

논문 2008-45SC-6-13

3차원 영상의 깊이 인식에 대한 매핑 알고리즘 구현

(A New Mapping Algorithm for Depth Perception in 3D Screen and Its Implementation)

함 운 철*, 김 승 환**

(Woonchul Ham and Seunghwan Kim)

요 약

본 연구에서는 입체영상을 위한 실시간 스테레오 화면을 생성하는 기법 중에서 특별히 깊이 감도를 충실히 구현할 수 있는 새로운 알고리즘에 대하여 다루어 본다. 제안한 내용 중에는 깊이 질감에 간접적 영향을 주는 빛의 강도를 물리학에서 이용되는 라플라시안 방정식에 근거를 두어 영상처리를 하는 개념도 다루어 본다. 본 논문에서 다루어 진 내용들은 N.Holliman 교수의 연구 내용 중 다중영역 알고리즘과 유사하나, 큰 차이점은 본 연구에서는 관찰자와 피사체 사이의 거리를 고려하고, 여기에 라플라시안 방정식의 개념을 도입한 부분이다. 제안된 알고리즘은 원형편광 처리가 된 LCD 화면에 OpenGL 라이브러리 함수를 이용하여 구현되었으며, 실제 인체의 시각의 생체적인 기능 하에서 입체적인 느낌이 잘 발휘되도록 처리를 하였다. 비록 현재는 가상적으로 생성한 입체화된 물체에 대하여 컴퓨터 시뮬레이션을 시도하였지만, 본 논문에서 다루어진 알고리즘은 개인 컴퓨터의 편광모니터는 물론 공중파용 입체 단말기에도 적용가능하리라 사료된다.

Abstract

In this paper, we present a new smoothing algorithm for variable depth mapping for real time stereoscopic image for 3D display. Proposed algorithm is based on the physical concept, called Laplacian equation and we also discuss the mapping of the depth from scene to displayed image. The approach to solve the problem in stereoscopic image which we adopt in this paper is similar to multi-region algorithm which was proposed by N.Holliman. The main difference thing in our algorithm compared with the N.Holliman's multi-region algorithm is that we use the Laplacian equation by considering the distance between viewer and object. We implement the real time stereoscopic image generation method for OpenGL on the circular polarized LCD screen to demonstrate its real functioning in the visual sensory system in human brain. Even though we make and use artificial objects by using OpenGL to simulate the proposed algorithm, we assure that this technology may be applied to stereoscopic camera system not only for personal computer system but also for public broadcast system.

Keywords : Stereo Display, Depth Perception, 3D LCD, Multi-Region

I. 서 론

최근 10년 동안 컴퓨터 그래픽스 소프트웨어는 많은 발전을 가져 왔다. 대표적인 예로는 미국 AUTODESK 사의 3ds Max 프로그램을 들 수 있다. 또한 그래픽스

하드웨어도 빠른 발전을 보여 최근 모든 OS 탑재용 MPU에는 그래픽스 가속기 회로가 탑재되고 있는 상황이다. 따라서 현재의 그래픽스 하드웨어 및 소프트웨어 기술을 그동안 실시간 처리가 어려웠던 컴퓨터 그래픽스의 여러 문제들, 예를 들면 광자 매핑, 광선추적, 이미지 렌더링과 그래픽 알고리즘들이 실시간처리가 가능하게 되었다. 물체들의 컴퓨터 그래픽스를 이용한 표면 처리는 물체의 움직임, 조명의 움직임, 관찰자의 시각 등을 모두 고려하여야 하는 데, 이를 위하여서는 방대한 양의 계산 량이 필요하며, 이는 기존의 하드웨어, 소프트웨어 기술에 의하여서는 도저히 실시간 처리가 불

* 정희원, ** 학생회원, 전북대학교 전자정보공학과
(Department of Electronic and Information Engineering, Chonbuk National University)

※ 이 연구에 참여한 연구자는 2단계 BK21사업의 지원비를 받았음 (This work was supported by the second stage of Brain Korea 21 Project)

접수일자: 2007년11월19일, 수정완료일: 2008년10월28일

가능하였지만, 현재는 회로의 집적화 및 고속화에 의하여 실시간 처리가 가능한 시대를 맞이하게 되었다. 이러한 하드웨어와 소프트웨어의 발전으로 인하여 3D 입체화면 기술 분야도 그동안 상당한 진전이 있어왔다.

하지만 입체영상 LCD를 제작하는 기술은 잘 발달해 있는 반면에, 입체영상을 구현하는 기술은 아직도 2D 디스플레이 단계인 VGA 단계를 지나 아직 초년을 갖 벗어난 단계로 많은 발전이 가능한 분야이다.

입체화면의 구현방법 중 가장 널리 사용되는 것은 좌우의 눈에 각기 좌우 방향에서 본 것과 동일한 화상을 제시하여 양안시차를 주고 이것을 합성하여 하나의 입체상으로 보이게끔 하는 방법이다. 좌우의 양 방향의 상을 분리하기 위하여 편광안경, 색 필터 안경 또는 스크린 등을 이용한다. 이 입체화면을 구현하는 데는 실제 현실 혹은 프로그램 상의 절대 거리를 관찰자가 관찰하는 상대 거리로 매핑을 하는 것이 필요하다.

입체화면에서 사람이 거리를 인지 할 수 있는 범위는 두 눈 사이의 거리, 각 눈이 맞추어지는 초점 등과 같은 사람의 눈에 대한 많은 파라미터들 뿐만 아니라 다른 기하학적인 파라미터들에 따라서 변한다.^[1] 하지만 사람의 눈이 거리를 인지하는 범위는 보통 350m 정도의 한계가 존재한다는 것은 잘 알려진 사실이다. 그렇기 때문에 관찰자로부터 상당히 멀리 떨어진 곳에 있는 물체의 실제 거리를 고려하는 것은 쓸모없는 일이다. 이것이 입체화면의 효과적인 구현을 위한 절대 거리와 인지 가능한 거리의 광학적 매핑과 상관관계에 대해 알아내려는 이유이다.^[2~3]

N.Hollman은 이 문제에 대해 다중영역 알고리즘을 제안했다. 이 알고리즘은 거리를 바로 앞, 중간, 인지 불가능한 거리 등으로 여러 영역으로 나누어 이것을 상대적인 매핑을 하는데 이용을 한다는 것이다.^[4] 매핑 시 인지 가능한 거리에 관심 부분의 영역을 크게 차지하게 하여 깊이 감도를 충실히 할 수 있는 매핑을 찾아내는 것이다.^[5~7]

이 논문에서 이 다중영역 알고리즘과 라플라시안 방정식에 근거하여 절대거리와 인지거리 사이의 새로운 매핑 알고리즘을 제안한다. 그리고 인간의 망막의 해상도에 대해 생각해보고, 실제 장면의 거리감과 그것에 대해 사람이 인지하는 거리감 사이의 관계를 알아본다.

II. 인간 시각능력

이 절에서는 인간 시각의 거리감에 대한 한계에 관하

여 짧게 고찰하고자 한다. 기존의 연구에 의하면, 앞에서 말하였듯이 사람의 거리감에 대한 시각능력은 물체가 관찰자로부터 350m 이상을 넘어설 경우는 단순 시각기능에 의존하여서는 거리감을 느끼지 못한다고 보고되어 있다. 즉, 360m 떨어진 사람과 370m 떨어진 두 사람 중 누가 멀리 떨어져 있는가를分辨할 수 없다는 의미이다. 물론 인간은 시각 기능만을 이용하는 것이 아니라, 물체에 대한 사전 지식, 즉, 물체 크기에 대한 사전 지식이라든가, 주변의 물체들에 대한 정보를 활용하여 물론 350m 보다 멀리 떨어진 두 물체 중에 어느 하나가 더 멀리 있다는 올바른 판정을 내리곤 한다.

[그림 1]은 관찰자와 물체가 d 만큼 떨어져 있을 때, 이 관찰자의 망막의 한 중앙에 초점이 맺힌다고 가정할 경우, 한쪽 눈이 회전된 각도 θ 와의 상관관계를 보여주고 있다. 인체가 느끼는 거리감은 바로 이 θ 의 값에 좌우를 하고 있기 때문에 이에 대한 분석은 입체화면을 연구하는데 매우 중요한 요소가 된다.^[5, 8~10] 일반인의 미간의 길이는 3.2cm ~ 3.5cm 정도인데, 본 논문에서는 이 미간 $d_1 = 3.5cm$ 이라고 가정을 하기로 한다. 또한 일반인의 거리감의 한계 값 $d_{lim} = 350m$ 라고 가정을 한다. 따라서 이러한 수치를 고려 할 때, 일반인의 망막에서 거리감을 느끼는 해상도는 다음 공식에서와 같이 0.00572 [deg] 가 된다.

$$\pi/2 - \tan^{-1}(350/0.035) = 0.0057^\circ \quad (1)$$

일반인이 보는 물체를 볼 수 있는 거리영역이 10cm에서 350m 라고 할 경우, 이에 대응되는 θ 값은 각각 다음과 같다.

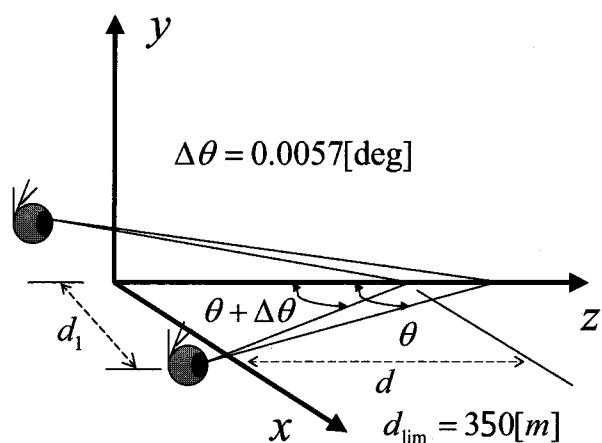


그림 1. 시선과 인지 거리의 기하학적 표현

Fig. 1. Geometric View and Perceived Depth of Human Eye.

$$\pi/2 - \tan^{-1}(0.1/0.035) = 19.29^\circ \quad (2)$$

위의 수치 값을 이용하여 거리감에 대한 일반인의 시각 해상도 Δ 는 다음 공식에서와 같이,

$$\Delta = 19.29/0.0057 = 3372 \quad (3)$$

약 3400 이 된다. 이를 2차원적으로 확장을 하면 거리감에 대한 망막의 해상도는 약 3400×3400 이 된다. 이러한 수치는 입체 카메라를 제작하는데, 또는 그래픽스 처리를 하는 데 활용될 수 있을 것이다. 위에서 정의한 θ 를 활용한 거리감에 대하여 좀 더 분석을 하여본다.

관찰자의 두 눈과 관찰 대상물체와 이루는 각도를 α (물체가 관찰자 앞 중앙에 있을 경우는 $\alpha = 2\theta$ 가 성립 된다) 라고 하자. 이 경우 두 물체의 α 값이 같은 경우, 두 물체는 관찰자로부터 같은 거리에 떨어져 있다고 인지가 된다. 이러한 사실에 근거하여, 관찰자로부터 같은 거리에 떨어져 있다고 느끼는 점들의 집합은 다음과 같은 구의 면이 됨을 알 수 있다.

$$x^2 + y^2 + (z - c)^2 = d_1^2 + c^2 \quad (4)$$

여기서 c 는 임의의 값이며, c 의 값에 따라 거리감의 값이 결정이 된다. 예를 들어 위의 식은 관찰자로부터 $c + \sqrt{d_1^2 + c^2}$ 떨어져 있다고 느껴지는 점들의 집합을 의미한다. [그림 2]는 이를 그림으로 나타낸 것으로, 그림상의 곡면의 모든 점들은 관찰자로부터 같은 거리만큼 떨어져 있다고 느끼는 점들이다. 이상 살펴본 바를 분석하여 보면, 실제 물체가 놓여 있는 절대적 거리와 인간이 실제 느끼는 거리 사이에는 선형이 아닌 비선형

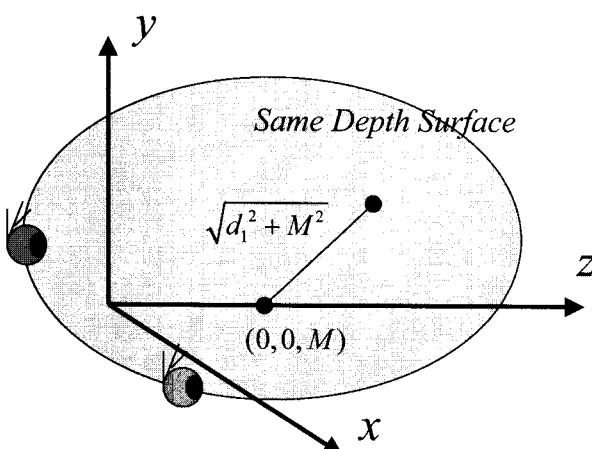


그림 2. 동일한 거리로 인식되는 면
Fig. 2. Perceived Equi-depth Surface.

관계가 존재함을 알 수 있으며, 이러한 점을 잘 활용하여야만, 3D 물체를 2D 평면상에 구현할 때, 입체감을 최적화 할 수 있는 것이다.

III. 실제거리와 인지거리와의 상관관계

3D 입체를 2D 화면에 구현하기 위하여서는 먼저 기하학적인 물체간의 거리와 실제 인간이 느끼는 인지 거리사이의 상관관계를 잘 이해하고 있어야 한다. 본 절에서는 이 상관관계에 대하여 간략히 논의를 하기로 한다. N. Holliman 은 이러한 분석을 토대로 다 영역 알고리즘과 같은 새로운 3D 알고리즘을 제안한 바 있다. 본 연구팀에서도 향후 이러한 다 영역 알고리즘의 아이디어를 도입하여 새로운 3D 구현 알고리즘을 개발할 예정이다. 여기서는 먼저 향후 이미지 처리 시에 활용할 예정인 영상처리 알고리즘을 소개하여 본다. 이 알고리즘의 아이디어는 물리학의 라플라시안 방정식에 근거하고 있다. 즉, 관찰하고자하는 대상 부근에 빛 요소가 없는 경우, 이 부근의 빛의 밝기를 $V(x,y,z)$ 로 표현 할 경우, 다음과 같은 라플라시안 방정식이 성립하게 된다. 물론 주변에 빛 요소가 있는 경우는 이 방정식이 0이 아니게 되며, 본 논문에서는 이 경우는 고려하지 않기로 한다.

$$\nabla^2 V(x,y,z) = 0 \quad (5)$$

이를 3차공간상에 있는 임의의 물체의 인접한 7개의 점에 대하여 대입할 경우 다음과 같은 공식을 얻게 되며, 이는 일반 이미지 처리에 있어서 그 유명한 평균치 알고리즘과 같게 된다.

$$V(x,y,x) = 1/6 [V(x-1,y,z) + V(x+1,y,z) + V(x,y-1,z) + V(x,y+1,z) + V(x,y,z-1) + V(x,y,z+1)] \quad (6)$$

따라서 위의 법칙을 이미지 처리에 대한 전처리 또는 후처리를 할 경우, 계산상의 큰 이점을 갖게 될 수 있다. 또한 거리감에 대한 인간의 시각능력은 물체의 밝기와도 큰 상관관계를 갖고 있다. 만일 관찰자 부근에 조명이 있는 경우, 관찰자로부터 멀리 떨어져 있는 물체의 밝기는 관찰자와 물체간의 거리 R 의 자승에 반비례 하므로 이러한 점도 3D 입체화면 구현에 고려하여야 할 사항이라고 볼 수 있다. 물론 위에서 논한 이러한 조명에 관한 사항들이 컴퓨터 그래픽스의 소프트웨어, 예를 들면 3ds Max에 이미 구현이 되어 있으므로, 이

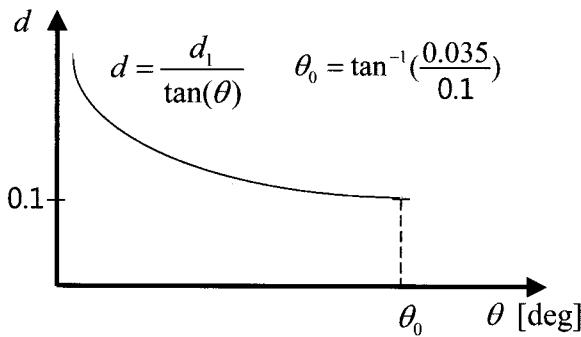


그림 3. 동일하게 인식되는 거리에 대한 그래프
Fig. 3. Graph of Perceived Equi-depth,

러한 그래픽스 툴을 사용하는 경우는 특별히 고려를 하지 않아도 무방하다.

다시 실제 거리와 인지하는 거리사이의 비선형상관관계에 대하여 좀 더 논의를 하여본다. 흥미 있는 점은 인지되는 거리감의 크기는 관찰자와 물체간의 거리제곱에 반비례한다는 것이다. [그림 3]은 인간의 망막의 해상도가 일정할 경우에 인지되는 거리감과의 관계를 보여주고 있다. 즉, 먼 거리에 멀리 떨어져 있는 두 물체간의 거리감이나, 가까운 거리에 가깝게 떨어져 있는 거리감이나 우리의 두뇌에서는 같은 느끼게 되는 것이다. 다음 식들은 실제 관찰자와 물체간의 거리 d 와 앞에서 정의된 θ 사이의 관계식을 나타낸 것이다.

$$d = d_1 / \tan \theta \quad (7)$$

$$\theta_0 = \tan^{-1}(0.035/0.1) = 19.2^\circ$$

$$\Delta \theta = 0.0057[\text{deg}]$$

따라서 위식에 근거를 둔 실제 물체간의 기하학적인 거리와 실제 인지되는 거리감사이의 비선형관계를 이미지 처리시의 사전처리로 다룬 후에, 이를 통하여 새롭게 매핑된 가상좌표계를 토대로 하여, N.Holliman 교수에 의하여 제안된 3D 입체영상 알고리즘을 구현하는 것이 좋은 방법의 하나가 될 수 있다. 또는 앞서 라플라시안 방정식에서 다루어 보았던 바와 같이 거리감이 관찰자와 물체간의 거리의 자승에 반비례한다는 사실을 통하여 다음과 같은 가상 좌표계를 사용한 후에, 일반적인 3D 입체영상 알고리즘을 적용하는 것도 하나의 방법이 될 수 있다.

$$\begin{aligned} x_v &= x_c / R^2 \\ y_v &= y_c / R^2 \\ z_v &= z_c / R^2 \end{aligned} \quad (8)$$

여기서 x_c, y_c, z_c 는 카메라 좌표상의 물체의 좌표이며, R 은 카메라와 물체간의 거리를 의미한다. 위 식으로 얻은 가상좌표 x_v, y_v, z_v 을 가지고 일반적인 3D 알고리즘을 적용하면 2D 상에서의 입체감이 좀 더 효율적으로 구현될 수 있을 것이다. 이 부분의 연구는 다음 연구에서 진행할 계획이다.

IV. 인지 거리감과 2D 구현

이 절에서는 스테레오 비전을 통하여 얻은 2장의 좌우 카메라 화면을 이용하여 편광 처리된 2D LCD 화면에 3D 입체를 극대화하기 위한 방식에 대하여 논하여 본다. [그림 4]에서 보는 바와 같이 3D 실시간 스테레오 이미지를 2D 화면에 구현하기 위한 비선형 매핑이 반드시 필요로 하며, 특별히 일반인이 물체의 입체감을 편하게 느끼게 하는 데 반드시 필요한 사항이다. 특별히 각 카메라 좌표계의 각축으로의 수축 또는 팽창 프로세싱이 반드시 필요하다. 이 이유는 실제 영상이 2D LCD 화면에 구현이 되며, 이를 바라보는 사용자가 입체감을 편하게 느끼기 위하여 2D LCD 화면과 이를 바라보는 관찰자의 양쪽 눈과의 기하학적인 파라메터가, 실제 두 대의 카메라와 물체간의 기하학적인 파라메터와 일치하는 경우에 입체감이 편하게 느껴진다는 사실에 기인한다. [그림 4]의 파라메터들 간에 관계가 성립이 되는 것이 중요하다.

$$f_c/d_c = f_1/d_1 \quad (9)$$

또한 본 논문에서는 2D 화면의 구현을 위하여 OpenGL 라이브러리를 사용하므로 라이브러리 함수가 운데 프로젝션과 관련한 함수의 사용에 있어서 매개변수를 잘 선택하여야 한다.

이를 위하여 N.Holliman 교수가 언급한 프로젝션 행

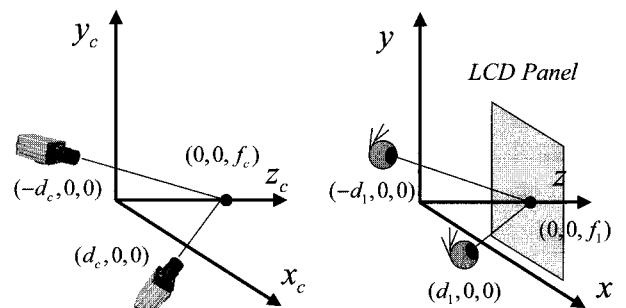


그림 4. 3차원 영상 이미지와 그것의 2차원화
Fig. 4. 3D Stereo Image and Its 2D Implementation.

렬의 각종 파라메터에 대하여 간략히 언급하기로 한다. 관심이 되는 대상에 대한 좌, 우 화면을 얻기 위한 비대칭 카메라 원뿔대를 위한 파라메터를 다음과 같이 결정 한다. 여기서는 지면상 오른쪽 카메라에 대해서만 다루도록 한다. 후에 컴퓨터 시뮬레이션 부분에서, 이들 파라메터를 이용하여 OpenGL 라이브러리를 호출한다. OpenGL에서 카메라 원뿔대와 관련한 행렬을 결정하는 파라메터는 Left(L), Right (R), Top (T), Bottom (B), Near (N), Far (F) 이며 다음과 같이 결정한다.

$$\begin{aligned} L &= -\frac{n}{d}(w + d_1), R = \frac{n}{d}(w - d_1) \\ T &= -B = \frac{hn}{d} \\ N &= n, F = f \end{aligned} \quad (10)$$

위와 같은 내용에서 다소 간과한 사실은 관심 대상체에 대한 초점문제가 고려되지 않은 점이다. 따라서 위의 알고리즘을 그대로 OpenGL을 이용하여 구현하게 되면, 관심 대상, 즉, 초점 대상인 부분의 좌우 화면이 다소 떨어져 있는 문제를 야기 하며, 이것은 입체화면을 쳐다보는 사용자의 눈에 피로도를 증가 시키는 요인 이 된다. 따라서 좌우 화면에 대한 이미지 베틀에 대하여 다음과 같은 연산처리를 초점이 되는 부위가 각각의 좌우 이미지의 정중앙에 위치하도록 조치를 취한다.

$$\begin{aligned} LFB(i, j) &= LFB(i + \Delta l, j) \\ RFB(i, j) &= RFB(i - \Delta r, j) \end{aligned} \quad (11)$$

단, 여기서 LFB , RFB 는 각각 왼쪽, 오른쪽 카메라에 의하여 획득된 이미지 베틀을 의미한다. [그림 5]의 내용을 해석하면, 오른 쪽 카메라에 의하여 획득된 영상은 초점부분이 전체이미지의 정중앙에 놓여 있지 않으므로, 이 초점부분이 실제 2D 화면 구현 시에는 정중앙에 놓일 수 있도록, 카메라에 의하여 획득된 이미지에 대한 처리를 하여야 한다. 실제로 카메라에 의하여 획득된 영상에서의 정중앙부 원면부분에 초점부분의 영상이 존재를 하므로, 획득된 영상을 우측으로 이동하게 하는 이미지 처리가 필요로 하게 된다. 바로 이 내용이 위 두 번째 식이 의미하는 내용이다. 마찬가지로 왼쪽 카메라에 의하여 획득된 영상에 대하여서 유사한 이미지 전처리를 하여 주어야 하며, 이에 대응되는 식이 바로 위 첫 번째 식이다.

오른쪽 카메라와 왼쪽 카메라가 대칭적으로 배치되었을 때, $\Delta l = \Delta r$ 이 되며 다음과 같은 식으로 표현될 수 있다.

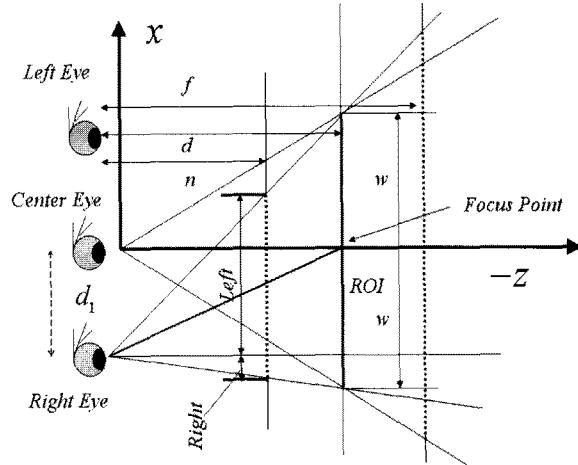


그림 5. 오른쪽 눈 영상의 기하학적 거리분석
Fig. 5. The Scene Geometry for Right Eye.

$$\Delta l = (d_1/2w) * N_h \quad (12)$$

단, 여기서 N_h 는 2D LCD 스크린의 수평라인 픽셀 개수를 의미한다.

V. 시뮬레이션

3D 입체 화면을 구현하기 위하여, 국내 파버나인 회사에서 제작된 특수 LCD 모니터를 사용하였으며, 이 모니터는 LCD 모니터 표면에 원형편광처리가 되어 있다. 본 논문에서는 홀수 수평라인은 왼쪽 편광안경에, 짝수 수평라인은 오른쪽 편광안경에 대응시켜 3D 입체 영상을 구현하고자 하는 방식을 취하였으며, 소프트웨어로는 OpenGL을 이용하였다. 테스트용 가상 입체로 [그림 6]에서 보는 바와 같이 표면색이 빨간색인 같은 사이즈의 9개 큐브를 사용하였다. 큐브의 한 변은 4cm이며, 중심부 초점위치의 큐브는 주변 8개의 같은 크기의 큐브와 각 축으로부터 6cm떨어져 있다. [그림 6]에는 좌측은 왼쪽카메라에 의하여 캡처된 영상에 대응되며, 우측은 오른쪽카메라에 의하여 캡처된 영상에 해당된다. 시뮬레이션 시 LCD모니터를 쳐다보는 관찰자와 3D LCD 모니터 화면사이의 거리를 50cm로 가정하였으며, 이 환경 하에서 입체감이 가장 잘 인지되도록 OpenGL 라이브러리 함수의 매개변수를 조절하였다.

1. 회전 변환

그림 9번은 왼쪽 눈과 오른쪽 눈의 입체영상으로 조합하기 전의 이미지이다. 우선 이미지를 관찰하기 좋게 하기 위하여 Z축으로 -100cm를 이동한다. 중앙에 위

치한 큐브를 관심 물체로 정하고 그 큐브를 중심으로 양쪽 눈의 이미지를 각각 일정 각도씩 Y 축을 기준으로 전체를 회전시켜 주변의 큐브들의 입체감이 가장 크게 느껴지는 각을 찾는다.

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{3.0}{100}\right) = 1.7^\circ \quad (13)$$

입체감이 잘 느껴지는 각을 알기 위해 위의 식을 풀면 평균적으로 1.7도 정도가 적정 각도임을 알 수 있다. 이 방식으로 입체영상을 구현할 경우 뒷부분의 큐브는 입체감이 잘 느껴지는 반면 앞부분의 4개의 큐브는 명확한 입체감은 느껴지지 않는다.

여기서 수행한 방식은 어떤 한 Y 축을 기준으로 이미지 전체를 일정 각도로 회전 시켜 입체감을 얻으려 한 것이다. 이 시뮬레이션을 방식은 관심 물체가 작고 주변의 물체들이 상당히 큰 경우 중심에 비해 외곽의 틀어짐이 심해져 입체감을 얻기에 적합하지 않다는 것을 알았다.

2. 초점 일치를 위한 이미지의 이동 변환

이 항목에서는 4절에서 알아낸 정보를 적용하기 위하여 왼쪽 눈의 이미지와 오른쪽 눈의 이미지의 초점을 맞추기 위한 이동 변환을 시도한다. 모든 큐브를 Z 축으로 $-100cm$ 옮긴 후, 우리는 사람의 눈의 평균 거리를 고려하면서 왼쪽 눈 이미지와 오른쪽 눈 이미지를 위해 X 축 방향으로 모든 큐브를 $3cm$ 과 $-3cm$ 만큼 이동시킨다. 또한 시선의 위치를 중앙의 큐브로 정한 후, 중앙의 큐브가 실제 LCD의 프레임에 위치하여 중앙 큐브와 LCD 화면의 거리가 0이라 가정하고, OpenGL의 frustum 파라메터를 조절하여 입체감이 잘 느껴지는 영상을 획득한다.

$$\begin{aligned} L &= -16 + \delta, R = 16 + \delta \text{ for } R_{img} \\ L &= -16 - \delta, R = 16 - \delta \text{ for } L_{img} \end{aligned} \quad (14)$$

위의 δ 값은 각각 오른쪽 이미지와 왼쪽 이미지의 이동 값이다. 사람의 눈 사이의 거리가 $6cm$ 이라고 하면, δ 값은 1.5 정도 일 때 사람이 보기에 가장 입체감을 잘 느끼는 거리 값이 된다.

우리는 여기에서 4절에서 알아낸 방법과 5-1항에서 사용한 방식을 조합하여 알고리즘을 3D LCD에 구현하고, 실험 지원자들을 이용한 입체감을 측정하였고, 이것을 기반으로 Z 축의 거리에 상관없이 상당히 입체감이 잘 느껴지는 것을 검증할 수 있었다.

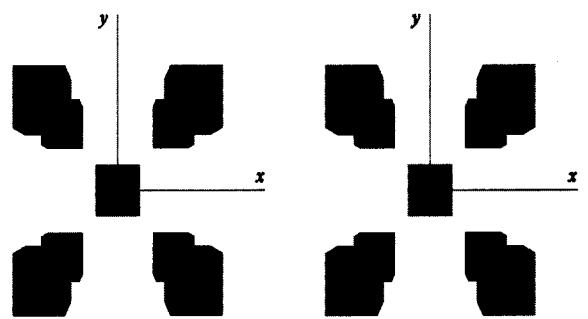


그림 6. 기존 알고리즘이 각각 적용된 양쪽 눈의 이미지
Fig. 6. Left and Right Image Using Existing Algorithm.

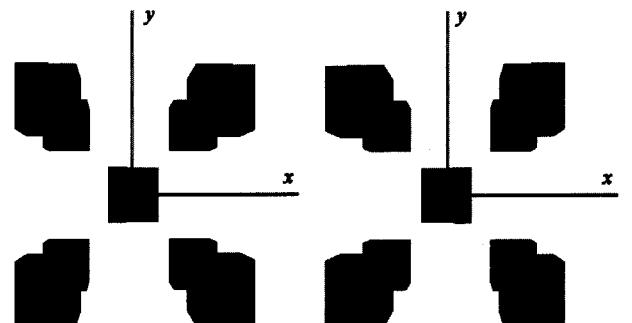


그림 7. 알고리즘이 각각 적용된 양쪽 눈의 이미지
Fig. 7. Left and Right Image using Proposed Algorithm.

VI. 결 론

본 논문에서 우리는 사람의 눈의 해상도와 실제 공간에서 동일한 거리로 인식하는 구간을 분석하였다. 또한 다중영역 알고리즘과 라플라시안 방정식에 근거하여 절대거리와 인지거리 사이의 새로운 매핑 알고리즘을 설계하였다. 우리는 3차원의 실제 영상을 2D LCD에서 입체 영상으로 구현하는 것을 수행하기 위해 제안된 매핑 알고리즘을 사람의 눈 위치와 눈의 각도를 고려하여 OpenGL로 시뮬레이션을 해보았다. 이 컴퓨터 시뮬레이션으로부터, 우리는 가상의 3차원에서 이 논문에서 제안한 매핑 알고리즘이 타당함을 입증할 수 있었다.

우리는 향후 이 논문에서 제안된 알고리즘을 개선하여 방송 시스템에 사용되는 실제 3차원 카메라에 적용 시킬 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] Y. Yeh and L.D. "Silverstein Limits of fusion and depth judgement in stereoscopic colour

- displays Human Factors," *V32n1*, pp45-60, 1990.
- [2] L. Gooding, M.E. Miller, J. Moore, S. Kim. "The effect of viewing distance and disparity on perceived depth," *Proceedings of the SPIE*, Vol. 1457, 1991.
- [3] A. Woods, T. Docherty, R. Koch. "Image distortions in stereoscopic video systems," *Proceedings of the SPIE*, Vol. 1915:36-48, 1993
- [4] C. Ware, "Information visualization, perception for design," *Morgan Kaufmann*, 1999. ISBN 0-1-55860-511-8.
- [5] N. Holliman, "Mapping Perceived Depth to Regions of Interest in Stereoscopic Images," *Stereoscopic Displays and Virtual reality System XI, Proceedings of SPIE* 5291, 2004.
- [6] N. Holliman, "Smoothing Region Boundaries in Variable Depth Mapping for Real Time Stereoscopic Images," *Stereoscopic Displays and Virtual reality System XII, Proceedings of SPIE-IST Symposium on Electronic Imaging*, vol.5664A, 2005 .
- [7] N. Holliman, "3D Display Systems", *Handbook of Opto-electronics, IOP Press*, Spring, 2005.
- [8] C. Blakemore. "The range and scope of binocular depth discrimination in man". *Physiology*, Vol. 211:599-622, 1970.
- [9] E.B. "Goldstein Sensation and Perception sixth edition", *published by Wadsworth*, 2002.
- [10] G. Jones, D. Lee, N. Holliman, D. Ezra. "Controlling perceived depth in stereoscopic images", *Proceedings of the SPIE*, Vol.4297A, 2001.

저 자 소 개



함 운 철(정회원)

1979년 서울대학교 전자공학과
학사 졸업
1982년 서울대학교 전자공학과
석사 졸업
1988년 서울대학교 전자공학과
박사 졸업

1982년~현재 전북대학교 전자정보공학부 교수
<주관심분야: 적응제어, 로봇제어 >



김 승 환(학생회원)

2007년 전북대학교 전자정보
공학부 학사 졸업.
2007년~현재 전북대학교
전자공학과 석사과정.
<주관심분야: 마이크로프로세서,
시스템 프로그래밍, 디바이스 드
라이버, Windows CE>