiscopic 3-D displays: Blessing in disguise?," Proceedings of SPIE Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems, vol. 6490, pp. 12.1-12.12, Jan. 2007.
- [8] N. S. Holliman, "Mapping Perceived Depth to Regions of Interest in Stereoscopic Images," Proceedings of SPIE : Stereoscopic displays and virtual reality systems XI, vol. 5291, pp. 117-128, Jan. 2004.
- [9] A. Schmidt and A. Grasnack, "Multi-viewpoint Autostereoscopic Displays from 4D-Vision," Proceedings of SPIE Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems, vol. 4660, pp.212 - 221, 2002.
- [10] C. Lee, G. Seo, J. Lee, T. Han, and J. G. Park, "Auto-stereoscopic 3D displays with reduced crosstalk," Optics Express 19, 24762-24774, 2011.
- [11] M. Zwicker, W. Matusik, F. Durand, and H. Pfister, "Antialiasing for Automultiscopic 3D Displays," Proceedings of Rendering, pp. 73~82, 2006.
- [12] J. Konrad and P. Agniel, "Artifact reduction in lenticular multiscopic 3-D displays by means of anti-alias filtering," Proceedings of SPIE Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems, vol. 5006A, pp. 336-347, 2003.

저 자 소 개

정 경 부

- 2004년 : 금오공과대학교 전자공학부 학사 졸업
- 2006년 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 석사 졸업
- 2006년 ~ 현재 : 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 박사과정
- 주관심분야 : 컴퓨터 비전, 증강현실, 3차원 인터페이스

박 종 일

- 1987년 : 서울대학교 전자공학과 학사 졸업
- 1989년 : 서울대학교 전자공학과 석사 졸업
- 1995년 : 서울대학교 전자공학과 박사 졸업
- 1992년 ~ 1994년 : 일본 NHK방송기술연구소 객원연구원
- 1995년 ~ 1996년 : 한국방송개발원 선임연구원
- 1996년 ~ 1999년 : 일본 ATR지능영상통신연구소 연구원
- 1999년 ~ 현재 : 한양대학교 컴퓨터공학부 교수
- 주관심분야 : 가상현실, 증강현실, HCI, 3차원 영상처리, 컴퓨터그래픽스비전

최 병 옥

- 1973년 : 한양대학교 전자공학과 학사 졸업
- 1978년 : 일본 게이오대학교 전기공학과 석사 졸업
- 1981년 : 일본 게이오대학교 전기공학과 박사 졸업
- 1980년~1981년 : 일본 KDD 위촉 연구원
- 1981년 3월 ~ 1981년 8월 : 일본 주식회사 리코 촉탁 연구원
- 1981년 9월 ~ 현재 : 한양대학교 컴퓨터공학부 교수
- 주관심분야 : 인공지능, 로봇 비전, 증강현실, 이러닝