

# 양안입체시에서 3차원 정밀 데이터를 얻기 위한 확대경 사용에 관한 연구

차 국 찬<sup>\*</sup>

## 요 약

거리 기반법은 상세한 3D 데이터를 얻기 쉬운 반면 영상 기반법은 그렇지 않다. 본 논문에서는 확대 양안입체 영상으로부터 상세한 3차원 데이터를 얻는 새로운 방법을 제시한다. 주 아이디어는 확대경을 사용하는 것이다. 확대경은 물체를 확대할 뿐만 아니라 깊이 해상도도 증가시킨다. 깊이 해상도 증가와 변위 증폭 사이의 관계를 수학적으로 증명하고 원 3D 데이터를 개선시키는 방법이 제시된다.

## A Study of Using the Magnifying Lens to Detect the Detailed 3D Data in the Stereo Vision

KukChan Cha<sup>\*</sup>

## ABSTRACT

The range-based method is easy to get the 3D data in detail, but the image-based is not. In this paper, I suggests the new approach to get the 3D data in detail from the magnified stereo image. Main idea is using the magnifying lens. The magnifying lens not only magnifies the object but also increases the depth resolution. The relation between the amplification of the disparity and the increase of the depth resolution is verified mathematically and the method to improve the original 3D data is suggested.

**Key words:** Magnifying Lens(확대경), 3D Data, Stereo Vision(양안입체시)

## 1. 서 론

컴퓨터 비전은 영상으로부터 3차원 데이터를 얻고자 하는 것으로 영상 외의 부가적인 요소를 사용하는 능동적인 방법과 영상만을 사용하는 수동적인 방법이 있다[1]. 능동적 방법 중 레이저를 이용하는 거리기반 영상은 데이터를 세밀하게 구성할 수 있는 반면 대상체의 크기와 속도가 느린 것이 단점이다. 영상 기반의 3차원 데이터 취득법은 세밀하게 데이터를 구성하는 것은 어렵지만 크기나 속도면에서 거리기반 영상보다 우위에 있다.

3차원 데이터 구성에서 영상기반(image-based)과

거리기반(range-based)의 장단점은 다음과 같다[2].

### 1. image-based modeling

- 장점: · 큰 물체에 대한 3차원 데이터를 구성하는 것이 쉽다.  
· shading과 색상으로 물체면의 텍스처어를 세밀하게 나타낼 수 있다.
- 단점: · 아주 작은 물체 혹은 물체의 세밀한 부분에 대한 3차원 데이터를 얻기 어렵다.

### 2. range-based modeling

- 장점: · 물체의 세밀한 부분까지 데이터를 얻기 쉽다.
- 단점: · 덩치가 큰 물체에 대한 3차원 데이터를

※ 교신저자(Corresponding Author): 차국찬, 주소: 충남 논산시 내동 30번지(320-711), 전화: 041)730-5275, FAX: 041)736-4079, E-mail: kccha@konyang.ac.kr

접수일: 2006년 6월 16일, 완료일: 2006년 8월 25일

<sup>\*</sup> 정희원, 건양대학교 컴퓨터공학과 부교수

한 번에 구성하기 어렵고, 시간이 많이 걸린다.

이와 같은 상반된 장·단점 때문에 자동 네비게이션 분야에서는 두 센서를 동시에 사용하고 있다.

본 논문에서는 확대경과 같은 보조기구를 동원하여 영상기반의 단점을 능동적으로 극복하고자 한다. 확대경을 통하면 대상체의 특정부위를 2배, 4배 확대시켜 더욱 상세한 영상을 얻을 수 있고, 그 영상으로부터 정밀한 3차원 데이터를 얻을 수 있다.

양안입체시의 경우 카메라로부터 물체까지의 깊이는 두 영상간의 변위 차이로 나타난다[3]. 변위 차는 궁극적으로 화소 수의 차이므로 확대경을 통하면 영상과 함께 변위도 증폭된다. 증폭된 변위는 깊이 해상도를 증가시키므로 좀 더 상세한 3D 데이터를 얻을 수 있다. 확대된 영상으로부터 얻은 정밀한 데이터를 원 영상으로부터의 3D 데이터와 교체하면 좀 더 충실한 3차원 데이터를 구성할 수 있다. 본 논문에서는 대상체 내에서 복잡한 영역만을 확대하여 세밀한 3차원 데이터를 얻고, 그 상세 데이터로 원 데이터를 보강하는 방법을 제공한다[4][5].

2장에서는 양안입체시와 확대경의 광학적 특성을, 3장에서는 정밀한 3차원 데이터 구축 과정을, 4장에서는 실험 및 고찰을 설명한다.

## 2. 양안입체시와 확대경의 광학적 특성

### 2.1 확대경의 광학적 특성(6)

[그림 1]은 확대경의 촬상과정을 나타낸 것이다. 렌즈 앞에 놓인 물체의 위치에 따라 망막에 촬상되는 물체의 크기가 변하는데 초점거리  $f$ 에서의 물체크기를 1이라 할 때 A점 위치의 물체는 1보다 작게 결상되고, 렌즈와 초점거리 사이인 C점에 놓인 물체는 1보다 큰 허상이 결상된다. 확대경은 초점거리보다 가까이 있는 물체의 허상( $y'$ )을 형성하게 되고, 그 확대율은 물체와 상의 크기 비( $M$ )이다.

$$M = \frac{y'}{y} = \frac{z}{f} \tag{2.1}$$

식 (2.1)에서 초점거리보다 가까운  $z_1$ 과  $z_2$ 위치와 확대경을 통한 깊이  $Z_1, Z_2$  사이에서의 깊이 변화는

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1 = M(z_2 - z_1) = M\Delta z \tag{2.2}$$

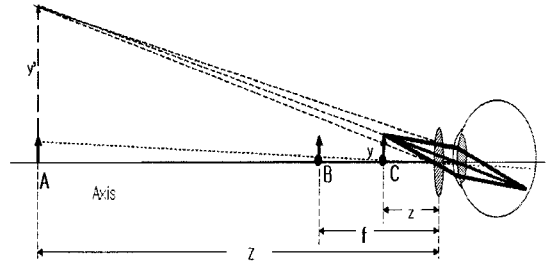


그림 1. 확대경의 촬상계

이다. 식(2.2)로부터 확대경을 통하면 두 물체간의 거리는 더욱 멀어짐을 알 수 있다.

### 2.2 확대된 양안영상에서의 변위(disparity) 증폭

[그림 2]의  $\triangle PMC_1$ 와  $\triangle P_1LC_1$ 로부터,

$$\frac{x}{z} = \frac{x'_l}{f} \tag{2.3}$$

[그림 2]의  $\triangle PNC$ 과  $\triangle P_rRC$ 로부터

$$\frac{x-b}{z} = \frac{x'_r}{f} \tag{2.4}$$

를 얻을 수 있다. 위 두 식을 합치면

$$z = \frac{bf}{(x'_l - x'_r)} = \frac{bf}{d} \tag{2.5}$$

이 유도된다. 여기서  $b$ 는 baseline의 길이,  $f$ 는 초점거리(focal length),  $d = x'_l - x'_r$ 는 변위를 나타낸다. 식 (2.2)에 식 (2.5)를 대입하면

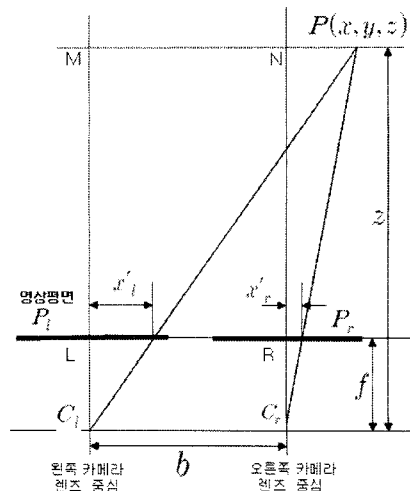


그림 2. 양안입체시 구성도

$$\begin{aligned} \Delta Z &= Z_2 - Z_1 = M \left( \frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1} \right) bf \\ &= M \frac{bf}{d_1 d_2} (d_1 - d_2) \end{aligned} \quad (2.6)$$

이 된다. 변위차이( $d_1 - d_2$ )는  $Mbf/d_1 d_2$  만큼 확대된다.

양안입체시에서는 좌우영상을 비교하여 변위 값을 얻고, 식(2.5)를 이용하여 깊이  $z$ 를 계산한다. 변위 값은 픽셀의 수로 결정되므로 확대경으로 변위를 크게 해 픽셀 수를 늘려 깊이 해상도를 높이고자 하는 것이 본 논문의 목적이다.

### 2.3 변위 증폭 실험

양안입체시에서 변위 차는 화소수의 차이이므로 영상을 확대했을 때 화소수가 증가할 것이고 증가된 화소수 간의 차이 또한 증가할 것이다. [그림 3]과 같이 실험 장치를 구성하여 5cm 간격의 막대를 촬영했다. [그림 5(a), (b)]는 5cm 간격의 막대를 확대경 없이, 확대경을 통해서 찍은 것이다. [그림 5(a)]에서 막대간의 간격이 멀수록 좁아지는 원근현상이 뚜렷하지만 [그림 5(b)]의 확대 영상에서 이 같은 현상은 반대로 나타남을 관찰할 수 있다. 맨 뒷줄의 막대 간격이 더욱 넓어지므로 변위 또한 증가할 것이라고 직관할 수 있다. [그림 4]는 [그림 5]의 좌우 양안영상



그림 3. 확대영상 취득 장치

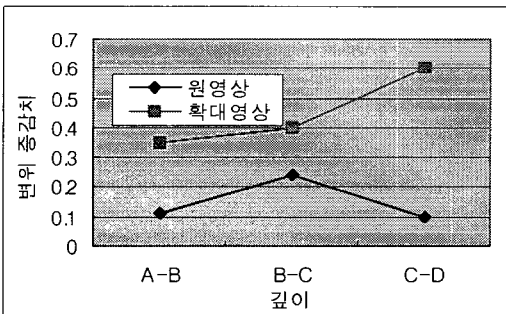
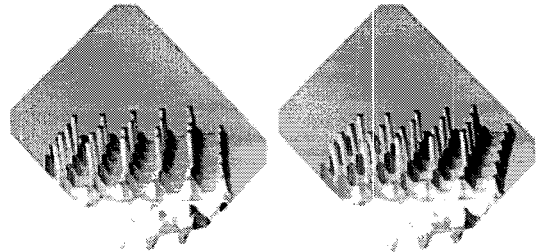


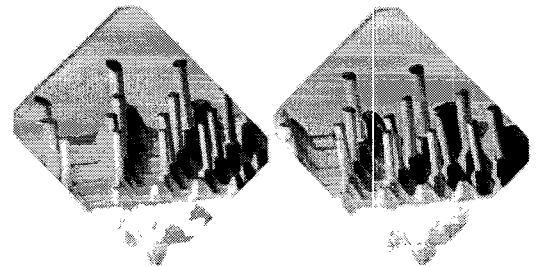
그림 4. 변위 증감치 그래프

증감을 그래프로 그린 것이다. [그림 4]의 C-D 점은 을 비교하여 얻은 변위가 깊이에 따라 변하는 변위 앞에서부터 4번째 막대(D)의 변위에서 3번째 막대(C)의 변위를 뺀 것으로 [그림 5(a)]의 원 영상에서 C-D변화율은 오히려 감소한 반면 확대영상은 더 증가했다. 다소 떨어져 있는 물체의 경우 원 영상에서는 변위 차가 잘 드러나지 않지만 확대 영상에서 더욱 잘 나타나게 됨을 알 수 있다.

확대경을 통해서 정밀하게 측정할 수 있는 정도를 파악하기 위해서 [그림 6(a)]와 같이 직경 4cm, 깊이 2cm 크기의 꽃 모양을 대상으로 확대경이 없을 때와 확대경을 사용했을 때를 비교했다. 확대경을 사용하지 않은 [그림 6(b)]의 경우 2cm 깊이인 꽃의 중심부가 잘 표현되지 않고 있는 반면 확대경을 사용한 [그림 6(c)]의 경우 아주 세밀하지는 않지만 중심부의 함몰이 잘 드러남을 알 수 있다. 그리드의 수의 차이도 약 2배 가까이 됨을 눈으로 확인할 수 있다. [그림 7(a)]의 가로 5cm, 세로 2.5cm, 깊이 3cm인 사각형 표시 영역에 대한 확대경 사용하지 않은 경우와 사용한 경우의 3차원 측정 결과를 [그림 7(b), (c)]에 나타냈다. 따라서 입체영상법에 의한 3차원 좌표 획득의 핵이 되는 변위를 확대경으로 증폭시켜 보다 세밀한 3차원 좌표를 얻는 것이 가능함이 증명되었다.



(a)



(b)

그림 5. 변위 증감치 측정을 위한 영상: (a) 확대경 없는 영상, (b) 확대경 영상

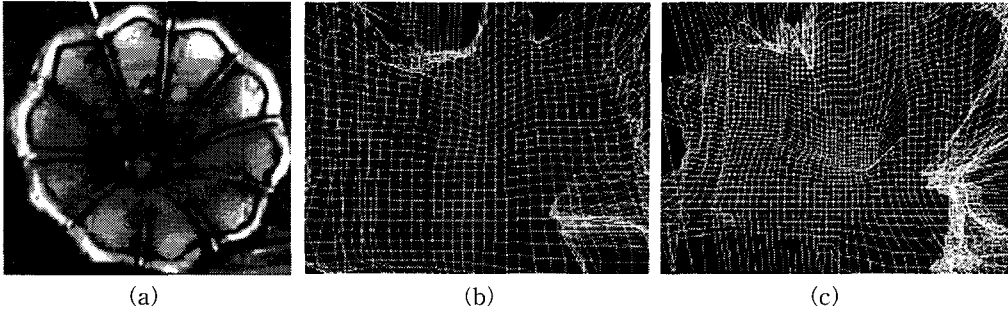


그림 6. (a) 꽃 모양, (b) 확대경 없이 얻은 좌표값, (c) 확대경 사용해서 얻은 좌표값

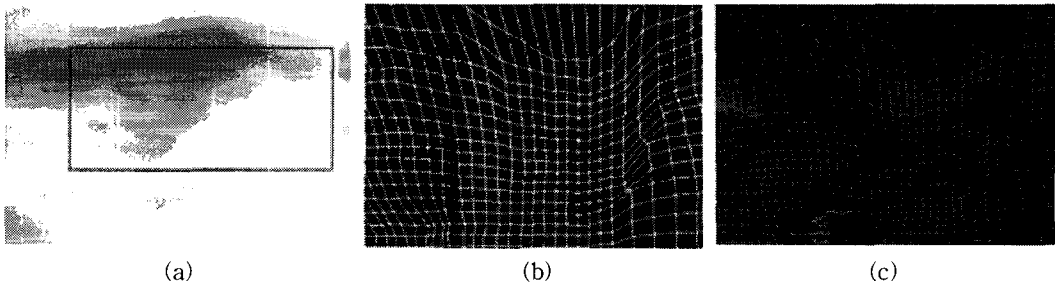


그림 7. (a) 눈 주변, (b) 확대경 없이 얻은 좌표값, (c) 확대경 사용해서 얻은 좌표값

### 3. 정밀한 3차원 데이터 구축

일반적으로 물체의 구조는 단순한 것과 복잡한 것이 혼재되어 있다. [그림 8(a)]의 눈 주위나 입가의 구조는 다소 복잡한 편으로 수동적인 비전 방법으로 3차원 영상을 취득할 때 데이터 취득이 어려운 영역이다. 이 영역을 확대경으로 확대한 영상을 처리하여 3차원 데이터를 얻고, 얻은 3차원 데이터를 원 데이터에 삽

입하고자 하는 것이 본 논문의 또 다른 목적이다.

#### 3.1 확대할 영역 파악

확대할 영역에 대한 판단은 일정 영역에서의 영상의 복잡도로서 판단한다. 물체 표면이 복잡할수록 명암변화의 빈도수가 높고 에지 선분의 개수가 많다.

[그림 11(a)]의 대상체에 대해서 [그림 8(a)]는 canny 필터하여 영상의 에지를 구한 것이고, [그림 8(c)]는 [그림 8(a)]를 2진화 후 (b)의 윤곽선을 제거한 것이다. [그림 8(c)]의 x, y축의 막대는 canny 필터된 값이 특정 값 이상인 것의 히스토그램이다[7]. [그림 8(d)]는 x, y 히스토그램에서 빈도수 10 이하인 것을 [그림 8(c)]에서 제거한 것이다. [그림 8(d)]에 나타난 영역이 물체에서 다소 복잡한 구조를 띤 영역으로 확대가 필요한 부분이다.

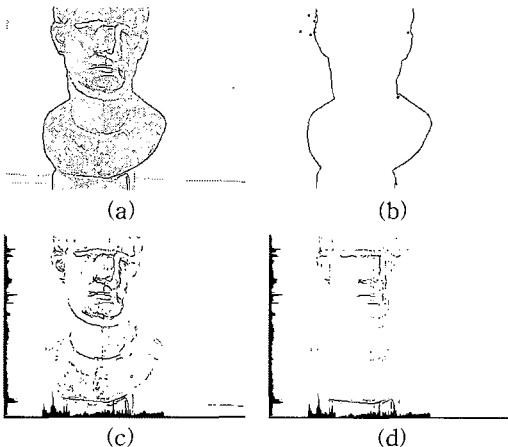


그림 8. (a) canny 에지영상, (b) 윤곽선, (c) x, y축 히스토그램과 필터된 영상, (d) 히스토그램 빈도수가 10 이상인 영상

#### 3.2 3차원 상세 데이터 생성

[그림 8(d)] 위치의 양안 확대 영상을 처리하여 3차원 상세 데이터를 구한다. [그림 9(b)]는 [그림 9(a)]와 같이 눈 주변의 확대영상을 양안입체 영상 처리하여 3D 데이터를 얻은 것이다. [그림 10(a), (b)]는 입 주변을 확대경으로 확대하여 얻은 3D 데이터이다.

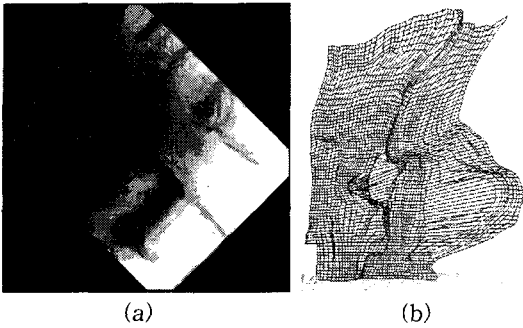


그림 9. (a) 눈 주변 확대영상, (b) 3D 데이터

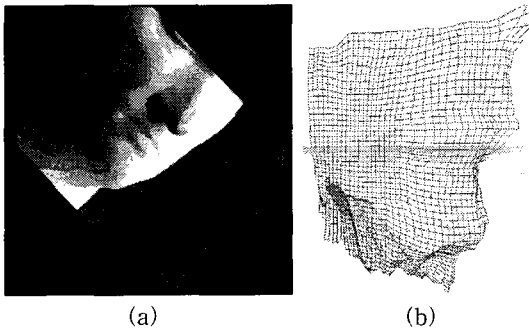


그림 10. (a) 입 주변 확대영상, (b) 3D 데이터

### 3.3 데이터 정합

확대경을 사용하여 특정 부분의 3차원 데이터를 상세히 얻는 과정에서 크기 변환이 생긴다. 확대되는 정도는 식(2.1)로부터 얻을 수 있고 확대경 구입 후 측정하는 것이 가능하다. [그림 13]은 원 데이터와 상세데이터의 한 단면을 도시한 것이고 상세 데이터는 0.68배된 것이다. 크기를 축소하면 3차원 공간상에서 약간의 전이가 생기지만 영상 전체를 스캔해서 찾을 정도는 아니고 [그림 8(d)]에서 구한 영역 주변에서 발생한다.

3차원 데이터의 정합을 하기 전 삽입하려는 부분이 원 데이터의 어떤 영역을 확대한 것인지 찾아야 한다. 3차원 데이터를 비교하여 찾는 것은 상당히 복잡한 여러 문제들을 수반하므로 본 논문에서는 원 그레이 영상과 확대영상으로부터 얻은 3차원 데이터에 텍스처를 입힌 그레이 영상을 비교하여 찾는다. 확대영상에서는 물체의 전이와 회전은 없고 단지 크기 변환만 생기므로 확대된 영상을 템플릿으로 해서 원 영상에서의 위치를 파악하는 것은 어렵지 않다[8].

템플릿은 확대된 영상에서 얻은 3차원 데이터[그림 9(b)]에 텍스처를 입힌 그레이 영상[그림 12(b)]를

사용하고, 원 영상[그림 12(a)]의 그레이 값과 비교하여 식(3.1)이 최소가 되는 위치를 찾는다.

$$e = \sum_{i,j} |d_{i,j}| \quad (3.1)$$

유클리드 거리  $d_{i,j}$ 는 축소한 템플릿과 원영상과의 그레이 값의 차이이다. 대상체와 카메라가 고정되어 있는 상태에서 확대영상과 그렇지 않은 영상을 획득해서 처리하므로 본 논문에서는 이동 가능한 영역을 20x20으로 한정하고 식(3.1)의 에러가 최소인 좌표를 풀서치로 구했다[그림 11]. [그림 13(b)]는 [그림 9(b)]의 대응영역을 구한 것이고, [그림 13(a)]는 [그림 10(b)]의 대응영역을 구한 것이다. [그림 15(a), (b)]는 눈 주변 정합 에러와 입 주변 정합 에러 그래프이다.

```

For i,j is -10 to 10
{
  For k,l is 0 to 영상크기
  {
    Error[i][j]=|원영상[k][l]-템플릿[k][l]|;
  }
  if(Error[i][j]<minError)
  {
    i,j 좌표값 기억;
    minError=Error[i][j];
  }
}
    
```

그림 11. 정합 에러 계산 의사코드

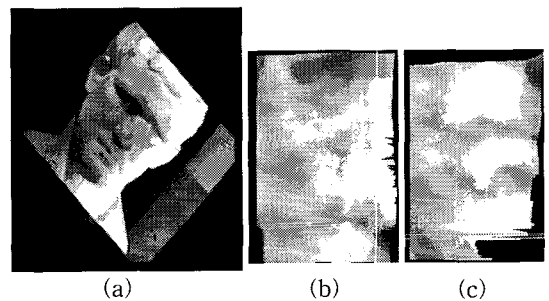


그림 12. (a)그레이영상, (b)확대영상, (c)확대영상

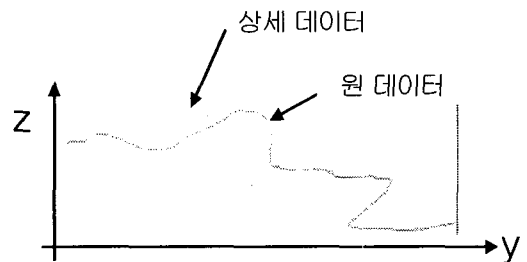


그림 13. 3차원 데이터의 한 단면

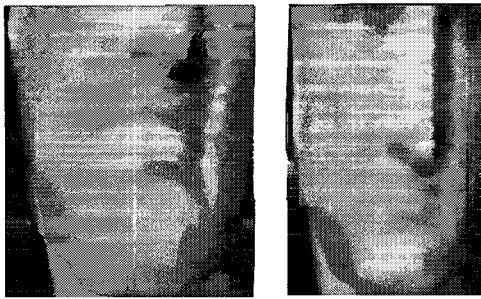


그림 14. (a) 입 주변 정합, (b) 눈 주변 정합

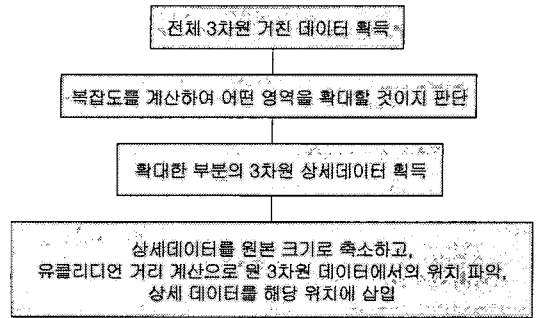
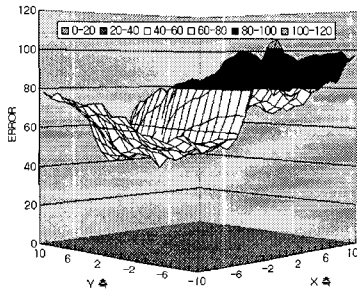
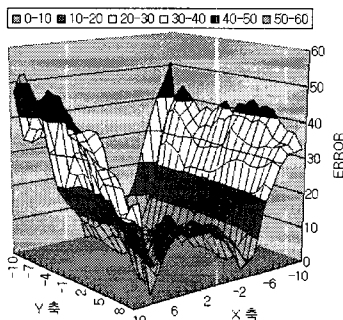


그림 16. 3차원 상세 데이터 구성 절차



(a)



(b)

그림 15. (a) 눈 주변 정합에러, (b) 입 주변 정합에러

#### 4. 시스템 구성 및 실험

본 논문에서는 실험을 위해 [그림 18]과 같이 실험 장치를 구성했다. 실험 순서는 [그림 16]과 같이 3차원 거친 데이터를 획득하고, 확대영역을 정하여 그 영역에 대한 3차원 상세 데이터를 BumbleBee로부터 얻는다. 그리고 최종적으로 상세 데이터를 원 데이터에 삽입하여 전체 3차원 데이터를 완성한다. 본 실험은 펜티엄4 1.5G, 512M의 windows 환경하에 OpenGL로 프로그래밍[10] 되었으며 스테레오 카메라는 PointGray사의 BumbleBee를 사용했다[11].

확대경을 통해 물체를 바라보는 BumbleBee의 시야를 충분히 확보하려면 500mmX500mm 정도로 상당히 큰 확대경이 필요하지만 볼록렌즈로 그것을 만들면 두껍고 무거운 뿐만 아니라 매우 고가이다. 본 논문에서는 [그림 17]과 같이 볼록렌즈의 사선부분을 제거한 얇고 가벼운 300mmX250mm 1.8배면 후레넬 렌즈를 사용했고, [그림 3]에서와 같이 후면에 장착된 스테레오 카메라를 확대경의 사선 방향과 일치되도록 설치하여 확대 시야를 넓혀 3차원 데이터를 얻는데 용이하도록 했다. [그림 20]과 [그림 21]은 확대경을 사용하지 않았을 때와 확대경을 사용했을 때 눈과 입 주변의 3차원 영상이다. 확대경을 사용할 경우 3차원 데이터의 산과 골의 차이가 커짐을 확인할 수 있다. [그림 19]는 원 데이터에 상세 데이터를 삽입한 것이다. 데이터 삽입할 때 가장자리에서 생기는 계단현상은 큐빅 스플라인으로 처리하여 부드럽게 삽입되도록 했다[8] 확대경을 사용하는 이점은 [그림 6]에서 보인 것과 같이 작고 세밀한 물체를 대상으로 할 때 더욱 두드러진다.

image-based modeling의 단점을 보완하기 위해서 확대경을 사용하는 것은 대상 물체의 외면 구조에 더욱 충실한 3차원 데이터를 구성할 수 있는 것이 장점이다. 그러나 확대경을 사용할 때 확대경 표면에서 반사되는 빛을 적절히 차단하여 확대된 대상체가 영향을 받지 않도록 실험 환경을 잘 갖추어야 하고 확대시키는 정도에 따라 확대영상 전체가 어두워지므로 조명을 잘 조정하는 것이 관건이다.



그림 17. (a) 볼록렌즈, (b) 후레넬 렌즈

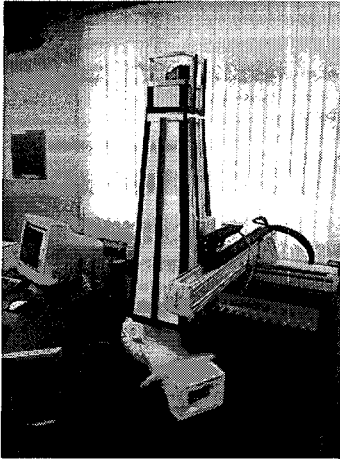
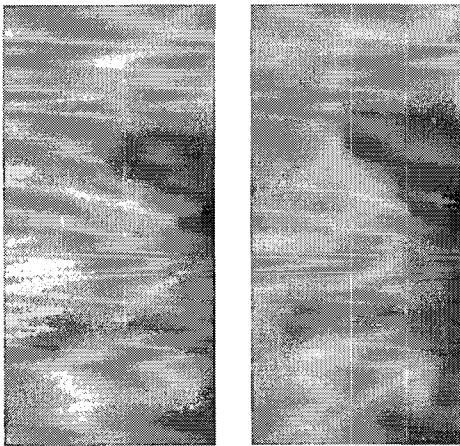


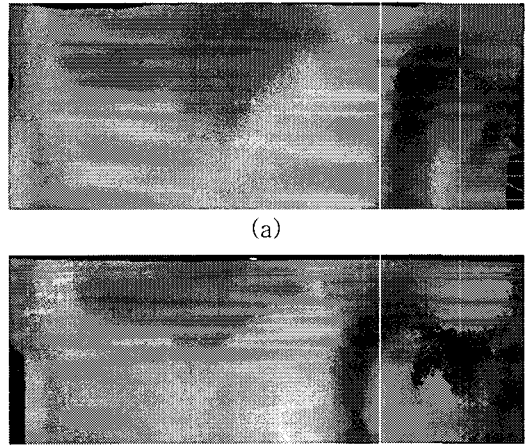
그림 18. 실험 장치 시스템



그림 19. 재구성된 3차원 데이터



(a) (b)  
그림 20. (a) 원데이터, (b) 확대경데이터



(a) (b)  
그림 21. 눈 주변 (a)원 데이터, (b) 확대경 데이터

## 5. 결 론

본 논문에서는 3차원 데이터 재구성 방법인 image-based modeling의 단점을 보완하고자 확대경을 사용하는 능동적인 방법을 제안했고, 확대경을 통한 양안입체 영상 정합의 핵인 변위 값이 증폭됨을 수식과 실험으로 증명해보였으며, 확대경을 이용해서 특정 부분의 3차원 상세 데이터를 확보하여 거친 원 데이터를 보완함으로써 대상 물체의 모양에 더욱 충실한 3차원 데이터를 구성할 수 있는 작업과정을 제시하고 완성해 보였다.

향후 확대경 표면의 난반사를 차단할 수 있도록 암실이 구성되어야 하고 좀 더 다양한 물체를 대상으로 한 실험과 보다 세밀한 구조의 물체를 대상으로

한 실험이 진행되어야 하고, 보다 넓은 시야를 확보할 수 있도록 확대경 크기를 키워야 하며 1m정도 떨어진 거리에서 사람 얼굴의 3차원 형태를 인식할 수 있도록 시스템을 개선해야 한다. 그리고 향후 [그림 18]의 로봇 시스템과 연계시켜 복잡한 부분만이 아닌 전체를 스캔하는 작업을 진행할 예정이다.

## 참 고 문 헌

- [1] R. Jain, R. Kasturi, and B.G. Schunck, *Machine Vision*, McGRAW-HILL, 1995.
- [2] S. F. El-Hakim, J.A. Beraldin, and M. Picard, "Detailed 3D Reconstruction of Monuments using Multiple Techniques," *ISPRS-CIPA*

*Workshop, Corfu, Greece*, pp. 13-18, Sept. 2002.

[3] S. Theodoridis and K. Koutroumbas, *Pattern Recognition*, Academic Press, 1999.

[4] 차국찬, “상세한 3차원 데이터를 얻기 위한 확대경 사용에 관한 연구,” 제18회 신호처리합동 학술대회, 제18권 1호, pp. 209, 2005.

[5] 차국찬, “정밀한 3차원 데이터를 얻기 위한 확대경 사용에 관한 연구,” 한국컴퓨터학회 논문지, 제11권 3호, pp. 42-47, 2006.7.

[6] F. A. Jenkins, H.E. White, *Fundamental Optics*, McGRAW-HILL, 1957.

[7] 권준식 외, 디지털 영상처리 이론 및 응용, 에드텍, 1994.

[8] R.C. Gonzalez and R.E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison Wesley, 1992.

[9] 조동섭, 한동현, 컴퓨터 그래픽스, 홍릉과학출

판사, 1998.

[10] M. Woo, J. Neider, T. Davis, and D. Shreiner, *OpenGL Programming Guid third Edition*, Addison Wesley, 2000.

[11] TRICLOPS SDK V3.1 *User's guide and command reference*, PointGrey Research, 2003.



차 국 찬

1985년 중앙대학교 전자공학과  
학사  
1987년 중앙대학교 제어정보공  
학 석사  
1992년 중앙대학교 정보공학  
박사  
1992년~현재 건양대학교 컴퓨터

공학과 부교수  
관심분야 : 컴퓨터 비전, 컴퓨터 그래픽스