

3차원 재구성과 추정된 옵티컬 플로우 기반 가려진 객체 움직임 추적방법

Occluded Object Motion Tracking Method based on Combination of 3D Reconstruction and Optical Flow Estimation

박준형 · 박승민 · 심귀보*

Junheong Park, Seung-Min Park, and Kwee-Bo Sim*

중앙대학교 전자전기공학부

요 약

거울 신경 세포는 동물이 어떤 동작을 할 때와 그 동물이 다른 동물의 동일한 동작을 하는 것을 관찰 할 때, 똑같은 세포 발화를 하는 신경세포이다. 본 논문에서는 거울 신경 세포의 발화 원리를 이용하여 비슷한 방법으로 보이지 않는 부분에 대한 객체의 움직임을 추적하는 방법을 3차원 재구성 방법을 통해 제안한다. 거울 신경 세포 시스템과 같은 발화 원리를 통해 의도 인지 시스템을 구축하기 위해, 스테레오 카메라를 통해 획득한 두 개의 이미지 데이터를 통해 깊이 정보를 계산하여 3차원으로 재구성한다. 3차원 재구성을 통해 만들어진 이미지 데이터를 옵티컬 플로우를 사용하여 3차원 이미지에서 객체의 움직임 방향을 추정한다. Estimation 알고리즘인 칼만 필터를 사용하여 객체의 움직임 추정을 잡음에 강인하게 한다. 객체의 움직임 추정을 통하여 객체의 움직임에 따라 구축된 이미지 데이터를 히스토리화 하여 데이터를 저장한다. 객체의 일부분 혹은 전체가 다른 물체로 인해 가려져 스테레오 카메라 시야에서 사라졌을 때, 과거에 저장된 히스토리로 부터 데이터를 가져와 가려진 부분에 대한 객체의 원래의 모습을 복원한다. 이 복원을 통하여 움직임 추정을 한다.

키워드 : 3차원 재구성, 옵티컬 플로우, 칼만 필터, 미러 뉴런 시스템, 동작 인식.

Abstract

A mirror neuron is a neuron fires both when an animal acts and when the animal observes the same action performed by another. We propose a method of 3D reconstruction for occluded object motion tracking like Mirror Neuron System to fire in hidden condition. For modeling system that intention recognition through fire effect like Mirror Neuron System, we calculate depth information using stereo image from a stereo camera and reconstruct three dimension data. Movement direction of object is estimated by optical flow with three-dimensional image data created by three dimension reconstruction. For three dimension reconstruction that enables tracing occluded part, first, picture data was get by stereo camera. Result of optical flow is made be robust to noise by the kalman filter estimation algorithm. Image data is saved as history from reconstructed three dimension image through motion tracking of object. When whole or some part of object is disappeared form stereo camera by other objects, it is restored to bring image date form history of saved past image and track motion of object.

Key Words : 3D Reconstruction, Optical Flow, Kalman Filter, Mirror Neuron System, Gesture Recognition.

1. 서 론

거울 신경 세포는 동물이 특정 움직임을 행할 때와 다른 객체의 동일한 특정 움직임을 관찰할 때 동일한 발화를 하는 신경세포이다[1]. 거울 신경 세포는 1980년대에 이탈리아의 지아코모 리졸라티교수팀이 짧은 꼬리 원숭이를 통해 발견하였다. 거울 신경 세포는 짧은 꼬리 원숭이의 전두골

뇌회전 아래쪽과 두정엽 아래쪽에서 발견되었다. 짧은 꼬리 원숭이가 손으로 물체를 세심하게 다루거나 잡을 때 행동들을 제어하는 신경을 연구하고 있었다.

현재까지 나온 가설에 의하면, 거울 신경 세포는 객체가 다른 객체의 행동을 관찰하고 습득하는 것을 연결하는 역할을 한다[2]. 거울 신경 세포를 규명하기 위한 여러 실험들이 있었는데 2001년 지아코모 리졸라티 교수의 제자 우밀타에 의해 행하여진 실험에서는 시각적 정보가 충분하지 않은 상태에서 행동을 인식하고 거울 신경 세포가 발화하는 것을 발견 할 수 있었다.

우밀타는 두 가지 조건에서 실험을 실행하였다[3]. 한 곳에서는 원숭이가 완벽한 시각정보를 습득 할 수 있도록 테이블 위에 객체를 두고 사람이 객체를 손으로 객체를 움직

접수일자 : 2011년 9월 22일

완료일자 : 2011년 10월 15일

* 교신 저자

본 논문은 한국연구재단 중견연구지원사업(No. 2011-0029861)에서 지원하여 연구하였습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

이는 행위를 해서 관찰자인 원숭이의 거울 신경 세포가 객체의 움직임에 대한 발화 행위를 유발 할 수 있도록 하였다. 다른 조건에서는 이전 실험과 같은 방법과 조건이었지만 한 가지 다른 점은 테이블 위의 객체가 놓여있는 것을 관찰자인 원숭이에게 보여주지만 곧 가림 판을 이용하여 테이블 위를 가린다. 그리고 사람 손이 테이블 위로 움직이는 것은 보여주지만, 객체를 잡거나 움직이는 모습은 보여주지 않는다. 이 조건을 시행하면 객체가 가림 판 너머로 존재하고 있다는 사실은 원숭이가 인지하고 있지만, 객체의 움직임을 알 수 없다. 하지만 위 실험 결과, 관찰자 원숭이는 두 조건 모두 동일한 거울 신경 세포가 발화하였다. 이로써 원숭이는 가려진 객체의 움직임을 알 수 없었지만, 기존에 인지하고 있던 과거의 경험으로 의도인지가 가능하다는 사실을 알 수 있었다.

실질적으로 영상에서 사람 몸동작을 인식하기 위해서는 영상에서 사람을 추적하고 사람을 배경에서 분리하는 작업을 수행한 후 각 몸 구성 성분을 추출하고 마지막으로 동작 패턴을 정의하고 인식하는 등의 여러 단계가 필요하다[4]. 하지만 영상처리로 의도인지에 있어서 객체의 일부분이 가려진 상태에서의 객체 인식은 어려운 일이다. 객체 모델링에 있어 최근의 경향은 영상기반 모델링(IBM : Image Base Modeling)이라고 불리는 실제 사진 영상을 이용한 모델링 기법이다. 영상 기반 모델링 기법에 거울 신경 세포 시스템을 접목한다면, 가려진 객체에 대한 의도인지가 가능할 것으로 보인다.

거울 신경 세포 시스템과 같은 발화 작용을 통하여 의도 인지를 하는 시스템을 모델링 하려면, 먼저 감추어진 부분에 대한 추론이 가능하여야 한다. 현재 컴퓨터 비전에서 카메라를 통해 보이는 2차원적인 시각에 대해서만 집중을 하여 객체를 추적하고 의도를 인지하는 연구를 하고 있다. 하지만 이것은 2차원에 기반 하여 3차원으로 움직이는 대상에 대해서 파악하기 힘들 뿐더러, 가려진 부분에 대한 움직임은 무시되어 몸 전체의 움직임 추적이 어려움이 있다.

가려진 부분에 대해 추정이 가능하게 하는 3차원 재구축을 하려면, 다음과 같은 프로세스를 거친다[17]. 스테레오 카메라를 통해 영상 데이터를 획득한다. 획득된 영상 데이터를 이용해 깊이정보를 계산한다. 계산된 깊이정보를 기반으로 3차원 재구축을 한다. 3차원으로 재구성된 영상을 옵티컬 플로우를 통해 움직이고 있는 객체를 파악하여 현재 움직임에 대한 방향성을 파악한 다음, 칼만 필터를 이용하여 지속적으로 움직임에 대하여 추적을 하면서 과거의 3차원 데이터에 대한 히스토리를 구축한다. 이 구축된 히스토리를 바탕으로 과거에는 보인 부분이었지만, 현재 가려졌을 경우 그 부분에 대해 히스토리에서 데이터를 가져와 3차원 재구축을 할 때 사용한다.

본 논문에서는 먼저, 스테레오 카메라를 통한 3차원 재구축에 대해 언급하고, 다음에 옵티컬 플로우와 칼만 필터를 이용해서 객체의 움직임 추적과 추정에 관해 논한다.

2. 제안한 움직임 추적방법

거울 신경 시스템과 같은 원리를 이용하여 의도인지를 하기 위해서는 서론에서 언급했던 것과 같이 스테레오 이미지를 이용한 3차원 재구축이 필요하다. 3차원 재구축을 통해 재구성된 3차원 이미지에서 배경과 객체를 분류하여

야 한다[5]. 만약 사람의 행위를 추적할 것이라면 사람과 배경을 분리하여 사람의 움직임만을 분석해야 한다. 사람의 움직임 분석은 옵티컬 플로우를 이용하여 움직임 방향에 대해 추적을 시행한 다음, 칼만 필터를 사용하여 잡음에 강인하게 만든다.

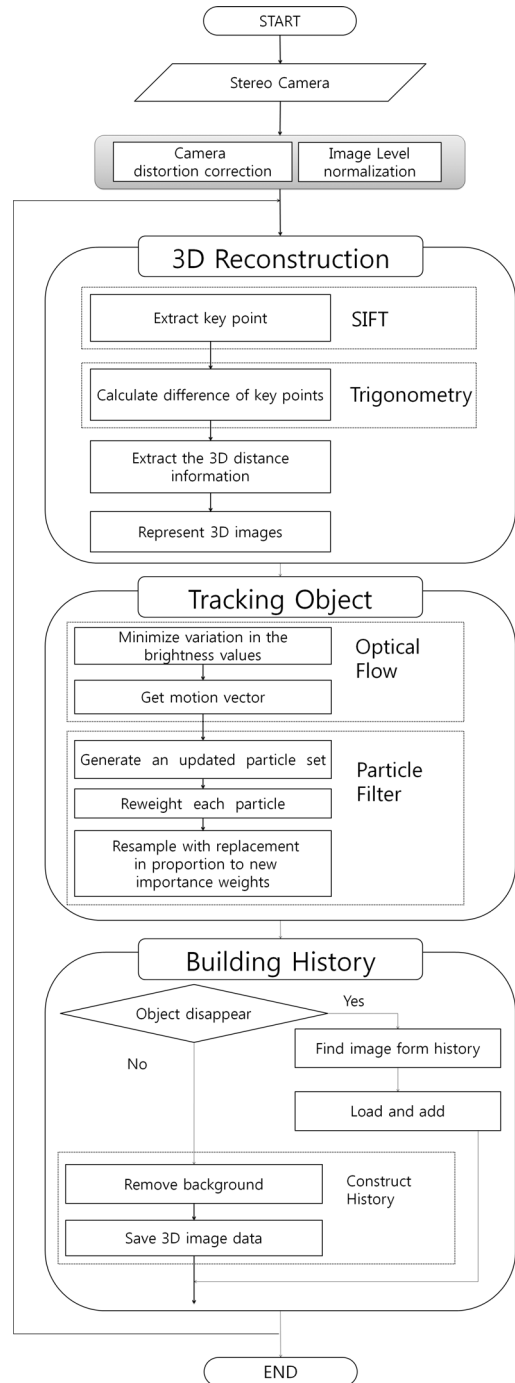


그림 1. 3차원 재구성 및 히스토리 구축 순서도
Fig. 1. Flow chart of 3D reconstruction and building history.

방향성 추적이 완료 되면 움직이는 방향에 대해 과거의 3차원 재구성된 이미지를 히스토리화 하여 저장한다. 히스토리화 하여 저장할 때, 전체의 시퀀스를 저장하는 것이 아니라 초당 5프레임 정도의 시퀀스만 따로 추출하여 저장하는 것이 효율적으로 보인다. 히스토리화 하여 저장 후, 추적하고 있는 객체의 일부분이 다른 객체로 인해 가려 졌을 때, 과거의 히스토리로부터 객체의 가려진 부분에 대한 이미지를 가져와서 3차원 이미지에 삽입한다. 삽입된 3차원 이미지를 가지고 향후 분류 알고리즘을 이용하여 의도인지가 가능하게 된다. 이와 같은 과정을 그림 1에 상세하게 표현하였다.

3. 3차원 재구축

사람의 눈과 비슷한 구조라고 여길 수 있는 스테레오 카메라를 이용하여 3차원 재구축을 진행한다. 두 개의 렌즈를 가지고 있는 스테레오 카메라를 활용하여 영상에서 대응점을 찾는다. 그리고 이 대응점 정보를 이용하여 실제 객체의 3차원 깊이 정보를 계산한다. 깊이 정보 계산은 다음과 같은 단계를 거친다[6].

- 단계 1 : 렌즈의 방사 왜곡과 접선 왜곡을 제거한다.
- 단계 2 : 출력영상의 row-aligned를 위해 rectification을 통해 두 카메라의 설정치를 조절 한다.
- 단계 3 : 왼쪽 카메라의 영상과 오른쪽 카메라의 영상에서 동일한 특징을 가지는 대응점을 찾는다. 대응점을 이용하여 두 화면의 X축 좌표의 차이 값인 disparity map을 작성한다.
- 단계 4 : reprojection을 이용하여 삼각법을 계산하여 disparity map으로부터 거리를 환산한다. 환산된 거리로 깊이 정보를 구축한다.

먼저 영상으로부터 3차원 정보를 얻기 위해서는 카메라 교정 과정을 필수적으로 거쳐야한다. 카메라가 신속하게 영상을 생성하려면 좀 더 넓은 영역을 통해 빛을 모아 주어야 하고 이 빛이 투영점에 수렴하도록 굴절시켜야 한다. 이러한 작업을 수행하기 위하여 렌즈를 사용한다. 하지만 렌즈는 한꺼번에 많은 빛을 모아줌으로써 빠른 영상 획득을 가능하게 하지만 왜곡이라는 단점이 있다. 왜곡이 전혀 없는 렌즈는 이론적으로 존재할 수 있으나 실제 렌즈는 완벽할 수 없으며 왜곡이 존재한다. 왜곡에는 방사 왜곡과 접선 왜곡이 있다. 방사 왜곡은 식 (1)과 식 (2)를 통해 조정한다.

$$x_{corrected} = x(1 + k_1r^2 + k_2r^4 + k_3r^6) \quad (1)$$

$$y_{corrected} = y(1 + k_1r^2 + k_2r^4 + k_3r^6) \quad (2)$$

식 (1)과 식 (2)에서 k_n 은 왜곡 항을 나타내고, r 은 중심으로부터의 거리를 나타낸다. 접선 왜곡은 식 (3)과 식 (4)를 통해 조정한다.

$$x_{corrected} = x + [2p_1y + p_2(r^2 + 2x^2)] \quad (3)$$

$$y_{corrected} = y + [p_1(r^2 + 2y^2) + 2p_2x] \quad (4)$$

식 (3)과 식 (4)에서 p_n 은 왜곡 파라미터이다.

이러한 카메라 교정 기술은 3차원 비전의 다른 여러 연구 분야에서도 많이 활용되고 있는 기술로 그에 따른 상당한 연구가 진행되어 왔다. 카메라 이외의 다른 장비를 사용하지 않고 취득한 영상만을 이용하는 시각 기반 방법으로 연속된 영상만을 이용하여 각 영상의 투영행렬과 대응점을 추정하여 3차원 재구성을 하는 방법을 사용한다[7].

이제 실제 3차원 데이터를 추출하는 방법을 알아보면, 그림 2를 보면 실제 공간상의 한 점 P가 존재하고, 왼쪽 카메라와 오른쪽 카메라에서는 이 P점이 이미지 상의 한 점으로 표현되고 있다. XL, XR은 P라는 점이 두 카메라의 이미지에 표현된 점의 X축 좌표를 의미하며, b는 두 카메라의 떨어진 거리, f는 초점 거리를 의미한다. 삼각형의 닮음에 의한 비례식을 풀어서 실제 공간상의 한 점 P와 카메라 사이의 깊이 Z를 식으로 표현하면 식(5)와 같다.

$$Z = \frac{\text{Camera Distance}(b) \times \text{Focal Length}(f)}{|XL - XR|} \quad (5)$$

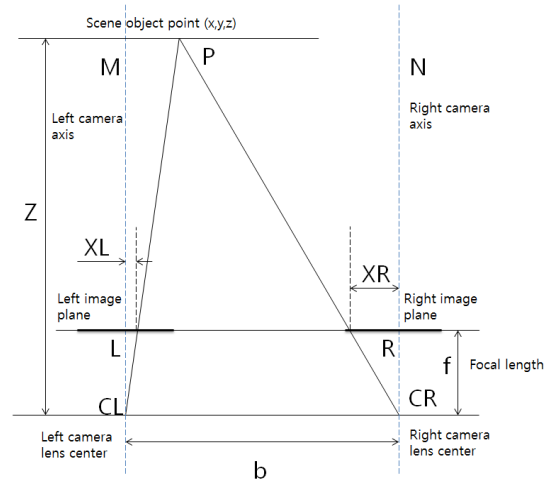


그림 2. 3차원 데이터 추출 원리
Fig. 2. Principle of 3D data extraction

4. 옵티컬 플로우

히스토리 구축을 하기 위해 먼저 수행되어야 할 사항은 객체의 움직임 방향에 대한 추적이다. 객체가 움직이고 있는 방향에 대해 알아야 현재 3차원 데이터가 객체의 어느 부분에 해당하는지에 대해 알 수 가 있다[8].

옵티컬 플로우는 밀집 옵티컬 플로우와 희소 옵티컬 플로우가 있다. 여기에서는 밀집 옵티컬 플로우 기법중 하나인 루카스 카나데 방법을 이용하여 연구를 진행하려고 한다. 일반적인 루카스 카나데 방법은 작은 지역 윈도우를 사용하기 때문에 이 윈도우보다 큰 움직임 발생하였을 경우에는 움직임을 계산하지 못하는 단점이 있는데, 본 논문에서는 피라미드를 이용한 방법을 사용하였다. 피라미드를 이용

한 루카스 카나데 방법은 일반 원본 영상으로부터 영상 피라미드를 구성하고, 상위 계층에서 시작하여 하위 계층으로 추적을 실행한다.

루카스 카나데 방법을 적용하려면 3가지 기초 가정이 필요하다. 밝기 항상성과 시간 지속성, 그리고 공간 일관성이다. 실험 조건을 실내의 일정 공간으로 한정하고, 조명의 변화가 없고, 관측 기기의 움직임이 없도록 할 것이므로 밝기 항상성과 공간 일관성은 충족이 된다. 시간 지속성에서는 객체의 움직임이 매우 빠르게 움직이지 않도록 제한 할 것이기 때문에 이 또한 충족된다[9].

임의의 시점 t 에서의 프레임을 I_t 라고 한다면, 인접 프레임 간의 임의의 픽셀 $p_i = (x_i, y_i)$ 의 움직임은 p_i 에 인접한 매우 작은 크기의 상수로 근사한다[10]. I_t 에서의 한 점을 $[x_i^t, y_i^t]^T$ 로 가정한다면, 연속프레임일 경우 I_{t+1} 의 동일 위치 점은 $[x_i^t + \delta_x, y_i^t + \delta_y]^T$ 로 볼 수 있다. 옵티컬 플로우는 아래의 식 (6)을 최소화 하는 δ_x, δ_y 에 의한 파라미터로 표현할 수 있다.

$$\epsilon(\delta_x, \delta_y) = \sum_{x=x_i^t-w_x}^{x_i^t+w_x} \sum_{y=y_i^t-w_y}^{y_i^t+w_y} (I_1(x, y) - I_2(x + \delta_x, y + \delta_y)) \quad (6)$$

여기서 w_x, w_y 는 루카스 카나데 옵티컬 플로우에 적용되는 Mask 윈도우의 x, y 값을 의미한다. 위 설명을 토대로 본 논문에서 사용하고자 하는 루카스 카나데 옵티컬 플로우를 아래의 파라미터로 구성된 식 $AV=b$ 로 표현할 수 있다.

$$A = [I_x(p_1), I_y(p_1); \dots; I_x(p_n), I_y(p_n)]$$

$$V = [v_x, v_y]^T$$

$$b = [I_t(p_1), I_t(p_2), \dots, I_t(p_n)]^T$$

여기서, $I_x(p_i), I_y(p_i), I_t(p_i)$ 는 영상 프레임 I 를 x, y, t 에 따라 편미분한 값을 의미한다. 옵티컬 플로우 V 는 다음의 식 (7)과 같이 계산할 수 있다.

$$V = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n I_x(p_i)I_x(p_i) & \sum_{i=1}^n I_x(p_i)I_y(p_i) \\ \sum_{i=1}^n I_x(p_i)I_y(p_i) & \sum_{i=1}^n I_y(p_i)I_y(p_i) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} -\sum_{i=1}^n I_x(p_i)I_t(p_i) \\ -\sum_{i=1}^n I_y(p_i)I_t(p_i) \end{bmatrix} \quad (7)$$

피라미드 계산은 다음과 같이 간단하게 진행된다. 먼저 피라미드의 최상위 계층에서 옵티컬 플로우의 계산을 시작하고 다음 계층에서 이를 개선하는 형태로 움직임을 추정한다. 이 연산을 피라미드의 최하위 계층에 도달할 때까지 반복하여 계산한다. 계산된 결과 값을 칼만 필터를 통하여 잡음에 강인하게 하여 현재 움직임을 추정한다.

5. 움직임 추정을 위한 칼만 필터

영상 기반의 객체의 움직임 추정을 위해 앞서 옵티컬 플로우를 연산하고, 연산된 옵티컬 플로우를 통해 단위 시간당 움직임 변화량을 측정 할 수 있다. 옵티컬 플로우를 통해 연산된 움직임 변화량에 칼만 필터를 적용하여 객체의

현재 움직임을 추정하도록 하였다[11].

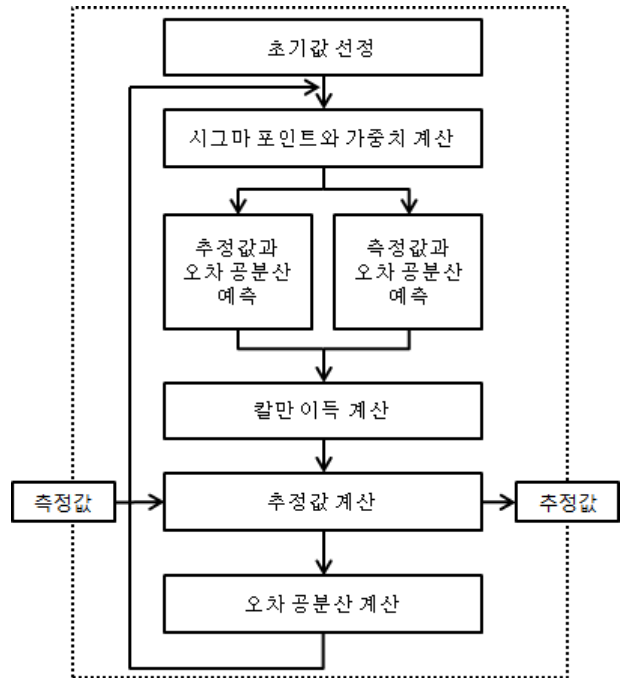


그림 3. Unscented 칼만 필터 알고리즘의 전체 과정
Fig. 3. The process of Unscented Kalman Filter

그림 3은 칼만 필터 프로세스의 전 과정을 나타내고 있다. 본 논문에서 사용된 칼만 필터는 Unscented 칼만 필터를 사용하였다. 확장 칼만 필터는 비선형 시스템에서 널리 적용되고 있는 상태 추정 알고리즘이다. 하지만 확장 칼만 필터는 파라미터의 조정이 어려우며, 비선형성이 심한 시스템에서는 가끔 신뢰성이 있는 추정치를 얻기 힘들다[14]. 인체의 움직임의 경우, 각 관절은 회전행렬과 이동행렬에 의해 얻어지는 비선형적인 움직임을 보여주고 있는데, 이러한 비선형적인 움직임을 효율적으로 추정하기 위해서 본 논문에서는 Unscented 칼만 필터를 이용하여 각 움직임 변화량을 추정하고자 한다. Unscented 칼만 필터에 대한 자세한 설명은 참고문헌 [12]와 [13]을 참고 바란다.

6. 히스토리

히스토리는 본 논문에서 제안된 방법의 과정 중 제일 중요한 부분이다. 히스토리 구축을 통하여 객체의 현재 완성된 이미지를 저장하여, 이 후에 객체가 가려졌을 때, 히스토리로부터 이미지 저장 데이터를 불러와 가려진 부분에 대해 추측이 가능하도록 할 수 있다.

히스토리는 영상의 시작부터 구축이 시작된다. 히스토리 데이터는 총 3가지로 구성된다. 객체의 3차원 이미지 데이터, 스테레오 카메라를 기준으로 객체의 전체 영상에서의 3차원 좌표, 옵티컬 플로우로부터 계산된 객체의 방향 값이다. 여기서 3차원 이미지 데이터는 하나의 데이터이지만, 2차원 좌표와 객체의 방향 값은 연속된 데이터로 기준 시간에 따라 행렬 데이터로 저장된다. 만약 객체가 회전을 한다면 객체 자신에게 가려진 부분이 뒤쪽의 부분에 대해 새로

은 이미지 데이터를 저장 할 수 있다. 이렇게 구축된 데이터들을 바탕으로 히스토리로부터 3차원 복원을 할 수 있다.

복원은 다음과 같은 과정을 통해서 이루어진다. 히스토리가 구축된 객체를 관찰하여 히스토리와 비교하여 현재의 데이터의 일정 부분이 다를 때, 그리고 옵티컬 플로우로부터 계산된 다른 객체의 움직임 방향이 관찰되고 있는 객체를 지날 때, 히스토리로부터 이미지 복원을 준비한다. 이미지 복원은 먼저 현재 객체의 보이는 부분과 히스토리의 전체 부분을 비교하여 가려진 부분을 파악한다. 파악된 부분의 데이터를 히스토리로부터 불러온다. 불러온 데이터를 가려진 부분에 입력하고 깊이 정보와 3차원 이미지를 조합하여 다시 불러온다.

7. 시뮬레이션 및 결과

제안된 방법을 이용하여 시뮬레이션 결과를 그림 4와 같이 나타내었다. 그림 4는 흰색의 객체가 움직임에 따라 3차원 재구축이 바뀌고 히스토리로부터 데이터를 불러와 3차원 재구축에 삽입하는 내용을 나타내고 있다.

흰색기둥이 왼쪽으로 움직임에 따라 검정기둥을 시야에서 가리는 모습을 그림 4의 (a)와 (b)로 나타내었다. 검정기둥이 가려질 때, 히스토리 구축이 되어 있지 않았다면, 검정기둥은 부분적으로 남아 있게 되었을 것이며, 같은 색의 객체라면 하나의 객체로 인식할 수 있다. 하지만, 히스토리를 구축한다면 검정기둥이 흰색기둥으로부터 시야가 가려질 때, 검정기둥은 과거의 저장된 이미지로부터 복원되어 원래 자리에 있었던 객체로 인식하게 된다.

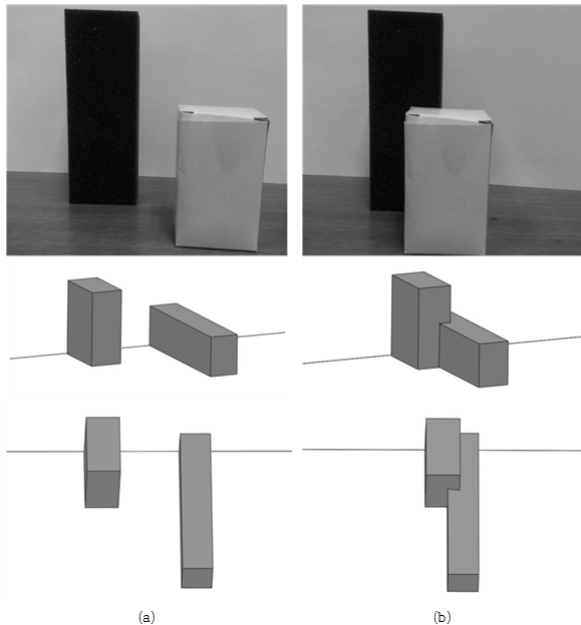


그림 4. 3차원 재구성에 의한 가려진 객체 추적 결과: (a)객체가 가려지지 않은 상태 (b) 객체의 일부분이 가려진 상태

Fig. 4. Result of occlude object tracking based on 3D reconstruction: objects is (a) not overlapped, (b) partly overlapped

8. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 거울 신경 세포 시스템의 특징 중 가려진 부분에 대한 움직임 추정을 모델링하기 위한 3차원재구축 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 스테레오 카메라를 이용하여 깊이정보를 획득 후, 3차원 이미지를 구성한다. 그리고 옵티컬 플로우와 칼만 필터를 이용하여 과거 이미지의 히스토리 구성을 한다. 구성된 히스토리를 바탕으로 가려진 시각 중 과거에 대한 정보가 있는 부분에 대해 이미지를 재구성한다. 향후 연구에서는 현재 실시간 연산 시 많은 시간이 소요됨에 따라 딜레이가 발생할 우려가 있다. 연산량을 줄이는 부분에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다. 또한 제안한 방법을 이용해 3차원 이미지를 구성한 후, 은닉 마르코프 모델을 이용하여 행동을 통한 의도인지 연구를 진행할 예정이다.

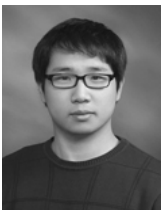
참 고 문 헌

- [1] Giovanni Buccino, Ferdinand Binkofski, and Lucia Riggio, "The mirror neuron system and action recognition.," *Brain and language*, vol. 89, no. 2, pp. 370-376, May. 2004.
- [2] Giacomo Rizzolatti and Laila Craighero, "The mirror-neuron system.," *Annual review of neuroscience*, vol. 27, pp. 169-192, Jan. 2004.
- [3] M. a Umiltà et al., "I know what you are doing. a neurophysiological study.," *Neuron*, vol. 31, no. 1, pp. 155-165, Jul. 2001.
- [4] 석홍일, 이지홍, 이성환, "3차원 손 모델링 기반의 실시간 손 포즈 추적 및 손가락 동작 인식," *Human-Computer Interaction*, vol. 35, no. 12, pp. 780-788, 2008.
- [5] David. G. Lowe, "Object recognition from local scale-invariant features," *Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Computer Vision*, pp. 1150-1157 vol.2, 1999.
- [6] Gary Bradski, *Learning Opencv*. 2008.
- [7] 이동현, 엄대연, 강훈, "A Study of the 3D-Reconstruction of indoor using Stereo Camera System," *한국지능시스템학회 논문지*, vol. 15, no. 1, pp. 42-47, 2005.
- [8] Alper Yilmaz, Xin Li, and Mubarak Shah, "Contour-based object tracking with occlusion handling in video acquired using mobile cameras.," *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, vol. 26, no. 11, pp. 1531-1536, Nov. 2004.
- [9] S. Beauchemin, J. Barron, and D. Fleet, "Systems and experiment performance of optical flow techniques," *Int. J. Comput. Vision*, vol. 12, no. 1, pp. 43 - 77, 1994.
- [10] 고광은, 박승민, 박준형, 심귀보, "ASM-LK 옵티컬 플로우 기반 최적 얼굴정서 특징분석 기법," *한국지능시스템학회 논문지*, vol. 21, no. 4, pp. 512-517, 2011.
- [11] 조선영, 김종훈, 김정호, 조겸래, 이대우, "Attitudes

Estimation for the Vision-based UAV using optical flow,” *Journal of the Korean Society for Aeronautical Space Science*, vol. 38, no. 4, pp. 342-351, Apr. 2010.

- [12] 김성필, *칼만필터의 이해 : MATLAB 활용*, 아진, 2010.
- [13] Fred Daum, “Nonlinear filters: beyond the kalman filter” *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, vol. 20, no. 8, pp. 57-69, Aug. 2005.
- [14] Eric A. Wan and Rudolph Van Der Merwe, “The unscented kalman filter for nonlinear estimation,” in *Adaptive Systems for Signal Processing, Communications, and Control Symposium 2000. AS-SPCC. The IEEE 2000*, pp. 153-158. 2000.
- [15] Dan Simon, *Optimal State Estimation: Kalman, H ∞ , and Nonlinear Approaches*, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, 1998,
- [16] 이영실, 조성배, “베이지안 네트워크와 은닉마르코프 모델을 이용한 모바일 행동 인식,” *한국정보과학회*, vol. 37, no. 2, p. 228-233, 2010.
- [17] Jungheong Park, Seung-Min Park, Kwang-Eun Ko, and Kwee-Bo Sim, “Occluded Object Motion Tracking Method based on Combination of 3D Reconstruction and Optical Flow” *International Symposium on Advanced Intelligent System 2011*, pp. 421-424, 2011,

저 자 소 개



박준형(Junheong Park)
 2011년 : 중앙대학교 전자전기공학부 공학사
 2011년~현재 : 중앙대학교 대학원
 전자전기공학부 석사과정

관심분야 : Brain-Computer Interface, Intention
 Recognition, Soft Computing
 Phone : 02-820-5319
 Fax : 02-817-0553
 E-mail : antiline@cau.ac.kr



박승민(Seung-Min Park)
 2010년 : 중앙대학교 전자전기공학부 공학사
 2010년~현재 : 중앙대학교 대학원
 전자전기공학부
 석박사통합과정

관심분야 : Brain-Computer Interface, Intention
 Recognition Soft Computing
 Phone : 02-820-5319
 Fax : 02-817-0553
 E-mail : sminpark@cau.ac.kr



심귀보(Kwee-Bo Sim)
 1990년 : The University of Tokyo
 전자공학과 공학박사

[제21권 제4호(2011년 8월호) 참조]

1991년~현재 : 중앙대학교 전자전기공학부 교수
 2006년~2007년 : 한국지능시스템학회 회장

E-mail : kbsim@cau.ac.kr
 Homepage URL : <http://alife.cau.ac.kr>