
스테레오 비전 기반 Light Drawing 시스템 구현

Implementation of Digital Light Drawing System based on Stereo Vision

박원배, 박창범, 백두원
숭실대학교 미디어학과

Won-Bae Park(whitynail@ssu.ac.kr), Chang-Bum Park(forewind@ssu.ac.kr),
Doo-Won Paik(dpaik@ssu.ac.kr)

요약

Light Drawing은 사진 촬영 기법 중 하나로, 어두운 방이나 밤에 빛이 나는 물체의 움직임을 노출 기법을 이용하여 촬영 한 것이다[1]. 사용자가 Light Drawing을 만들려 한다면 장 노출 카메라가 필요하고, 어두운 환경이 필요함으로 제한사항이 따르며 사용자는 3차원 공간에 그림을 그리는 것에 어려움을 느낀다. 반면에 포토샵과 같은 컴퓨터 드로잉 툴을 사용하여 Light Drawing 효과를 낼 수 있다. 그러나 마우스나, 타블렛과 같은 입력 장치는 실제로 그림을 그리는 행위와 차이가 나기에 사용자들의 흥미를 반감시킨다.

본 논문에서는 Light Drawing을 손쉽게 제작 가능한 디지털 콘텐츠를 제안한다. 스테레오 비전을 이용하여 빛의 3차원 위치 정보를 계산하고 Drawing Effect를 이용하여 3차원 가상 공간에 Light Drawing을 구현하였다.

■ 중심어 : | 미디어아트 | 인터랙티브 | 디지털 콘텐츠 |

Abstract

Light Drawing is a photographic technique which exposures are made at night or in a darkened room usually by moving a hand-held light source[1]. Due to the limitations of equipment and environment, users having difficulty in drawing a picture in 3D space. If user take a light drawing, they need a camera that have function and darkened environment. Alternative solution is that we can make a light drawing picture by using the computer drawing tool as in Photoshop. Nevertheless, this solution will let the User lose their interest in drawing because this solution cannot synchronize between the real action of human hand motion and the electronic input devices such as mouse and keyboard.

This paper proposed a digital content that can make light drawing easier. We used a digital content that will facility Light Drawing easier. We can measure the light spot position by using the stereo camera. Based on the measured position of the light spot, we reproduce light drawing in virtual space by using drawing effect method.

■ keyword : | Media Art | Interactive | Digital Contents |

* 본 연구는 2009년도 서울시 산학연 협력사업(10581)지원으로 수행되었습니다

접수번호 : #100108-005

심사완료일 : 2010년 02월 09일

접수일자 : 2010년 01월 08일

교신저자 : 백두원, e-mail : dpaik@ssu.ac.kr

I. 서론

Gjon Mili의 사진 중 'Pablo Picasso'(1949)에는 Picasso가 light pen을 이용하여 공중에 그림을 그린 사진이 있다. [그림 1] 이는 사진 촬영 기법 중 하나인 장노출 기법을 이용하여 촬영한 것이며 어두운 장소에서 카메라의 셔터스피드를 낮추어 광원을 이동하거나 카메라를 이동하여 빛의 움직임을 필름에 담아내는 것이다[1]. 장노출 기법을 사용하여 빛으로 그리는 작업을 Light Drawing이라고 한다.

하지만 Light Drawing을 촬영하기 위해서는 여러 가지 제약 조건이 따른다. 장시간 셔터를 열어 둘 수 있는 카메라가 필요하며 자신이 그리는 과정을 눈으로 확인할 수 없기에 자신이 원하는 그림을 그리기 위해서는 충분한 훈련이 필요하다.

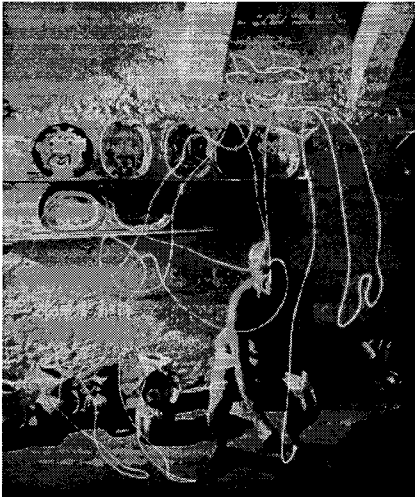


그림 1. Gjon Mili의 Pablo Picasso

그러나 이런 제약에도 불구하고, Light Painting, Light Graffiti 등으로 불리며 다양한 작품이 나오고 있다. 뿐만 아니라 한 장의 사진으로 표현하던 것에서 벗어나 동영상으로 제작된 작품[그림 2]이 소개되면서 이를 모방한 작품들이 많이 나오고 있다[2].

또한 포토샵 등의 사진 편집 프로그램을 이용하여 Light Drawing과 유사한 효과를 내는 것도 가능하다. 하지만 소프트웨어를 이용한 작업은 실제 그림을 그리

는 행위와 달리 마우스, 태블릿과 같은 입력장치로 그리는 행위이며 이는 실제 Light Drawing과 다르기 때문에 현실감이 떨어진다고[3].

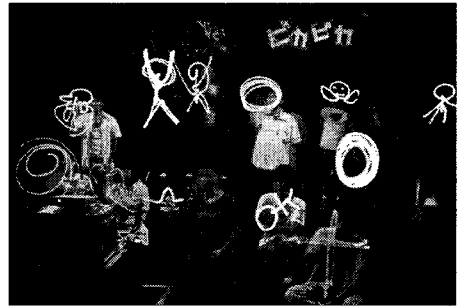


그림 2. PiKA PiKA

본 논문에서는 Digital Light Drawing System을 제안한다. Digital Light Drawing System은 사용자가 공간에 그림을 그리고 이를 화면을 통해 볼 수 있으며 자신의 그림을 수정할 수 있다. 사용자는 실제 Light Drawing을 촬영할 때와 동일한 작업을 수행하지만 실제 Light Drawing과 달리 자신이 그리는 과정을 눈으로 확인할 수 있으며 수정 작업을 통해 보완할 수 있다.

II. 관련연구

1. Light Drawing

Light Drawing은 어두운 환경에서 카메라를 고정시킨 후 조리개를 열어 필름에 시간에 따라 움직인 빛의 흔적이 남도록 장노출 기법을 이용하여 사진을 찍는 것이다. 이는 야경 사진이나 별 일주 사진등과 차이가 없지만 작가가 플래시 라이트와 같은 광원을 이용하여 직접 그림을 그린다는 점이 다르다.

Light Drawing은 2차원 평면의 캔버스에 그림을 그리는 기존의 드로잉과 달리 빛을 사용하여 카메라 앞의 3차원 공간에서 그림을 그리는 것이다. Light Drawing을 디지털로 구현하기 위해서는 물감으로 사용되는 빛의 3차원 좌표를 알아야 하며 빛의 흔적을 그래픽으로

표현 가능한 드로잉 시스템이 필요하다.

2. 가상현실에서의 드로잉 시스템

2.1 Wii Spray

WiiSpray[4]는 Wiimote를 통해 스프레이로 그림을 그리는 효과를 나타낼 수 있는 Digital graffiti tool 과 System이다.

Bauhaus University Media의 Martin Lihsg가 석사논문 프로젝트로서 개발한 것으로 [그림 3]에서와 같이 실제 스프레이 그대로의 느낌으로 그릴 수 있다. WiiSpray는 색상과 브러시 효과를 선택 가능하며 사용자는 사용자가 그린 그림을 수정 할 수 있다. 하지만 WiiSpray는 2차원 평면에만 그림을 그릴 수 있으며 사용자가 Light Drawing을 표현하기에는 현실성이 떨어진다.

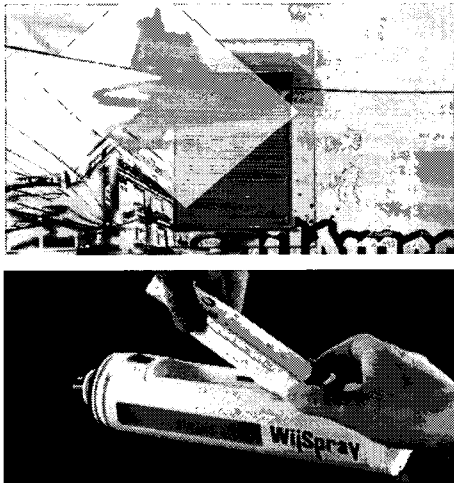


그림 3. Wii Spray와 Controller

2.2 CavePainting

CavePainting[4]은 브러시를 이용하여 3차원 가상공간에 3차원 아트 작품을 그릴 수 있는 System이다. 3차원 가상공간이 친숙하지 못한 사용자들에게 물리적인 도구와 움직임을 이용할 수 있는 환경을 제공한다. CavePainting은 3D bursh stroke와 color picker와 artwork veiwing mode와 인터페이스로 이루어져 있다.

CavePainting을 사용하기 위해서는 우선 CAVE 환

경[5]을 구축해야한다. 3.0m * 3.0m * 2.7m 크기 이상의 방에 각 면(앞,좌,우,밑)에는 프로젝터를 통해 영상을 뿌려주고 참여자는 CAVE에서 생성하는 3D 영상을 볼 수 있는 특수한 안경을 착용하고 방에 들어간다. 참여자는 3D brush를 통해 선, 리본, 튜브, 트레일, splat 등의 브러시 효과를 선택하고 color picker를 이용하여 자신이 원하는 색을 선택하여 특수 안경 안에 보이는 공간에 그림을 그린다. 하지만 color picker와 특수 안경과 같은 장비는 사용자의 움직임을 제한하며 CAVE환경을 구축하기 위해서는 고가의 장비가 필요하다.



그림 4. CavePainting 환경과 작품

3. 광원의 3차원 좌표 측정

3.1 CAVE 환경에서의 3차원 좌표 측정

2.2의 Cave Painting의 예처럼 CAVE환경에서 센서가 내장된 장비들을 이용하여 3차원 좌표 계산이 가능하다. 하지만 3차원 공간에 그림을 그리는 것은 사용자의 자유로운 움직임이 보장되어야 하며 CAVE환경에서는 장비들은 사용자의 자유로운 움직임을 제한한다.

3.2 Stereo Vision System을 이용한 3차원 좌표 측정

오브젝트의 3차원 좌표를 계산하는 또 다른 방법으로 스테레오 비전 시스템이 있다[6]. 주로 지능형 로봇의 충돌 회피, 장애물 감지 등을 위해 연구가 진행되었으

며 2개의 카메라로 영상을 입력받아 오브젝트를 추출하고 두 영상의 차를 이용하여 오브젝트와 카메라 사이의 거리를 계산하는 것이다. 이 방법은 카메라만 사용하기 때문에 CAVE환경에 비해 적은 비용이 들어가며 사용자의 움직임이 보다 자유롭다.

본 논문에서는 스테레오 비전 시스템으로 구한 거리값과 카메라에 투영된 오브젝트의 2차원 좌표를 이용하여 오브젝트의 3차원 좌표를 측정하였다.



그림 6. 가로등과 자동차 불빛

III. 구현

1. 드로잉 시스템

1.1 빛의 흔적을 그래픽으로 표현

장 노출 기법을 이용하여 촬영한 사진은 [그림 5]와 같이 노출시간이 길 경우 광원이 밝게 나오며 노출시간이 짧으면 광원은 어둡게 나온다.

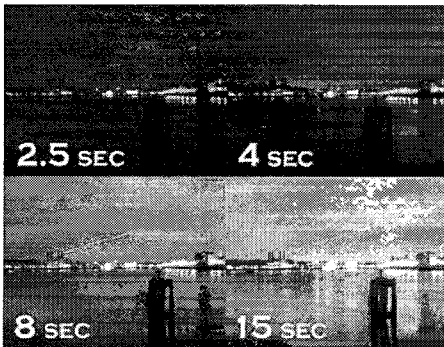


그림 5. 노출에 따른 사진 변화[7]

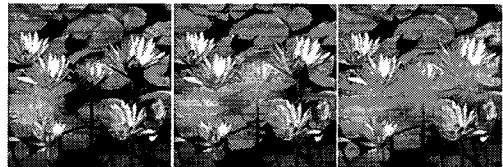
또한 광원이 움직임 없이 한곳에 오래 있으면 광원은 매우 밝게 나오며 빛은 주변으로 점점 번진다. 반면 광원이 빨리 이동하면 광원은 어둡고 흐리게 나온다. [그림 6]에서 고정된 가로등 불빛은 매우 밝고 넓게 나오며 빠르게 움직이는 자동차의 불빛은 흐리고 좁게 나오는 것을 볼 수 있다.

이러한 현상은 알파값을 가지는 텍스처를 배경과 Blending[그림 7] 하여 표현할 수 있다. [그림 8]은 광원의 위치를 순차적으로 입력받아 텍스처를 Blending 한 결과와 광원 위치가 변하지 않았을 때의 결과이다.

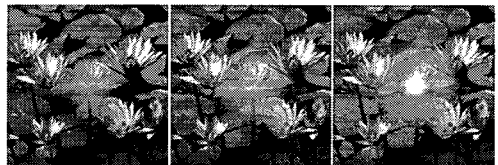


(a) 원본 이미지 (b) Alpha Texture

그림 7. 원본 이미지와 Alpha Texture



(a) 광원이 이동한 경우



(b) 광원이 이동하지 않았을 경우

그림 8. Texture Blending 결과

WindowsXP 환경에서 Microsoft Visual C++와 DirectX를 이용하여 3차원 공간을 구현하였으며 폴리곤에 텍스처를 맵핑 후 Blending을 한다. [그림 9]는 광원의 이동 속도를 다르게 했을 때의 결과이다.

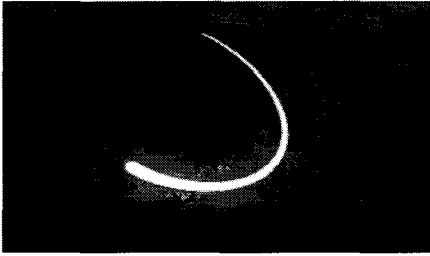


그림 9. Texture Blending 결과

1.2 사용자 인터페이스

Light Drawing 촬영 시 다양한 색상을 표현하기 위해서는 색상 별 광원이 필요하며 여러 오브젝트를 그릴 경우에는 광원을 끄고 켜는 동작을 통해 그림을 그린다. 우리는 Light Drawing System을 위한 컨트롤러를 제작하여 사용자에게 편의를 주었다.

컨트롤러에는 색상 선택 버튼과 그리기 버튼을 두었다. 색상 선택 버튼을 이용하여 사용자가 색상을 선택할 수 있도록 하였으며 이는 실제 조명의 색이 아닌 그래픽으로 표현되는 색을 변경하는 것이다. 버튼을 누를 때 마다 무지개 색 순서로 바뀌도록 하였으며 그리기 버튼은 PC의 마우스 왼쪽버튼과 같은 역할이며 눌렀을 경우 화면에 그림이 그려지고 누르지 않았을 경우에는 그림이 그려지지 않고 현재 컨트롤러의 위치만 표시된다[그림 10]. 컨트롤러는 PC와 Bluetooth 무선 통신을 하며 사용자는 제약 없이 자유롭게 움직일 수 있다.

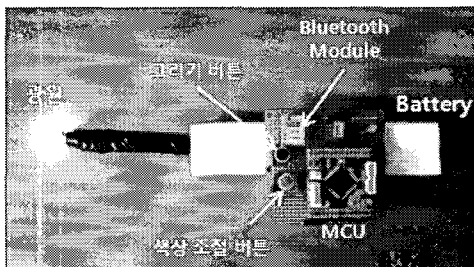


그림 10. Light Drawing 컨트롤러

2. 광원의 3차원 좌표 측정

스테레오 비전 시스템에서는 배경영상에서 이동객체를 추출하기 위한 별도의 과정이 필요하지만 본 논문에서는 각각의 카메라에 적외선 필터를 부착하여 입력되는 배경영상 중에 광원만을 추출하였다.

그리고 추출된 광원 영역에서 광원의 무게중심 $P' = (x', y')$ 를 구하였다[그림 11].

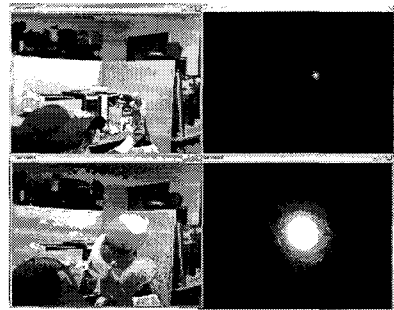


그림 11. 원 영상(좌)과 적외선 필터 영상(우)

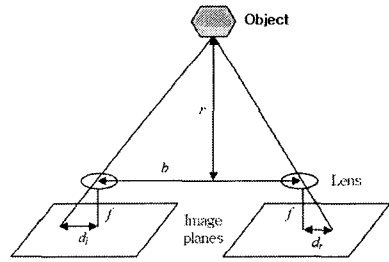


그림 12. 스테레오 비전 시스템의 구조

광원과 카메라와의 거리 r 은 스테레오 비전 시스템의 구조[그림 12]를 통해 식(1)을 이용하여 계산할 수 있다[8].

$$r = f \frac{b}{d} \quad (1)$$

여기서, b 는 카메라간의 거리, f 는 카메라 렌즈의 초점 거리이고, d 는 각 무게중심의 거리차로 $d_1 - d_2$ 이다.

광원의 3차원 좌표 $P = (x, y, z)$ 는 계산된 광원과 카메라와의 거리 r 과 카메라 렌즈의 초점거리 f , 그리

고 카메라 영상에서 추출된 광원의 무게중심의 좌표 $P' = (x', y')$ 로부터 식(2), (3), (4)로 쉽게 산출될 수 있다.

$$P(x) = \frac{r}{f} x' \quad (2)$$

$$P(y) = \frac{r}{f} y' \quad (3)$$

$$P(z) = r \quad (4)$$

IV. 결과

4m x 4m 공간에 빔 프로젝터, PC, USB 카메라를 설치하였다. 사용자는 Bluetooth 컨트롤러를 이용하여 3차원 공간상에 자유롭게 그림을 그릴 수 있으며 스크린을 보며 사용자가 그린 그림을 수정할 수 있다[그림 13].



그림 13. 시스템 환경

컨트롤러를 빠르게 움직일 경우 광원의 이동이 끊어져서 나타나는 경우가 발생하였다. 이는 USB카메라의 frame rate가 낮아서 발생하는 문제로 좌표간의 끊어짐을 Catmull-Rom Spline[9][10]을 이용하여 보간하였다 [그림 14].

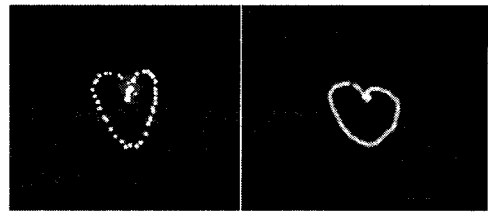


그림 14. Catmull-Rom Spline 적용

사용자의 흥미를 유발하기위해 야경 사진을 선택할 수 있도록 하였다. 야경 사진은 사용자가 그리는 영역 뒤쪽에 두어 사용자가 그린 그림과 배경이 합성 가능하도록 하였다[그림 15].

자유로운 시점 변경이 가능하며 사용자는 자신이 그린 그림을 사용자가 원하는 시점으로 변경하여 볼 수 있다.

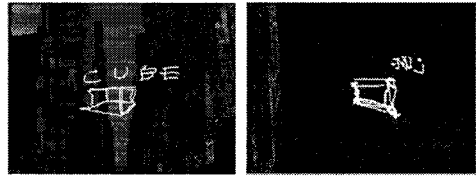


그림 15. Light Drawing System으로 그림을 그린 결과

무지개 색의 순으로 7가지 색을 선택할 수 있도록 하였으며 색상 선택을 통해 표현의 자유도를 높였다[그림 16].

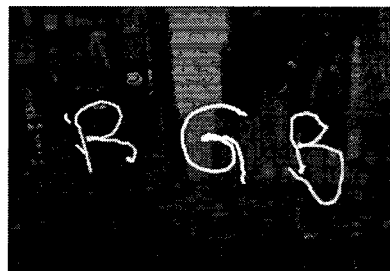


그림 16. 색상 선택 결과

V. 결론

최근 DSLR의 보급률이 높아짐에 따라 사진 촬영방

법에 관심을 가지는 사람들이 늘어나고 있다. DSLR은 자동카메라와 달리 조리개와 셔터 속도를 조절할 수 있기 때문에 불꽃이나 휴대폰 액정과 같은 소재를 이용하여 Light Drawing을 시도하는 사람도 늘고 있다. 하지만 Light Drawing을 시도한 대부분의 사람들은 촬영하기 어렵다는 반응을 보였으며 곧 포기하는 경우도 발생하였다.

본 논문에서는 Digital Light Painting System을 제안하였다. 제안하는 시스템은 Light Painting을 간접 경험할 수 있는 기회를 제공하며, 실제 Light Painting을 촬영하려는 사람들에게는 사전 훈련의 기회를 제공할 수 있다.

향후에는 Nintendo Wii와 같은 체감형 게임 또는 공간지각 능력 향상을 위한 교육용 콘텐츠로도 이용 가능할 것으로 예상되며 이 시스템을 기반으로 빛이라는 매체를 이용한 다양한 콘텐츠를 개발 할 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/Light_painting
- [2] <http://tochka.jp/pikapika/>
- [3] Bill Baxter, Vincent Scheib, Ming C. Lin, Dinesh Manocha, "DAB: interactive haptic painting with 3D virtual brushes," Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, 2001(8).
- [4] <http://www.wiispray.com/>
- [5] D. F. Keefe, "Cavepainting : A Fully Immersive 3D Artistic Medium and Interactive Experience," 2001 symposium on Interactive 3D Graphics, pp.85-93, 2001(3).
- [6] Carolina Cruz-Neira, Daniel J. Sandin, Thomas A. DeFanti, Robert V. Kenyon, and John C. Hart, "The CAVE: audio visual experience automatic virtual environment," Communications of the ACM, Vol.35 No.6,

pp.64-72, 1992(6).

- [7] 김수인, 남궁재찬, "스테레오 비전 시스템에서의 이동객체 추출 및 거리 측정", 멀티미디어학회 논문지, Vol.5, pp.272-280, 2002.
- [8] http://en.wikipedia.org/wiki/Long_exposure
- [9] 조재일, 최승민, 장지호, 황대환, "지능형 로봇 스테레오 비전 처리 기술", 전자통신동향분석, 제 22 권, 제2호, pp.38-47, 2007.
- [10] Y. Wang, D. Shen, and E. K. Teoh, "Lane detection using Catmull-Rom Spline," IEEE International Conference on Intelligent Vechicles, pp.51-57, 1998.
- [11] [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ee417606\(VS.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ee417606(VS.85).aspx)

저자 소개

박 원 배(Won-Bae Park)

준회원



- 2009년 2월 : 숭실대학교 미디어학과(학사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 숭실대학교 미디어학과 석사 과정 중

<관심분야> : 인터랙티브 콘텐츠, 미디어 아트

박 창 범(Chang-Bum Park)

준회원



- 2008년 2월 : 숭실대학교 미디어학과(학사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 숭실대학교 미디어학과 석사 과정 중

<관심분야> : Physical Computing, 영상처리

백 두 원(Chang-Bum Park)

정회원



- 1983년 : 서울대학교 수학 학사
- 1990년 : Univ. of Minnesota 전산학 석사
- 1991년 : Univ. of Minnesota 전산학 박사
- 1994년 : AT&T Bell LAB.,

Murray Hill, N.J., U.S. Member of the Technical Staff

- 2002년 : CDS, San Jose, CA, U.S. Member of the Consulting Staff

<관심분야> : 디지털 방송, 알고리즘, 컴퓨터 그래픽스