

양안 입체시에 의한 3차원 표면의 복원

Restoration of 3-Dimensional Surface Based on Binocular Stereo Vision

정 남 채

Nam-Chae Jung

요 약

본 논문에서는 심리학·생리학적 지식을 기초로 하여 좌우 망막을 양안 입체시로 대응시켜 얻은 2매의 화상으로부터 깊이 정보를 추출하는 신경회로 모델을 제안하고 3차원 표면의 복원법을 검토한다.

화상의 특징을 근거로 하여 시차를 추출할 경우, 경계 부분에 유사한 특징이 반복된다면 경우 올바른 깊이 정보를 검출할 수 없다. 본 논문에서 제안된 신경회로 모델은 시차의 추출, 시차의 통합, 시차의 보간에 의하여 시차를 결정한다. 또한, 깊이 정보를 보간하여 3차원 형상을 복원하고 그 복원된 3차원 형상에 좌입력 화상을 투영하여 3차원 표면을 복원하는 법을 제안하고, 실험을 통하여 시차 추출 시간을 대폭 줄일 수 있음을 확인하였다.

Abstract

In this paper, a model of neural circuit was proposed, which abstracts the depth information in two images gotten from right and left retinas. The proposed neural circuit corresponds to binocular stereo vision based on psychological and physiological knowledge, and we examine a restoration method of three-dimensional surface.

In case of drawing a disparity based on characteristics of images, we can not abstract the depth information correctly if resemblant characteristics are repeated on the boundary region of an object. A binocular disparity is decided in a model of neural circuit by abstraction, synthesis, and correction of a disparity. And we propose a method which restores three-dimensional shape by correcting a depth information, and also restores a three-dimensional surface by mapping a left input image on the restored three-dimensional shape. And we confirmed that the computation time for disparity abstraction can be greatly reduced through the simulation.

Key words : Neural circuit, Depth information, Binocular, Disparity, Restoration, Mapping

I. 서 론

인간은 양안 시각에 의해 물체의 3차원 형상을 쉽게 파악하여 위치를 올바르게 추정할 수 있다. 이러한 양안 시각을 이용할 경우, 가까운 장래에 3차원 형상을 지각하여 재현할 수 있는 현장감 있는 방송 시스템을 구축할 수 있다.

3차원 화상의 표시 방법으로 다양한 방법이 고찰되고 있는데, 多眼式 lenticular의 입체 표시 방법은 여러 視點에서 촬영한 복수의 평면 입력 화상을 3차원적 영상물로 재구성해야 한다[1,2]. 이 복수의 화상을 얻기 위해서 동시에 다수의 카메라를 이용하는 방법이 사용되고 있다. 이러한 多視點 화상의 재구성에 관해서 이미 연구되고 있지만, 카메라의 수

가 증가함에 따라 시스템 구성이 어렵게 된다[3]. 따라서, 소수의 입력 화상만을 실제로 촬영하고, 다른 시점에서의 화상은 촬영된 화상으로부터 추정하여 합성하는 기술이 필요하다. 예를 들면 독일의 Heinrich-Hertz-Institut에서는 3안 카메라의 화상에서 네트워크 상에서 에지의 깊이를 추정하고 그 정보로부터 얼굴의 3차원 모델을 복원하는 연구를 하고 있다[4].

또한, cepstral 필터를 이용한 3차원 표면의 복원은 2매의 카메라로 촬영된 화상을 이용하여 물체의 3차원 위치를 계산하는 수동적인 방법이다. 이것은 2 화상 사이에서 대응하는 점의 위치 변위(시차)를 구하기 위하여 3각 측량의 원리로 3차원 위치를 계측하고, 그 계측 결과에 의하여 원화상을 추정하여 복원할 수 있지만 대응점을 탐색하기가 어렵다[5].

이와 같은 3차원 화상 복원 기술은 현장감 있는 3차원 표시 시스템에서 효율적인 입력 기술이 되고 있다. 이러한 기

*초당대학교 정보통신공학과
접수 일자 : 2005. 7. 11 수정 완료 : 2005. 7. 26
논문 번호 : 2005-2-11

술은 인간의 감각에 호소한 시스템에 이용되므로 인간의 3차원 지각 메커니즘을 참고하여 설계하여야 한다.

본 논문에서는 심리학·생리학 지식은 기초로 하여 좌우 망막에 맺힌 상에 대응하는 2매의 화상으로부터 깊이를 검출하는 신경회로 모델을 구성하였다. 주로 양안 입체시에 관하여 심리학과 생리학적으로 검토한다.

화상의 특징을 근거로 하여 시차를 추출할 경우, 그 특징이 갖는 정보량이 많을수록 잘못된 대응이 감소될 수 있으며, 시차를 추출할 수 있는 부분도 감소된다. 본 모델도 에지를 근거로 하여 시차를 추출하기 때문에 시차를 결정하는 것은 에지가 존재하는 위치뿐이다. 그러므로, 물체의 3차원 표면 형상을 복원하기 위해서는 보간 처리가 필요하다.

본 논문의 구성은 II장에서는 깊이를 지각할 수 있는 공학적 해석에 관해서 설명한다. III장에서는 시차의 추출, 에지 검출, 시차 보간 과정을 거쳐 시차를 결정하는 신경회로 모델에 관해서 고찰하고, IV장에서는 좌입력면의 모든 화소에 깊이정보를 할당하여 보간 처리하여 3차원 형상을 복원하고, 좌입력 화상을 이 복원된 3차원 형상에 투영하여 3차원 표면을 복원하는 방법을 고찰한다. V장에서는 본 논문에서 제안한 시스템의 구성에 관해서 설명하고, 그 시스템에 의하여 제안된 방법을 실험 및 검토하고자 한다.

II. 깊이 지각과 공학적 해석

깊이를 지각하는 수단으로는 크게 양안을 사용(양안 시차, 양안 폭주)하는 것과 단안을 사용(조절 작용, 단안 운동시차, 빛과 그림자의 분포, texture 등)하는 것으로 분류할 수 있으며, 알고리즘 구성을 위하여 깊이 정보에 관하여 심리학·생리학적으로 고찰하기로 한다[6].

2.1. 심리학·생리학 깊이 지각

양안간에는 약간의 거리가 존재하므로 좌우의 망막에 맺힌 상을 겹쳐서 볼 때 패턴간의 양안시차가 존재하며, 이러한 양안시차는 깊이 지각에 본질적인 역할을 한다. 심리학에서는 Julesz의 입체시 연구가 있는데, Julesz는 깊이에 관한 정보로서 시차만이 존재하는 자극(random dot stereogram)을 이용하여도 도형의 깊이를 지각할 수 있다는 점에 근거하여 양안시차의 깊이 지각에 대한 유효성을 설명하였다[3]. 또한, 양안시차에 강하게 영향을 주는 자극으로 點情報에 의한 방위정보를 갖는 선분이 유효하다는 것을 시사하는 심리 실험의 결과도 보고되고 있다[4]. 한편, Hubel, Wiesel은 cell의 시각부에서 특정방위 특정시차의 "선분"에 선택적으로 반응하는 세포를 발견하였다[7]. 게다가 이러한 종류의 세포에서 선분의 방위에 관한 특성이 조사되고 있다[7]. 그 결과 시각부에서 초기 단계에는 수평 또는 수평에 가까운 방위의 선분에 관해서 특정시차에 선택적으로 반응하는 세포가 발견되고 있다.

이상과 같이 지금까지 알고 있는 것을 종합하면 양안시차는 깊이 지각에 중요한 요인으로 작용하며, 방위 정보를 갖는 특징이 양안시차의 추출에 크게 관계하고 있는 것으로

추정된다. 본 논문에서는 방위 정보를 갖는 에지에 의하여 양안 시차를 추출하는 모델을 구성하였다.

2.2. 깊이의 지각 방법

깊이 정보를 얻는 종래의 공학적인 방법은 능동적인 방법과 수동적인 방법으로 분류할 수 있다.

능동적인 방법으로는 빛을 피사체에 투사하여 그 반사를 계측하여 비교하여 확인하는 수단을 인위적으로 만들어 깊이 정보를 구하는 방법이다. 능동적인 방법은 잘못된 목표가 발생하지 않아 깊이 정보의 정도가 높다는 점에서 우수하다고 하지만, 방송 시스템의 일반 조명 환경에서 사용될 수 없다는 문제가 있다.

수동적인 방법은 비디오 카메라를 이용하여 2차원 화상을 받아들여 화상처리에 의하여 깊이 정보를 얻는 방법으로 화상을 받아들이는 카메라의 수에 의하여 분류된다. 단안 카메라를 이용한 경우는 texture에 의하여 깊이 정보를 얻는다[8]. 장치가 간단하다는 장점이 있지만 깊이를 결정하기 위한 필요조건이 많기 때문에, 복수의 카메라를 사용하는 경우와 비교하여 올바른 깊이를 검출하기가 어렵다.

양안 카메라를 이용할 경우, 양안시차를 이용하여 다음과 같은 순서에 의하여 깊이 정보를 얻게 된다[9,10,11]

- ① 대상 물체의 임의의 한 점을 표시하는 화소를 1개의 화상으로부터 선택한다.
- ② 다른 화상에 대상 물체의 같은 점을 표시하는 화소를 동일하게 정한다.
- ③ 2개의 대응하는 화소간의 시차를 측정한다.

어려운 문제는 ②에서 "대응문제"를 해결하는 것이다. 좌우 화상에서 대응점을 결정하기 위한 특징의 선택이 중요하다. 이용할 수 있는 특징으로는 점의 휘도, 에지, 선분, 색, texture, 경계 등을 들 수 있다. 일반적으로 특징이 갖는 정보량이 많을수록 정확한 對應點을 결정할 수 있다. 또한, ③에서 올바른 시차를 측정하기 위해서는 선택된 특징을 2차원 화상에서 그 위치를 정확하게 정해야 한다. 3대 이상의 카메라를 이용하면, 대응점을 결정하기 위한 필요조건을 증가시킬 수 있기 때문에 잘못된 대응점을 감소시킬 수 있지만 장치가 너무 커지게 된다.

III. 시차 결정을 위한 신경회로 모델

본 논문의 최종목표는 좌우의 망막에 맺힌 상에 해당하는 2매의 2차원 화상으로부터 대상의 3차원 구조를 결정하는 것이다. 이 목표는 다음의 두 단계의 처리를 거쳐 달성된다. 제 1단계는 에지 위치의 시차를 결정하는 처리이다. 이것은 II장에서 고찰한 심리학·생리학 지식에 근거한 신경회로 모델에 의하여 실현된다. 본 모델은 특정시차·특정방위의 에지에 선택적으로 반응하는 세포가 중심적인 활동을 한다. 또한, 복수의 세포의 상호작용에 의하여 개개의 세포가 검출하는 시차를 더욱 상세하게 분석할 도구를 도입하였다. 이와

같은 세포 집단에 의한 정보변환기구(population coding)에 의하여 깊이 지각에 관한 심리학 · 물리적 실험 사실을 설명하는 경우도 있다. 제 2단계는 제 1단계에서 시차를 정할 수 없는 부분에 관해서도 시차 정보를 부가할 수 있도록 "보간법"을 적용한다. 이것에 관해서는 IV장에서 기술한다.

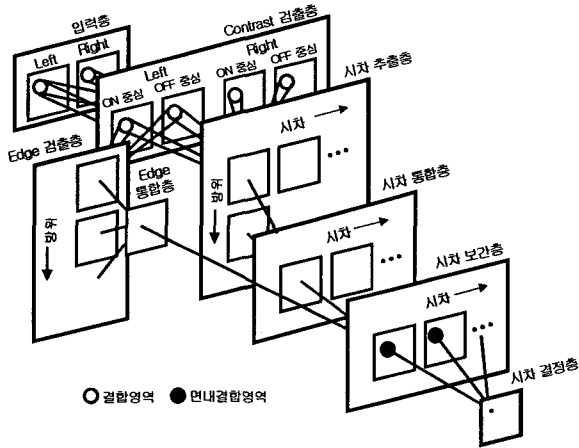


그림 1 양안 시차 결정을 위한 모델의 구성
Fig. 1 Configuration of model to decide binocular disparity

제 1단계의 처리를 실현하는 신경회로 모델은 다음 4가지의 모듈로 구성된다.

- ① 시차추출 모듈(수평 및 수평에 가까운 방위의 에지가 존재하는 위치의 시차는 추출되지 않는다.)
- ② 에지 검출 모듈(단안 화상의 방위에 근거하여 에지를 검출한다.)
- ③ 시차 보간 모듈(수평 및 수평에 가까운 방위의 에지가 존재하는 위치에 관해서도 그 시차를 보간한다.)
- ④ 시차 결정 모듈(모든 에지 위치에서 유일한 시차를 결정한다.)

그림 1은 모델의 구조를 표시한다. 각 세포층(굵은 선의 큰 사각형)은 세포면(가는 선의 작은 사각형)으로부터 이루어진다. 세포면은 입력면에 정의된 좌표를 가지며, 기능이 완전히 동일하게 수용영역(입력의 1개의 세포의 반응에 영향을 주는 망막상의 영역)의 위치만 다른 세포로부터 구성된다. 다음 각 모듈에 관해서 기술한다.

3.1 시차 추출 모듈

본 모듈은 입력층, contrast 검출층, 시차 추출층 및 시차 통합층으로 구성된다.

(1) contrast 검출층

망막 신경절 세포(망막의 출력 세포) 등에서 발견되는 on

중심형 세포(수용영역의 중심부분에 흥분성 영역을 갖고, 주변에 억제성 영역을 갖는 세포)와 off 중심형 세포(수용영역의 중심부분에 억제성 영역을 갖고 주변에 흥분성 영역을 갖는 세포)로 구성된다.

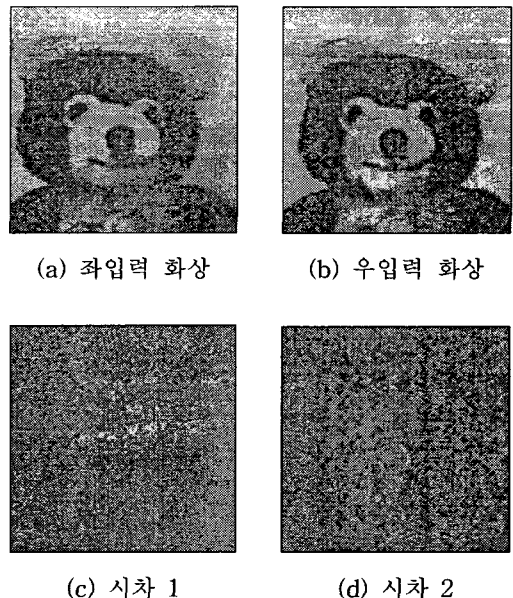
세포는 직류분을 제거하는 기능을 갖고, 조명조건의 영향을 받게 된다. 또한 contrast 검출은 시차를 추출할 때의 화상을 비교하여 확인하기가 쉽다.

(2) 시차 추출층

좌우 화상에 있어서 특정 시차만큼 어긋난 동일 방위의 상대되는 에지를 발견함으로써 추출이 가능하다. 따라서, 시차 추출은 패턴 인식과 동일한 의미를 갖는다. 본 층에서는 패턴 인식의 신경회로 모델로 알려진 neocognition 세포 모델을 채택하였다. 이 세포 모델은 입력 결합을 변경시켜 인식하고자 한 패턴을 학습하여 기억할 수가 있다. 학습 마무리 세포는 기억된 패턴과 동일한 패턴이 입력되면 최대값, 비슷한 패턴이 입력되면 정(+)의 값을 출력하고, 비슷하지 않은 패턴이 입력될 때에는 zero(0)의 값을 출력한다. 본 모델의 경우에는 학습 패턴으로 특정시차 · 특정 방위를 갖는 스텝 에지를 이용하였다.

(3) 시차 통합층

우선 특정의 시차에 관해서 모든 방위의 에지가 통합되어 나타나며, 이러한 처리가 모든 시차에 적용되므로 본 층의 출력으로는 시차 방향으로 slice하여 나타난 에지 집합(운곽)을 그림 2에 나타내었다.



(a) 좌입력 화상

(b) 우입력 화상

(c) 시차 1

(d) 시차 2

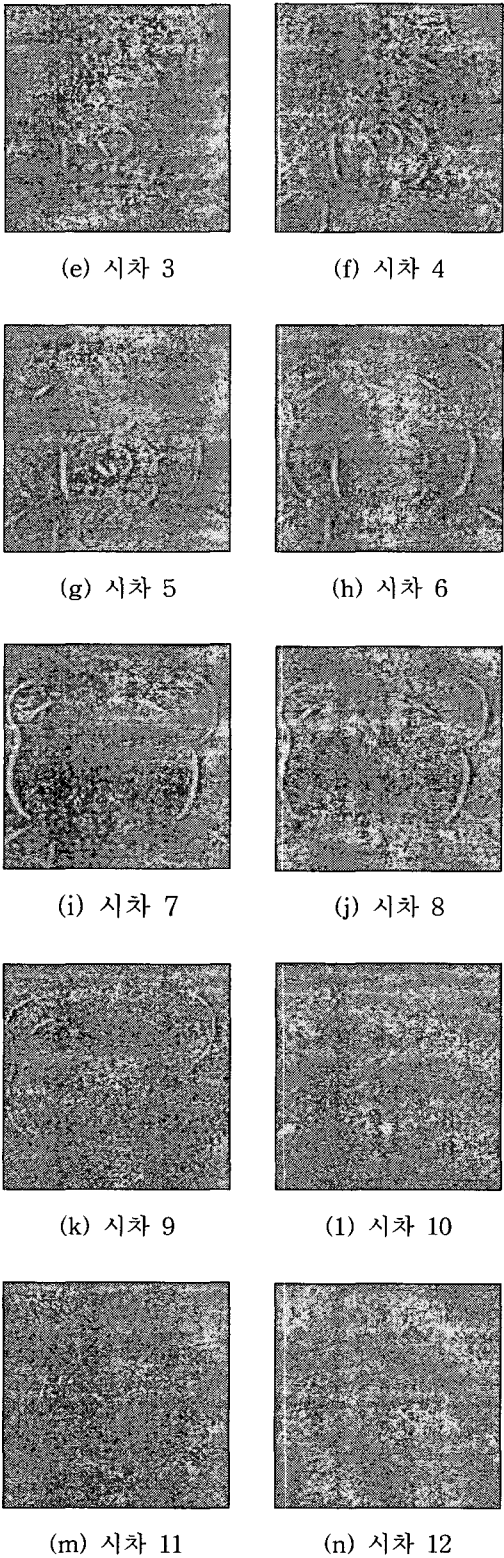


그림 2 양안 시차를 추출하기 위한 모듈의 출력
Fig. 2 Output of module to abstract binocular disparity

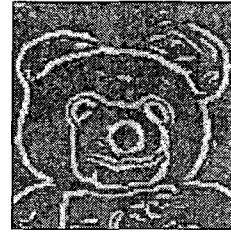


그림 3 에지 검출 모듈의 출력
Fig. 3 Output of module for edge detection

3.2. 에지 검출 모듈

본 모듈은 시차 추출 모듈의 구조와 거의 비슷하지만, 단안으로 입력을 받았기 때문에 시차와 무관하게 에지를 검출할 수 있으며 그 출력은 그림 3에 나타내었다.

3.3. 시차 보간 모듈

본 모듈은 시차 보간층 1층으로 구성되고, 수평 및 수평에 가까운 에지 위치의 시차를 보간한다. 생리학적 내면만은 없지만 이 보간이 양안정보와 단안 정보의 융합에 의하여 이루어진다고 가정하고 있다.

본 층은 다음 4종류의 세포로 구성된다.

① 게이트 세포 ② 중계 세포 ③ 보간 세포 ④ 출력 세포
이러한 세포는 좌입력면의 각 화소에 대응하여 한 개씩 존재한다. 설명을 잘 이해할 수 있도록 ①부터 ④의 세포에 주목하여 그 기능을 설명하면 그림 4와 같다. 단, 이러한 세포는 특정 시차의 보간면에 있는 것으로 한다.

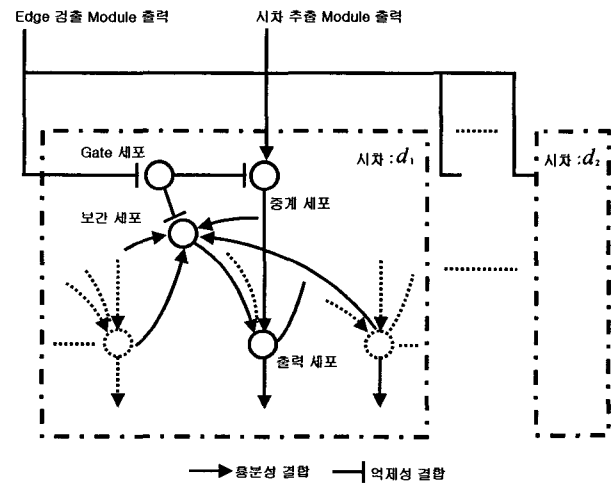


그림 4 양안 시차 보간 모듈의 세포군
Fig. 4 Cell group of module to correct binocular disparity.

①의 게이트 세포는 에지 검출 모듈에 있어서 대응하는 화소에 관한 처리를 하고 있는 세포로부터의 입력이 정(+)일 때만 접하고 있는 세포를 출력할 수 있게 하며, ②의 중

계 세포는 대응하는 특정 시차와 화소에 관한 처리를 하고 있는 시차 추출 모듈의 세포 출력을 중계한다. 단, 게이트 세포에 접하고 있기 때문에 대응하는 주소에 에지가 존재하지 않을 때는 출력이 없다. ③의 보간 세포는 주변 영역에 있는 본 층의 출력 세포로부터 흥분 입력을 받는다. 그러나 중계 세포와 마찬가지로 게이트 세포와 접하고 있기 때문에 대응하는 화소에 에지가 존재하고, 또한 대응하는 특정 시차의 시차 추출 모듈의 주변영역에 정(+)¹의 반응을 하고 있는 세포가 존재하는 때만 보간 세포를 출력한다. ④의 출력 세포는 중계세포와 보간 세포로부터 흥분 입력을 받는다. 이와 같은 구조에 의해서 시차 정보가 에지에 따라 전달되고, 최종적으로 에지가 연속적으로 존재하는 화소에 대응하는 출력 세포의 어느 정도를 출력하게 된다. 그러나, 연속적인 에지의 모든 위치의 주변 영역에 대응하는 시차 추출층의 세포를 1개도 출력하지 않을 때는 그러한 화소에서 시차는 보간되지 않는다. 그러므로 그림 4와 같이 시차 추출층의 세포 출력에 대한 임계값을 올려, 보다 정확한 시차정보를 추출한 세포만 출력하도록 조정하는 것으로 고립점 및 짧고 불연속적인 에지에 시차 정보를 할당할 가능성을 감소시켰다. 같은 모양의 처리를 각 특정 시차의 세포면 모두에 적용하였다. 단, 에지 검출 모듈의 출력은 2치화(출력값>0.0일 때 1, 출력값=0.0일 때 0)한 후, 에지 주변 영역의 접친 부분을 감소시키기 위하여 그림 5와 같이 세선화 처리를 하였다.

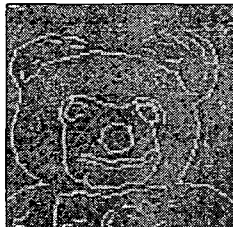


그림 5 에지 검출 모듈의 출력을 세선화 처리한 결과
Fig. 5 Result that output of module to detect edge is processed to very slender line

3.4. 시차 결정 모듈

본 층은 시차 결정층 1층으로 구성된다. 본 층에서는 시차 보간 모듈에 의하여 대응하는 화소를 동일하게 취급한 특정 시차를 다른 복수의 세포 출력으로부터 유일한 시차 $D(x, y)$ 를 다음 식 (1)로 결정한다.

$$D(x, y) = \frac{\sum_{j=1}^N d_j \cdot u_{itp}(x, y, d_j)}{\sum_{j=1}^N u_{itp}(x, y, d_j)} \quad (1)$$

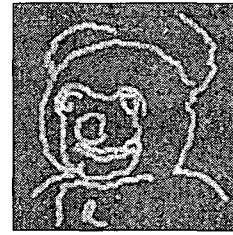


그림 6 우측에서 본 양안 시차 결정 모듈의 출력
Fig. 6 Output of module to decide binocular disparity that is looked from right side

여기서, $u_{itp}(x, y, d_j)$ 는 시차 보간 모듈의 출력, x, y 는 입력면에서 정의된 2차원 좌표, d_j 는 j 번째의 시차, N 은 추출하고자 하는 수이다. 본 모듈의 출력을 가상의 3차원 공간에 배치하고, 그것을 별도의 각도에서 촬영할 때의 2차원 화상을 그림 6에 표시하였다. 단, 시차 정보는 상대적인 것으로 하였다.

IV. 물체의 3차원 표면의 복원

화상의 특징을 근거로 하여 시차를 추출할 경우, 그 특징이 갖는 정보량을 증가시키는 만큼 잘못된 대응이 감소되며, 시차를 추출할 수 있는 부분도 감소된다. 본 모델도 에지를 근거로 하여 시차를 추출하기 때문에 시차를 결정하는 것은 에지가 존재하는 위치뿐이다. 그러므로, 물체의 3차원 표면 형상을 복원하기 위해서는 보간 처리가 필요하다. 본 논문에서는 우선 좌입력면의 모든 화소에 깊이정보를 할당하여 보간 처리하여 3차원 형상을 복원하고, 좌입력 화상을 이 복원된 3차원 형상에 투영한다. 이러한 처리를 3차원 표면의 복원이라 하여 3차원 형상의 복원과 구별하였다.

4.1 깊이의 보간

III장에서 기술한 신경회로에 의하여 결정된 시차정보를 이용하고 아직 결정되지 않은 화소에 대해서는 보간을 한다. 여기서, 깊이의 불연속이 물체와 배경의 경계에서 발생하도록 입력 화상의 가장 외측에서 또한 배경 영역의 화소에 아주 멀리 있는 값(배경값)을 미리 입력하였다. 또한, 시차가 결정되어 있는 화소는 그 시차값(결정값)을 깊이로 하고, 시차가 아직 결정되지 않은 화소에는 추출한 시차값 이외의 정수값을 할당한다.

- ① 미결정값을 갖는 화소를 탐색한다.
- ② 그 미결정값을 갖는 화소에 대해서 결정값을 갖는 4화소를 다음에 설명한 방법에 의하여 검색한다.
- ③ 발견한 4점의 값을 근거로 하여 미결정값의 화소에 식 (2)에 의하여 깊이 보간을 한다(결정값을 할당한다). 단, 4점 중에서 1점이라도 배경값을 갖는 것이 있는 경우에는 배경값을 보간한다. ①에서 ②까지 반복하여 모든 화소의 깊이를 보간한다.

$$D_i(x_i, y_i) = \frac{\sum_{j=1}^4 D_j(x_j, y_j) / r_j}{\sum_{j=1}^4 1/r_j} \quad (2)$$

$$r_j = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2} \quad (3)$$

여기서, $D_i(x_i, y_i)$ 는 보간된 깊이, $D_j(x_j, y_j)$ 는 이미 결정한 깊이이며, x, y 는 입력면에서 정의된 2차원 좌표이다.

또한, ②에서는 그림 7의 설명도에 나타난 것처럼, 미결정 값을 갖는 화소를 원점으로 하여 X 축과 Y 축을 정하고, 단락된 4구간에 존재하는 결정값을 갖는 화소로부터 미결정 값의 화소까지 최단거리를 탐색한다.

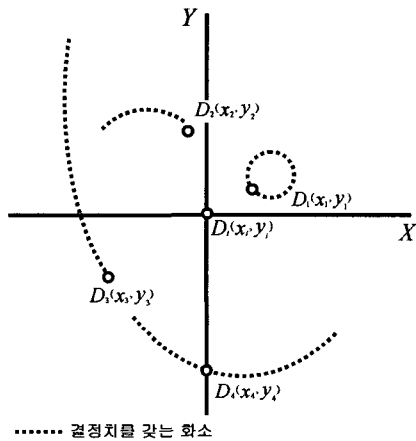


그림 7 깊이 보간의 설명도
Fig. 7 Diagram to correct depth

식 (2), (3)에 의하여 계산된 보간 깊이에 의하여 3차원 형상을 복원한 예를 그림 8에 나타내었다. 그림 8은 3차원 표면을 인식할 수 없는 상태이지만 대부분의 3차원 형상이 복원되었음을 알 수 있다.

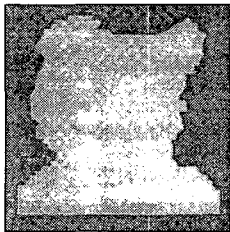
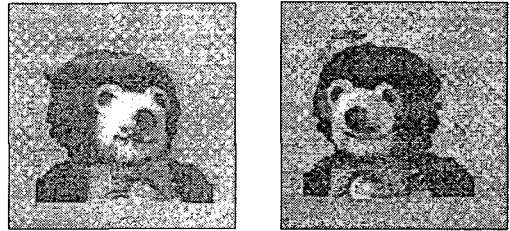


그림 8 우측에서 본 3차원 형상의 복원
Fig. 8 Restoration of 3-dimensional shape seen from right side

4.2 3차원 표면의 복원

복원된 3차원 형상에 좌입력 화상을 투영(mapping)하여 물체의 3차원 표면을 복원한 결과를 그림 9에 나타내었다.



(a) 좌측에서 볼 때 (b) 우측에서 볼 때



(c) 위에서 볼 때 (d) 아래에서 볼 때

그림 9 3차원 표면의 복원
Fig. 9 Restoration of 3-dimensional surface

V. 실험 및 검토

5.1 시스템의 구성

본 연구에서 사용하는 스테레오 비전 시스템의 구성을 그림 10에 나타낸다. 이 시스템은 인간의 시각계를 참고한 것으로 그 본체는 2대의 CCD카메라와 4개의 DC 서보모터로 구성되어 있고 인간과 같이 양안 카메라의 폭주각(vergence angle) 및 전체의 시선(Tilt 각 및 Pan 각)을 제어할 수 있다. 또, 시스템 전체의 전진이동(forward movement)과 병진이동(lateral movement)이 가능한 슬라이드 이동기구가 장착되어 있고, 전체의 아주 높은 정밀도로 이동을 제어할 수 있다.

시스템의 주된 파라미터는 표 1에 나타내었다. δb_{\max} 는 시스템의 이동거리를 계측한 오차의 최대값이며, z_{\min} 은 시스템이 측정가능한 길이(깊이)의 최소값을 나타내고 있다. 또 본 연구에서는 표준 카메라 배치의 스테레오 카메라 시스템을 고려하고, 시스템을 2대의 카메라가 상대적인 위치 관계를 유지한 채 기선에 따라 병진 이동하는 경우와 기선에 대해 수직 방향으로 전진 이동하는 경우를 상정하고 있다. 그러므로, 어떤 절대 좌표계로 표현한 3차원 위치를 이미 알고 있는 Test pattern을 이용하여 2대의 카메라 파라미터를 조정된 다음 산출된 각 파라미터를 이용하여 카메라를

표준배치하고 고정된 채로 모든 실험을 하였다.

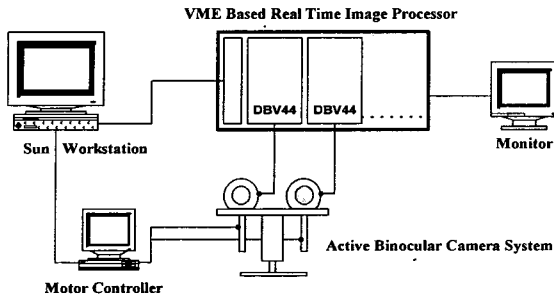


그림 10 스테레오 비전 시스템의 구성
Fig. 10 Configuration of stereo vision system.

표 1 시스템의 설계명세조건
Table 1 Specification of system.

Focal length : f	16[mm]
Baseline length : B	120[mm]
δb_{max}	0.001[mm]
z_{min}	1200[mm]
Image size	256×384[pixel],8[bit]
Host computer	Sun SPARC Station

카메라가 평행이동하는 경우 표준편차 2.0[pixel]의 Gauss 함수의 라플라시안 $\nabla^2 G$ 를 콘볼루션 연산을 수행한 화상으로부터 수평방향 이외의 방향을 갖는 Zero 교차점을 부호와 함께 구하여 특징화상이라고 하였으며, 카메라가 전진 이동하는 경우 원화상을 화상중심 주위의 극좌표계로 변환하여 실험을 하였다.

5.2 비교 및 검토

기존의 제로 영역 분할법의 결점을 보완하고 제안된 방법을 확인하기 위하여 한쪽의 화상 평면상의 한 점에 대응하는 다른 쪽의 화상의 대응점과 같은 높이의 에피폴라 라인 방향에 같은 모양의 패턴이 투영되도록 배경을 갖는 환경에서 대상물체를 추출하는 실험을 하였다.

그림 9는 이동하는 스테레오 시스템의 좌우 카메라에 입력된 화상으로 대상물체(인형) 위에서 폭주개산운동(vergence movement)을 하고 있다. 이와 같은 배경을 가지는 화상에서는 기존의 제안된 연구에서는 대상 물체와 배경을 분할할 수 없었지만 본 논문에서 제안된 방법에서는 그림 10과 같이 분할된 값을 확인할 수 있다. 또한 기존의 방법에서는 임계값이 일정하여 특징이 있는 영역에 설정하여야 하기 때문에 그다지 특징이 없는 영역이 제로 시차영역으로 출력된다. 그러나, 본 논문에서 제안된 소영역의 특징

을 자기 상관에 의하여 평가하고 그 값에 비례한 임계값으로 설정하였기 때문에 이와 같은 잘못된 대응이 거의 없게 되지만 대상 물체 위의 소영역에서도 임계값이 작게 되어 제로 시차 영역을 출력하지 않는 영역도 있다.

제안된 방법과 종래의 방법을 비교하기 위하여 좌우의 카메라에 의해 얻어진 운동 시차와 양안 시차에 관한 대응점 후보수, 초기 융합률, 최종 융합률, 계산시간을 나타내었는데, 초기 융합률이란 아무 것도 하지 않아도 대응점이 바로 결정되는 비율을 말한다. 표 2, 표 3에서 계산시간이 현저히 개선된 것을 초기 융합률의 차이로부터 설명할 수 있는데, 제안된 방법에서는 운동시차에 의해 대응점 후보를 제한하고 있기 때문에 초기 융합률이 높아졌다. 이것은 가정한 대응점 후보가 적다는 것을 의미하고 있고 보간법을 이용하여 더욱 시차 정보를 제한할 때에 짧은 시간에 시차 정보를 고속으로 추출하여 3차원 표면을 복원할 수 있었다.

표 2 병진 이동에 의한 양안 시차의 추출
Table 2 Abstraction of binocular disparity with lateral movement.

Method	Candidate No.	One shot Rate(%)	Fusion Rate(%)	Time(sec)
proposed method	1.02	99.8	99.8	2.53
ref.[3]	1.02	99.4	99.4	3.60
ref.[7]	1.77	55.5	82.6	38.80

표 3 전진 이동에 의한 양안 시차의 추출
Table 3 Abstraction of binocular disparity with forward movement.

Method	Candidate No.	One shot Rate(%)	Fusion Rate(%)	Time(sec)
proposed method	1.01	81.3	72.3	6.10
ref.[3]	1.33	86.4	87.0	7.38
ref.[7]	2.25	47.7	75.1	36.50

VI. 결론

시각 신경계를 이용하여 화상 처리를 하는 방법으로서 시차를 추출하는 신경회로 모델을 제안하였으며, 추출된 시차를 근거로 하여 물체의 3차원 표면의 복원에 관해서도 고찰하였다. 본 연구에서는 시차의 추출, 시차의 통합, 시차의 결정을 통하여 3차원 형상을 복원할 수 있었으며, 좌입력 영상을 그 복원된 3차원 형상에 투영함으로써 물체의 3차원 표면을 쉽게 복원할 수 있었다.

그러나, 경계 부분에 유사한 특징이 반복하여 존재하는 물체로부터 올바른 깊이 정보를 구할 때는 전체적인 정합성이 있는 시차 정보를 발생시키는 메커니즘이 필요하다. 또한,

보간 처리에 관해서는 표면 형상에 관한 임의의 정보를 이용할 필요가 있다. 본 논문에서는 3차원 형상을 지각하지 못하였다 할지라도 양안 입체시에 의하여 지각된 깊이에 관한 여러 가지 정보를 통합하여 이러한 문제를 해결할 수 있었다. 한편, 사람의 시각계가 가지고 있는 3차원 시각 시스템을 파악하고 그 메커니즘을 응용하는 것이 중요하다고 생각한다.

참 고 문 헌

- [1] A Skerjanc, J. Liu : "Disparity Estimation from Trinocular Images : an Approach to Synthesize Intermediate Pictures," 2nd Workshop on Stereoscopic Television, Darmstadt FRG, Sep., 1990.
- [2] R. Sharma and S. Hutchinson, "Motion Perceptibility of Robot Motion Under Active Camera Control," in Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automatics, pp. 162-167, 1994
- [3] B. Julesz : "Foundations of Cyclopean Perception," The University of Chicago Press, Chicago, 1971
- [4] M. S. Livingstone and D. H. Hubel : Psychophysical Evidence for Separate Channels for the Perception of Form, Color, Movement, and Depth," J. Neurosci., 7, 11, pp. 3416-468, 1995
- [5] Y. Yeshurun, and E. L. Schwartz, "Space-variant image processing IV : Contour based blending of multi-fixation log views of a scene," Computational Neurosci., NYU Med. Center, Tech. Rep. CNS-TR-11-86, 1986.
- [6] Nobuhiro OKADA and Radashi NAGATA, "A Parts Picking System with a Range Finder and a Camera System," IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 410-415, 1995
- [7] D. H. Hubel and T. N. Wiesel : "Cells Sensitive to Binocular Depth in Area 18 of the Macaque Monkey cortex," Nature, 22, 5, pp. 41-42, 1970
- [8] 井口, 佐藤 : "三次元畫像計測," 昭晃堂, 1970
- [9] 池内 : "單眼視による二次元畫像からの三次元情報の再構成," 情報處理, 24, 12, pp. 1421-1428, 1983
- [10] N. P. Papanikolopoulos, P. K. Khosla, and T. Kanade, "Visual Tracking of a Moving Target by a Camera Mounter on a Robot" A Combination of Vision and Control, IEEE Transactions on Robotics and Automation, vol. 9, no. 1, pp. 14-35, 1993
- [11] J. T. Feddema, C. S. George Lee, and O. R. Mitchell, "Weighted Selection of Image Features for Resolved Rate Visual Feedback Control," IEEE Transactions on Robotics and Automation, vol. 7, no. 1, pp. 31-47, 1991



정 남 채(Nam-chae Jung)

1984년 2월 조선대학교 전자공학과(공학사)

1987년 2월조선대학교 전자공학과(공학석사)

1992년 8월조선대학교 전자전공(공학박사)

1996년 3월~현재 초당대학교 정보통신공학

과 부교수

관심분야 : Digital 신호처리, Robotics, 의용생체전자공학