

광 JTC를 이용한 스테레오 물체추적 시뮬레이터의 구현

(Implementation of Stereo Object Tracking Simulator using Optical JTC)

李在洙*, 金奎兌*, 金恩洙*

(Jae-Soo Lee, Kyu-Tae Kim, and Eun-Soo Kim)

요 약

일반적으로 스테레오 비전 시스템에서 좌,우 영상의 시점이 일치하지 않거나 이동 물체가 영상의 중심 좌 표에 있지 않을 경우에는 관측자에게 눈의 피로감 주고 입체감을 느끼지 못하게 할뿐만 아니라 이동 물체의 추적이 어렵게 된다. 따라서 이동물체의 주시각을 제어하면서 추적 물체가 항상 영상의 중앙에 위치하도록 제어하는 것이 스테레오 물체추적 시스템이다.

본 논문에서는 스테레오 물체추적의 새로운 접근방법으로 적응적 물체 추적이 가능한 광 JTC를 이용하여 이동 물체를 추적하는 스테레오 물체추적 시뮬레이터를 구현하였다. 또한, 구현된 시뮬레이터를 이용하여 JTC의 추적 결과를 비교 분석하여 실험 결과를 예측할 수 있었으며, 광학실험을 통해 배경 잡음이 존재해도 실시간적 물체 추적이 가능한 스테레오 물체추적 시스템의 구현 가능성을 제시하였다.

Abstract

In the typical stereo vision system, when the focus points of the left and right images are mismatched or the moving object is not in the center of the image, not only the observer can be fatigued & unconscious of three-dimensional effect, but also hard to track the moving object. Therefore, the stereo object tracking system can be used to track the moving object by controlling convergence angle to minimize stereo disparity and controlling pan/tilt to locate moving object in the center of the image.

In this paper, as a new approach to stereo object tracking system we introduce a stereo object tracking simulator based on the optical JTC system capable of adaptive tracking. By using this simulator, any kinds of experimental results can be predicted & analyzed and the processing if real-time implementation of stereo object tracking system is suggested through some optical experiments even if background noises exist.

I. 서 론

자연 환경에서 임의의 형태로 움직이는 이동 물체를 실시간적으로 추적할 수 있는 시스템에 대한 연구는 유도 미사일, 전투기 추적, 레이더 등과 같은 전략

방위 분야에서 뿐만 아니라 로봇비전, 자동감시, 항공 관제 등 산업 분야의 핵심 기술로써 그 연구 개발이 절실히 요구되고 있다.

또한 극한환경 및 원격 작업의 효율을 향상시키기 위한 방법으로 인간의 오감(五感)중 특히 시각 정보를 이용하는 입체영상 시스템의 연구^[1]에서는 사람의 눈과 같이 움직이며 영상을 획득하는 스테레오 시각장치 즉, 인간의 눈 구조를 닮은 스테레오 영상 시스템 개발^[2,3]에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

* 正會員, 光云大學校 電子工學部
(School of Electronic Eng., Kwangwoon University)
接受日字:1999年5月17日, 수정완료일:1999年7月19日

따라서 이러한 스테레오 영상 시스템의 입력 영상을 사용해 이동 물체를 연속적으로 추적하는 시스템이 바로 스테레오 물체추적 시스템이며, 스테레오 물체추적 시스템을 이용해 작업하는 경우 기존의 2차원 영상으로 물체를 추적하여 작업하는 것보다 작업 효율^[4]이 30% 이상 높은 것으로 알려져 있다.

스테레오 영상 시스템은 사람의 눈 구조와 같이 좌, 우 양방향에 위치한 두 대의 카메라로부터 영상이 입력되기 때문에 기존의 2차원 영상에 비해 보다 현실감 있는 입체 영상을 제공하는 특징을 갖고 있다. 이러한 시스템은 영상을 입력하기 위한 스테레오 카메라와 영상을 관측자에게 입체적으로 출력해주는 모니터로 구성된다. 스테레오 카메라는 인간의 눈과 비슷한 간격으로 평행하게 배치된 두 대의 카메라가 사용되며, 이 둘로부터 획득된 좌, 우 영상의 양안시차는 관측자에게 입체감을 느끼게 하는 반면, 좌, 우 영상의 시점 불일치로 인한 스테레오 시차(stereo disparity)는 사람의 눈을 피로하게 된다. 따라서 스테레오 물체추적 시스템은 2차원 물체추적 시스템과는 달리 사람의 눈동자와 같이 물체의 거리에 따라 카메라의 주시각(convergence angle)을 제어하는 기능과 동시에 물체를 추적하는 기능을 가지고 있어야 한다. 관측대상 물체에 좌, 우 카메라의 시점을 고정시키는 주시각 제어는 관측대상 물체에 좌, 우 각 카메라의 시점을 일치시키는 것으로써 이동 물체에 따라 좌, 우 영상의 스테레오 시차를 0으로 유지하는 것이며, 물체 추적은 추적 물체가 화면의 중앙에 항상 위치하도록 하는 것이다. 이와 같이 스테레오 물체 추적기는 주시각 제어기능 이외에 추적 물체가 화면의 중앙에 항상 위치하도록 스테레오 카메라의 관측 방향을 제어할 수 있는 팬/틸트 기능을 가지고 있어야 한다.

일반적으로 물체 추적기에서 많이 쓰이는 방법에는 입력 영상에서 물체의 중심을 구해 물체를 추적하는 무게 중심법(centroid method)^[5]과 연속적으로 입력되는 물체의 상관을 통해 일치 정도를 구하는 상관기법(correlation method)^[6, 7] 등이 있다. 일반적인 2차원 물체 추적에 사용되는 알고리즘을 스테레오 물체추적에 그대로 적용할 수 있으며, 무게 중심법이나 상관기법을 이용한 영상 처리의 경우 물체의 위치좌표를 구해 낼 수 있으므로 주시각과 팬/틸트를 동시에 제어할 수 장점이 있다. 그러나 무게 중심법은 관측 대상물체와 배경의 분리 정도 및 배경에 따라 성능이 크게

좌우되기 때문에 배경이 존재하는 물체의 추적에는 많은 제약이 따른다. 또한, 디지털 상관기법은 연속된 영상의 정합시 계산량이 방대하여 실시간적 처리가 어렵다는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 스테레오 물체 추적을 위한 새로운 접근 방법으로 적응적 물체 추적이 가능한 광JTC를 이용하여 좌, 우 카메라에 입력되는 이동 물체의 이동 위치좌표를 구하여 주시각^[8, 9]과 팬/틸트를 동시에 제어할 수 있는 스테레오 물체추적 방법을 제시하고, 2차원 병렬처리와 실시간적으로 처리할 수 있는 광정보처리 기법을 이용한 광 JTC 스테레오 물체추적 시스템의 성능 분석을 위한 스테레오 물체추적 시뮬레이터를 구현하고자 한다.

II. 스테레오 물체추적 시스템

스테레오 물체추적 기술은 사람이 이동하는 물체를 관측하는 것과 같이 물체의 움직임에 따라서 스테레오 카메라의 방향을 제어하는데 그 목적이 있다. 특히 일반적인 2차원 물체 추적 시스템과 달리 스테레오 물체 추적기는 사람 눈동자의 움직임과 같이 물체의 거리에 따라 스테레오 카메라의 주시각을 제어하는 기능과 동시에 움직이는 물체를 계속 추적할 수 있는 기능을 가지고 있어야 한다. 즉, 좌, 우 영상의 스테레오 시차가 0이 되도록 주시각을 제어하면서 동시에 추적 물체가 화면의 중앙에 항상 위치하도록 스테레오 카메라의 관측 방향을 팬/틸트로 제어하여 물체를 추적하면 사람의 눈 구조와 같은 움직임으로 물체를 추적할 수 있다.

사람의 시각 구조를 살펴보면, 사람의 눈동자가 물체의 거리에 따라 벌어졌다 좁아지는 기능과 움직이는 물체에 따라 사람의 눈이 부드럽게 움직여 추적하는 기능을 이용해 물체를 추적하게 된다. 물체추적 시스템에서는 전자를 모방한 것이 주시각 제어기능이고, 후자를 모방한 것이 팬/틸트의 움직임이다.

그림 1은 이동 물체에 대한 주시각 제어의 개념도를 보여 주는 것으로써 좌, 우 카메라 사이의 각도를 주시각이라 한다. 그림 1의 ①은 이동 물체의 주시각이 제어되지 않아 스테레오 시차가 존재하여 한 화면에 2개의 영상이 겹쳐 나타나는 반면에, 그림 1의 ②는 카메라의 주시각이 제어되어 스테레오 시차가 없어 지므로 정확한 입체 영상을 볼 수 있어 관측자가 피로감을 느끼지 못할 뿐만 아니라 작업 효율을 크게 향상

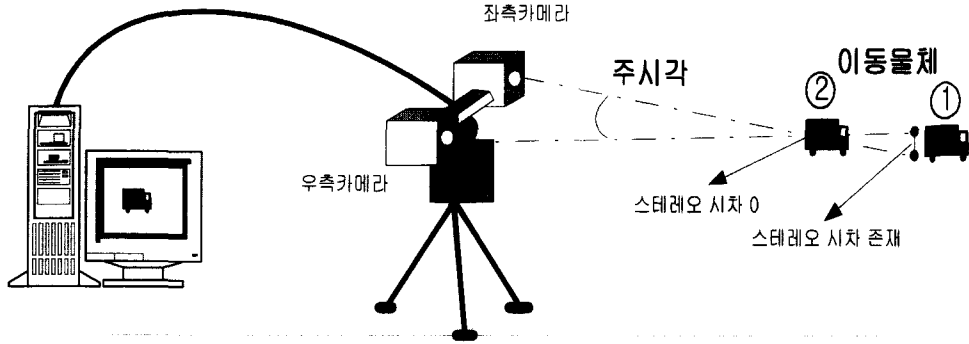


그림 1. 이동 물체에 대한 주시각 제어의 개념도
Fig. 1. Conceptual diagram of the convergence central of moving object.

시키게 된다.

또한 스테레오 시차가 0이 되도록 이동 물체의 주시각을 제어하면서 추적 물체가 영상의 중앙에 위치하도록 하여 스테레오 물체 추적기를 구성할 경우에는 움직이는 물체에 대하여 동적인 스테레오 추적 시스템을 매우 효율적으로 구성할 수 있다. 즉, 스테레오 물체 추적기는 스테레오 카메라를 이용하여 이동 물체의 입력 영상을 시스템에서 처리하여 추적 물체의 현재 위치를 추출한 후, 이 값을 이용해 카메라의 주시각 및 팬/틸트 제어를 통해 스테레오 시차 없이 카메라의 시야에서 추적 물체가 항상 중앙에 놓이도록 하는 것이다.

따라서 스테레오 영상 시스템에서 물체 추적을 위해서는 주시각 제어 값과 팬/틸트 제어 값을 추출하여야 한다. 여기서 주시각 제어값과 팬/틸트 제어값은 스테레오 시차와 추적 물체의 현재 위치좌표를 추출하여 구할 수 있다. 스테레오 영상 처리로 스테레오 시차만 바로 추출해 내는 경우에는 물체의 위치 정보를 따로 구해 주어야 하는 반면에 추적 물체의 현재 위치

좌표를 구하는 알고리즘을 적용하는 경우에는 주시각 제어를 위한 스테레오 시차 성분과 팬/틸트 제어를 위한 제어값을 동시에 구할 수 있는 장점이 있다. 그림 2는 이동 물체의 좌,우 카메라의 입력 영상으로부터 주시각과 팬/틸트를 동시에 제어하는 스테레오 물체 추적을 위한 제어기의 구성도를 나타낸 것이다.

일반적으로 무게 중심법이나 상관기법을 이용한 스테레오 영상 처리의 경우 물체의 위치좌표를 구해 낼 수 있으므로 주시각과 팬/틸트를 동시에 제어할 수 있으므로 2차원 물체 추적기에 사용되는 기존 알고리즘을 좌,우측 카메라에 각각 사용함으로써 스테레오 물체 추적에 그대로 적용할 수 있다.

III. 광 JTC를 이용한 스테레오 물체추적 시뮬레이터 구성

이동 물체의 주시각을 제어하면서 추적 물체가 영상의 중앙에 위치하도록 제어하여 스테레오 물체 추적기를 구성할 경우에는 움직이는 물체에 대한 동적인

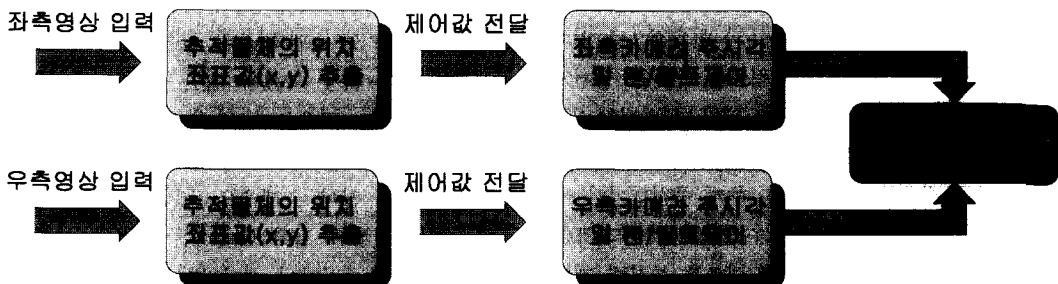


그림 2. 스테레오 물체 추적을 위한 제어기의 구성도
Fig. 2. Block diagram of controller for stereo object tracking.

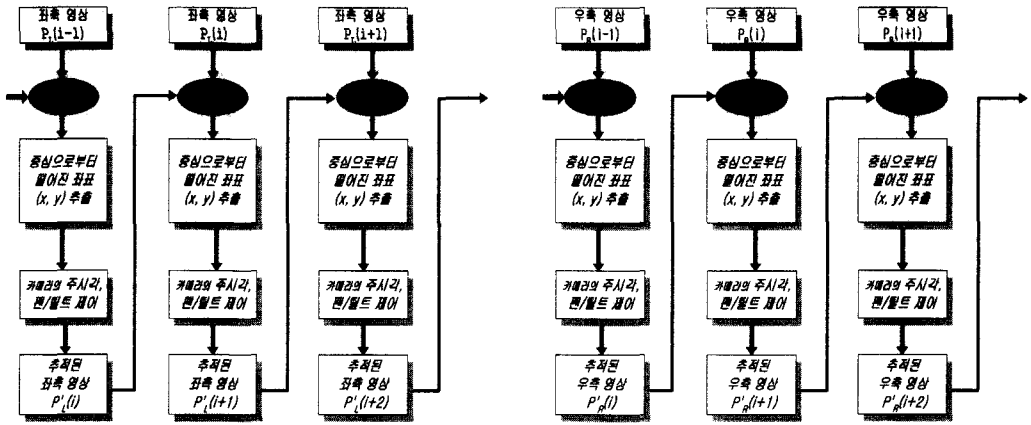


그림 3. JTC를 이용한 스테레오 물체추적의 흐름도
Fig. 3. Flowchart of stereo object tracking using JTC.

추적이 매우 효율적이다. 스테레오 카메라의 주시각을 제어하고 팬/틸트를 제어하기 위해서는 카메라에서 획득한 영상으로부터 주시각 제어 및 팬/틸트 제어를 위한 제어 값을 추출하여야 하는데, 이동 물체의 중심 좌표를 구하면 주시각 제어를 위한 스테레오 시차 성분과 팬/틸트 제어를 위한 제어값을 동시에 구할 수 있다.

그림 3은 이동 물체를 좌,우측 카메라로부터 입력받아 JTC를 이용해 추적해 가는 흐름도를 나타낸 것으로 좌,우측 카메라로부터 입력받은 영상처리는 각각 독립적으로 수행되어 물체를 추적하게 된다. 즉, 이전 영상(P(i-1))을 입력받아 추적하여 주시각 및 팬/틸트가 제어된 영상(물체가 영상의 중심에 위치, P'(i))과 현재 이동 물체의 입력영상(P(i))이 JTC를 수행하여

중심으로부터 이동 물체의 위치 좌표를 추출하고, 이 값으로 주시각 제어 및 팬/틸트 제어를 통해 이동 물체를 영상의 중앙에 위치시킴으로써 이동 물체를 추적하는 과정을 보여주고 있다. 좌,우측 입력 영상이 같은 시간에 동일한 과정을 병행하여 수행함으로써 이동 물체의 스테레오 추적이 가능하다.

그림 4는 좌측 카메라에 대한 광 JTC 시스템의 구성도를 나타낸 것이다. 그림 4에서 퓨리에 입력 평면 (SLM1: Spatial Light Modulator 1)은 그림 5와 같이 2단으로 분리하여 한쪽 반 평면에는 기준평면을 그리고 다른 쪽에 비교평면을 동시에 위치시키고 상관시키게 된다. 마찬가지로 우측 카메라의 광 JTC 시스템도 동일한 방법으로 구성하여 JTC를 수행하여 이 값을 이용해 좌,우측 카메라를 동시에 제어하면 스테

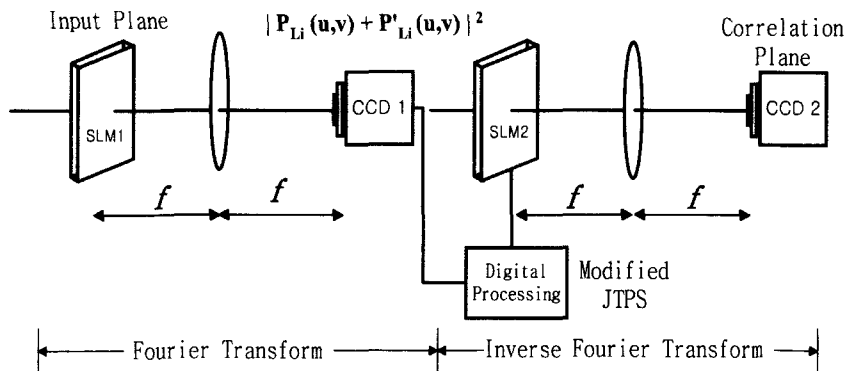


그림 4. 좌측 카메라 입력에 대한 광 JTC 시스템의 구성도
Fig. 4. Block diagram of optical JTC system for left camera input.

레오 물체 추적기가 된다.

그림 5는 광 JTC의 입력 평면을 나타내는 것으로 좌측 카메라에서 추적된 이전영상(주시각 및 팬/틸트가 제어되어 추적 물체가 영상의 중앙에 위치: p'_{Li})을 기준 영상으로 하고, 현재의 입력영상(현재 이동 물체의 입력영상: p_{Li})을 비교 영상으로 구성한다. 여기서 p'_{Li} 는 (i-1)번째의 영상을 추적하여 물체를 중앙에 위치시킨(주시각 및 팬/틸트가 제어된 영상)것이고, p_{Li} 는 i번째 입력되는 현재의 이동 물체의 입력 영상이다.

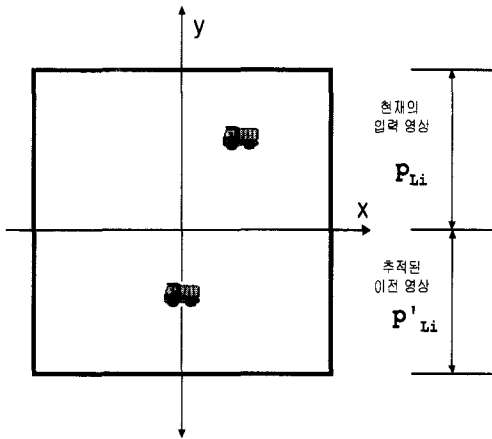


그림 5. 광 JTC 시스템의 입력평면
Fig. 5. Input plane of optical JTC system.

이 입력 평면을 사용해 그림 4에 있는 시스템의 JTC를 수행하면 상관 평면에서 이동 물체가 영상 화면의 중심으로부터 떨어진 위치좌표 $값(x,y)$ 을 구할 수 있다. 이 값을 이용해 좌,우 카메라의 입력 영상이 물체의 중심에 위치하도록 주시각 제어 및 팬/틸트 제어값으로 사용하면 이동 물체의 스테레오 추적이 가능하게 된다.

그림 5에서 연속적으로 입력되는 좌측 영상을 보면, 좌측 카메라에서 (i-1)번째의 영상을 이전에 추적하여 물체를 중앙에 위치시킨 기준영상 $p'_{Li}(x, y)$ 와 i 번째의 입력 영상으로 현재 이동 물체의 추적을 위해 사용되는 비교영상 $p_{Li}(x-x_{hi}, y-y_{hi})$ 로 나타낼 수 있다. 또한 우측 카메라 영상도 기준영상 $p'_{Ri}(x, y)$ 와 비교영상 $p_{Ri}(x-x_{ri}, y-y_{ri})$ 로 나타낼 수 있으며, 좌측 카메라와 동일한 방법을 사용해 물체를 추적할 수 있으므로 여기에서는 좌측 카메라의 물체 추적에 대해서만 설명하고자 한다.

좌표(x_h, y_h)는 좌측 카메라에서 입력되는 이동 물체가 영상의 중심으로부터 떨어진 위치 좌표를 나타낸다. 이 때 하나의 입력평면 영상(p_{Li})과 기준평면 영상(p'_{Li})을 동시에 푸리에 변환한 광 간섭 세기분포를 식 (1)로 나타낼 수 있으며 이것을 JTPS(joint transform power spectrum)라 한다.

$$\begin{aligned}
 E_{JTC}(u, v) &= |P'_{Li}(u, v) + P_{Li}(u, v)|^2 \\
 &= |P'_{Li}(u, v)|^2 + |P_{Li}(u, v)|^2 \\
 &\quad + P'_{Li}(u, v) P_{Li}^*(u, v) \\
 &\quad + P_{Li}^*(u, v) P'_{Li}(u, v)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

여기서, (u, v) 는 푸리에 공간좌표를 나타내며, *은 복소공액을 나타낸다. 식 (1)에서 $P'_{Li}(u, v)$ 는 좌측 카메라에서 (i-1)번째의 영상을 추적하여 물체를 중앙에 위치시킨 기준영상(p'_{Li})의 푸리에 변환이고, $P_{Li}(u, v)$ 는 i 번째의 현재 입력 영상인 비교영상(p_{Li})의 푸리에 변환이다. 식 (1)의 첫 번째와 두 번째 항은 프레임 자체의 자기 상관에 해당되는 양으로써 상관 오류를 발생시키게 되므로 각 프레임에서 자기 상관의 파워 스펙트럼을 제거할 필요가 있으며 이것은 기존 광 JTC의 JTPS에서 각 프레임의 파워 스펙트럼을 구하여 기하학적으로 빼는 것만으로 간단히 이루어 질 수 있다. 식(1)을 다시 역 푸리에 변환하면 식 (2)와 같다.

$$\begin{aligned}
 c_{JTC}(x, y) &= \mathcal{F}^{-1} \{ E_{JTC}(u, v) \} \\
 &= p'_{Li}(x, y) \otimes p'_{Li}(x, y) + p_{Li}(x, y) \otimes p_{Li}(x, y) \\
 &\quad + p'_{Li}(x, y) \otimes p_{Li}(x, y) * \delta[x+x_h, y+y_h] \\
 &\quad + p_{Li}(x, y) \otimes p'_{Li}(x, y) * \delta[x-x_h, y-y_h]
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

식(2)에서 첫 번째 항과 두 번째 항은 자기 상관에 대한 성분을 나타내는 것으로 JTPS를 재구성하여 없앨 수 있으며, 세 번째 항과 네 번째 항은 두 영상간의 상호 상관성분으로 상관 침투치는 DC를 중심으로 이동 물체의 위치 좌표값이 원점 대칭으로 나타나며, 이 두 영상간의 최종 상관 침투치로부터 이동 물체의 현재 위치좌표(x_h, y_h)를 얻을 수 있다.

여기서 위치좌표(x_h, y_h)는 추적 물체가 중심으로 부터 이동되어 있는 현재 위치를 나타내는 것이다. 따라서 카메라의 위치를 $(-x_h, -y_h)$ 만큼 이동 시켜 주

면(주시각 및 팬/틸트 제어) 이동 물체를 화면의 중앙에 위치시킴으로써 이동 물체의 스테레오 추적이 가능하게 된다.

IV. 시뮬레이터의 구현 및 광학실험

그림 6은 광 JTC를 이용한 스테레오 물체 추적기의 구성도를 나타낸 것이며, 그림 7은 시뮬레이터의 흐름도를 나타낸 것이다.

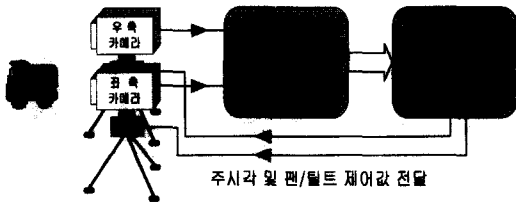


그림 6. 광 JTC를 이용한 스테레오 물체 추적기의 구성도

Fig. 6. Block diagram of stereo object tracker using optical JTC.

그림 7의 좌,우측 각 카메라의 입력영상으로부터 디지털 처리 및 다양한 JTC(JTC, BJTC^[7], BPEJTC

^[8]) 과정을 수행하여 주시각 제어값 및 팬/틸트 제어값을 구하게 되고, 이 값을 제어기 입력으로 사용하여 좌,우측 카메라의 주시각 및 팬/틸트를 제어함으로써 이동 물체를 화면의 중앙에 위치시킴으로써 스테레오 물체 추적을 하게된다. 또한, 2차원 병렬처리 및 실시간 처리가 가능한 광정보처리 기법을 이용한 광 JTC 스테레오 물체추적 시스템의 성능 분석을 위한 스테레오 물체추적 시뮬레이터를 구현하였다. 그림 8은 스테레오 물체 추적 시뮬레이터의 화면 구성도를 나타낸 것이다.

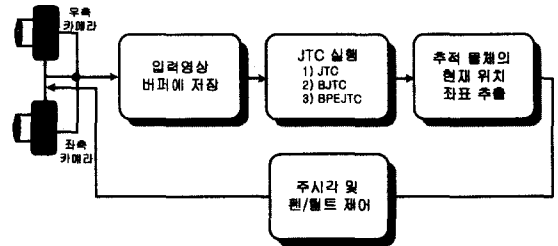


그림 7. 스테레오 물체 추적 시뮬레이터의 흐름도
Fig. 7. Flowchart of stereo object tracking the simulator.

그림 8의 (a)는 초기화면으로 사용하고자 하는 알

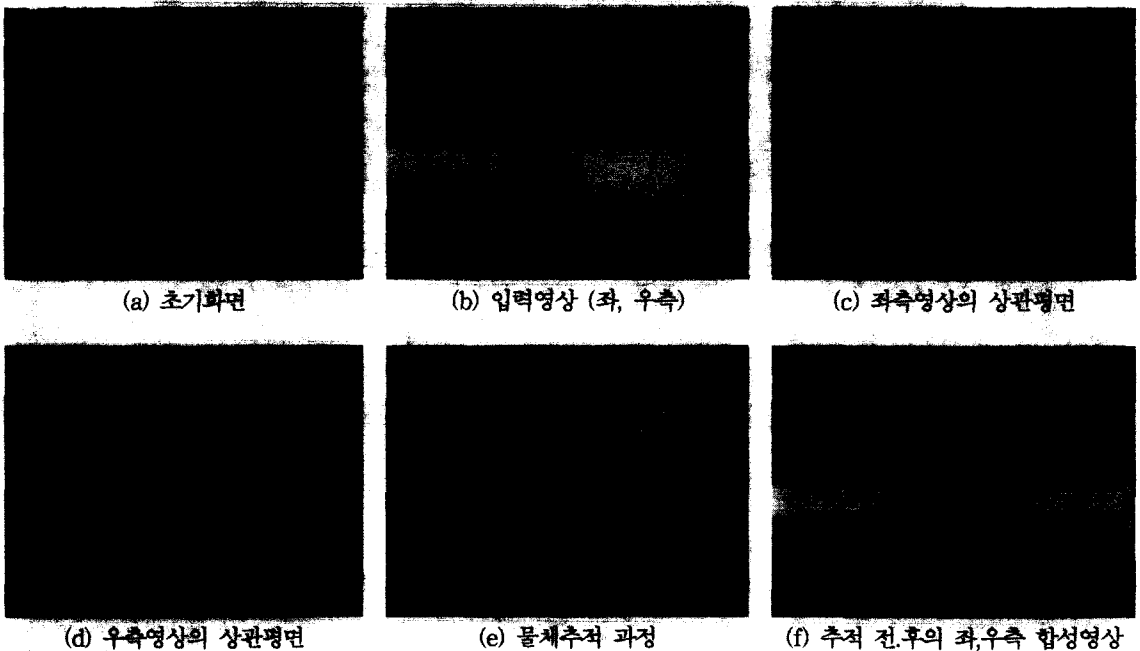


그림 8. 스테레오 물체추적 시뮬레이터의 구성화면
Fig. 8. Screen of stereo object tracking simulator.

고리즘(JTC, BJTC^[17], BPEJTC^[18] 등)을 선택하는 화면이고, 그림 8의 (b)는 좌,우측 입력 영상으로 이전영상(i-1 번째)을 추적하여 물체를 중앙에 위치시킨 입력영상(위, p'_{Li} 와 p'_{Ri}) 과 현재(i 번째) 추적 물체의 입력영상(아래, p_{Li} 와 p_{Ri})을 나타낸 것이다. 그림 8의 (c)와 (d)는 좌,우측의 이전영상(p'_{Li} 와

p'_{Ri})과 현재 입력영상(p_{Li} 와 p_{Ri})에 대하여 JTC를 수행한 결과를 x, y축 상판도를 한 화면에 3차원적으로 표시한 것이다. 원점으로부터 침두치까지의 거리인 좌표(x_i, y_i) 값이 추적 물체의 현재위치 값이 되어 이 값이 좌,우측 카메라의 주시각 및 팬/틸트 제어값으로 사용된다. 그림 8의 (e)는 그림 8의 (c)와 (d)에서 구

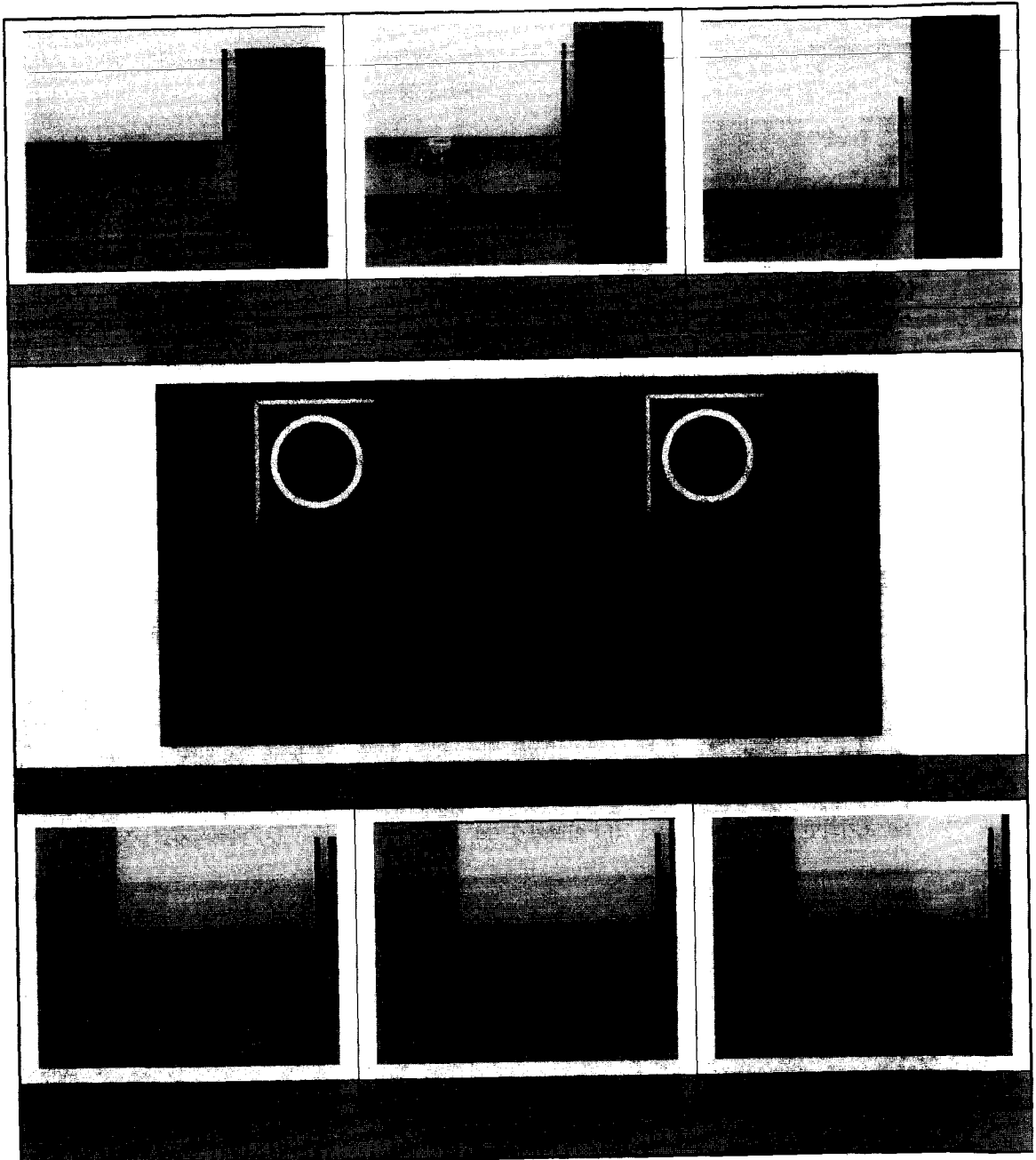


그림 9. 한 프레임에 대한 스테레오 물체추적 과정
 Fig. 9. Processing steps of stereo object tracking for one frame.

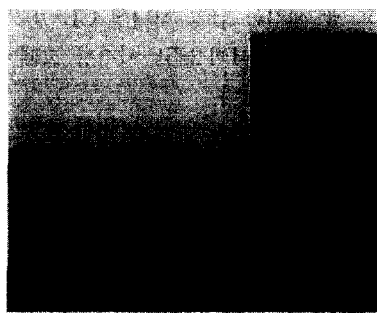
한 제어값을 이용해 이동 물체를 추적하는 과정을 나타낸 것이다. 그림 8에서 좌측 화면은 좌측 카메라의 주시각 (위 화면) 및 팬/틸트(아래 화면) 제어 과정을 나타낸 것이고, 우측 화면은 우측 카메라의 주시각 (위 화면) 및 팬/틸트(아래 화면) 제어 과정을 나타낸 것이다. 그림 8의 (f)는 물체추적 결과를 나타낸 화면이다. 그림 8의 좌측 화면은 주시각 및 팬/틸트 제어 전의 좌,우측 입력 영상을 합성한 영상으로 스테레오 시차가 존재하고 물체가 영상 화면의 중앙에 위치하고 있지 않으며, 우측 화면은 주시각 및 팬/틸트 제어 후의 좌,우측의 입력 영상을 시물레이션을 통해 추적한 합성 영상으로 스테레오 시차가 없고 물체가 항상 화면의 중앙에 위치하고 있어 스테레오 물체추적이 가능하다는 것을 알 수 있다.

그림 9는 한 프레임의 좌,우측 영상을 시물레이터를 통해 얻은 결과를 자세히 나타낸 것이다. 그림 9의 (a)는 추적 전의 입력 영상으로 주시각 및 팬/틸트 제어가 이루어지지 않아 좌,우측 입력 영상의 합성영상에 스테레오 시차가 존재하고 추적 물체가 화면 중앙에 위치하지 않고 있다. 그림 9의 (b)는 JTC를 수행하여 구한 제어값을 이용해 좌,우측 카메라의 주시각

및 팬/틸트 제어 과정을 나타낸 화면이다. 그림 9의 (b)에 위치한 좌측 화면은 그림 9의 (c)과정을 통해 얻은 좌표 값을 사용해 좌측 영상의 주시각 및 팬/틸트 제어 과정을 나타낸 것이고, 그림 9의 (b)에 위치한 우측 화면은 그림 9의 (d)과정을 통해 얻은 좌표 값을 사용해 우측 영상의 주시각 및 팬/틸트 제어 과정을 나타낸 것이다. 그림 9의 (c)는 주시각 및 팬/틸트 제어 후 시물레이션 결과의 영상을 나타낸 것으로 물체추적 후 합성영상에서 좌,우측 카메라의 스테레오 시차가 없으며 추적 물체가 화면의 중앙에 존재한다. 따라서 스테레오 시차가 없으면서 추적 물체가 항상 화면의 중앙에 위치하도록 해야 하는 스테레오 물체 추적기의 구성이 가능해진 것을 알 수 있다.

그림 10은 좌측 카메라로부터 4 프레임의 이동물체를 입력받은 영상으로 이동 물체가 화면의 중앙에 위치하지 않아 추적이 이루어지지 않은 상태를 나타낸 것이다.

그림 11은 그림 10의 입력 영상에서 화면상에 나타나는 이동물체의 실제위치(a)와 시물레이션을 통해 추적한 위치(b)를 나타낸 것이다. 그림 11의 중심좌표 (256, 256)를 화면의 중앙좌표(0, 0)로 놓고, 실제위치



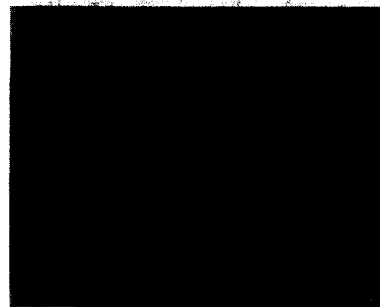
(a) 프레임 1의 좌측영상



(b) 프레임 2의 좌측영상



(c) 프레임 3의 좌측영상



(d) 프레임 4의 좌측영상

그림 10. 이동 물체에 대한 좌측 카메라의 입력영상
Fig. 10. Input images captured by left camera for moving object.

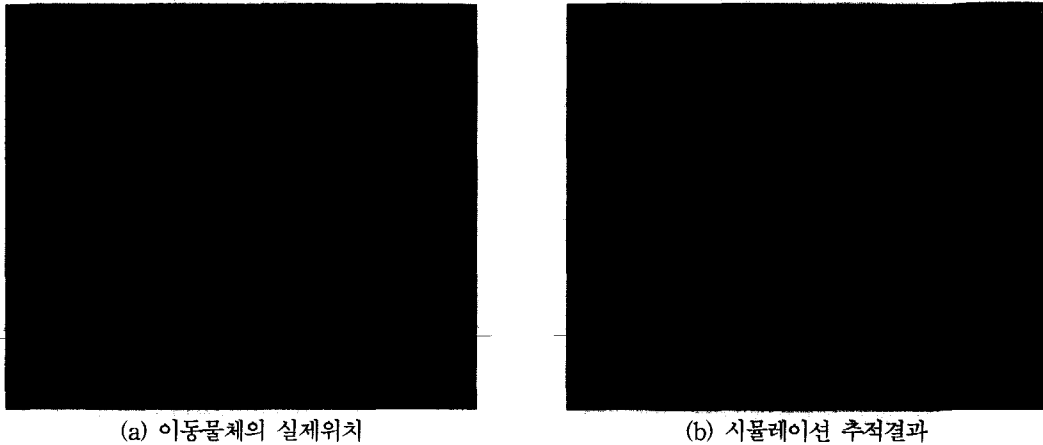


그림 11. 이동물체의 시뮬레이션 추적결과(좌측 카메라)
Fig. 11. Simulation tracking results for moving object(left camera).

좌표를 구해보면 프레임 1(-59, -18), 프레임 2(-28, -38), 프레임 3(96, -27), 프레임 4(98, -27)로 이동했으며, 시뮬레이션 결과도 프레임 1(-60, -15), 프레임 2(-30, -40), 프레임 3(95, -25), 프레임 4(100, -30)로 이동하였다. 그림 13은 여기에 나타나 있지 않지만 우측 카메라로 입력받은 4 프레임 영상에서 화면상의 실제 위치(a)와 시뮬레이션을 통해 추적한 결과(b)를 나타낸 것이다. 그림 11과 12에서 좌,우측 카메라로 입력받은 이동 물체의 화면상 실제 위치와 시뮬레이션을 통해 추적한 결과가 거의 일치함을 볼 수 있다. 따라서 좌,우측 카메라의 입력 영상을 주시각과 팬/틸 제어를 동시에 수행하여 추적함으로써 이동물체가

항상 화면의 중앙에 위치하도록 제어하는 스테레오 물체추적 시스템의 구성이 가능하게 된다.

그림 13은 그림 10의 영상에 대하여 광 JTC로 구현한 것으로 푸리에 입력평면 구성을 위한 공간 광 변조기(SLM:spatial light modulator)는 Epson사의 P13VM215(640×480) 모델인 TFT LCD를 이용하였으며, 광원으로는 He-Ne 레이저를 사용하였다. 그리고 광 세기는 금성 하니웰 GE-103E CCD 카메라로 검출하였고, DT2851 이미지 그래버로써 컴퓨터와 인터페이스 하였다.

그림 13의 (a)는 푸리에 평면의 파워 스펙트럼이고 그림 13의 (b)는 상판 평면에서의 상판 침투치를 보여

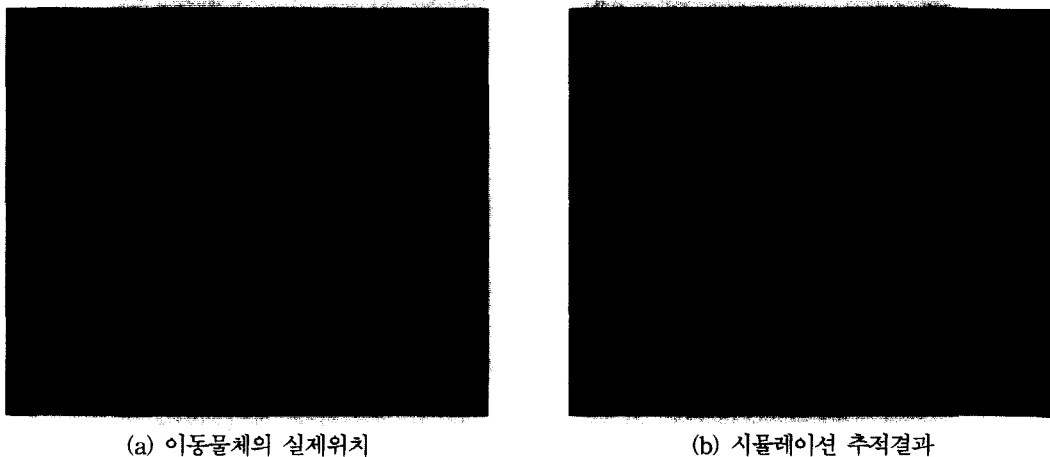


그림 12. 이동 물체의 시뮬레이션 추적결과(우측 카메라)
Fig. 12. Simulation tracking results for right camera: input image(right camera).

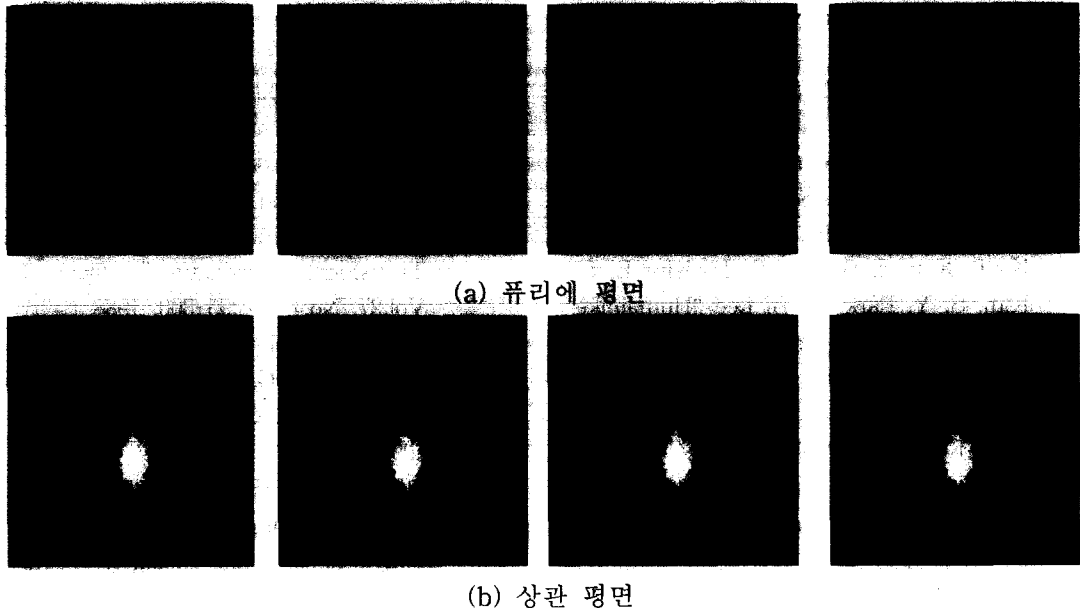


그림 13. 그림 10에 대하여 광 JTC를 이용한 실험결과
 Fig. 13. Experimental results of Fig. 10 using optical JTC.

주고 있다. 그림 13의 (b)에서 중심으로부터 상관 척 두치까지의 거리가 물체의 이동 거리가 된다. 따라서 이 척두치 값의 좌표(x,y)를 구해서 이 값으로 주시각 및 팬/틸트 제어를 통해 물체를 영상의 중심에 일치시킴으로써 스테레오 물체추적이 가능하게 되는 것이다.

치되면 일정한 값으로 나누어 카메라 제어값으로 사용하면 된다. 표 1에 나타난 바와 같이 시뮬레이션 결과와 광학실험 결과가 거의 일치함을 알 수 있다. 표 1에서 (-) 부호는 x-y 좌표에서 이동 물체가 (-)방향으로 이동하였다는 것을 의미한다.

표 1. 시뮬레이션 및 광학실험 결과비교
 Table 1. Comparison of simulation and experimental results.

[단위: Pixel]

-60	-15	-185	-50
-30	-40	-95	-125
95	-25	280	-80
100	-30	295	-100

표 1은 그림 10의 영상에 대하여 시뮬레이션으로 물체의 위치 좌표를 구한 값과 그림 13의 광학 실험을 통해 구한 값을 비교한 것이다. 광학 실험결과가 시뮬레이션 결과의 3배(scale factor)에 해당되는 값을 지니고 있는 것은 CCD에서 수신 할 때 수신 위치에 따라서 배율이 달라지기 때문이며, 실험 장치가 석

V. 결 론

본 논문에서는 스테레오 물체추적 시스템의 새로운 접근방법으로 적응적 물체 추적이 가능한 광 JTC를 이용해 이동 물체를 추적하는 스테레오 물체추적 시뮬레이터를 구현하고 이를 광학적으로 구현한 것과 비교하였다. 그 결과 JTC는 어느 정도의 배경잡음에도 적응적으로 작용하여 정확히 이동물체의 위치 좌표값을 추출 할 수 있었다. 또한 이 값을 이용해 스테레오 카메라의 주시각 제어 및 팬/틸트 제어를 통해 스테레오 물체 추적기의 구성이 가능하고 광 JTC의 광학적 실험을 통해 실시간 스테레오 물체추적 시스템의 구현 가능성을 제시하였다.

참 고 문 헌

[1] T. J. Olson and D. J. Coombs,

- "Real-Time Vergence Control for Binocular Robots," Intl. J. of Computer Vision, Vol.7, No.1, pp.67-89, 1991.
- [2] David Drascic, "An Investigation of Monoscopic and Stereoscopic Video for Teleoperation," *MASc Thesis, Univ. of Toronto, April* 1991.
- [3] K. T. Kim, J. S. Lee, S. H. Kim E. S. Kim, S. Y. Park, Y. B. Lee "Humanlike Stereo Vision System Based on Optical JTC" SPIE Optical pattern recognition Vol.3466, pp.259-266, 1998.
- [4] Y. C. King, C. H. Chuang, and C. J. Kuo, "Parallax Image Capture System for Stereographic Display," Opt. Eng. Vol. 35, No. 6, pp. 1560-1564, 1996.
- [5] Stephen T. Barnard, and william B. Thompson, "Disparity Analysis of Images," IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol PAMI-2, No.4, pp.333-340, July, 1980.
- [6] C. S. Ryu, S. Y. Yi, and E. S. Kim, "Target Tracking System using Optical JTC Peaks and Hopfiled Networks," *IJCNN93*, pp.821-824, 1993.
- [7] B. Javidi and S. F. Odeh, "Multiple Object Identification by Bipolar Joint Transform Correlation," Opt. Eng., Vol.27, No.4, pp.295-300, 1988.
- [8] D. J. Coombs and C. M. Brown, "Cooperative Gaze Holding in Binocular Vision," IEEE Control System, pp.24-33, 1991.
- [9] J. S. Lee, S. H. Kim, K. T. Kim, E. S. Kim, S. Y. Park, and Y. B. Lee, "Stereo Convergence Angle Disparity Extraction of the moving Target using Optical JTC," KITE, Vol.35D, No.12, pp.1235-1243, 1998.

 저 자 소 개

李在洙(正會員) 第35卷 D編 第12號 參照
 현재 광운대학교 전자공학부 대학원
 박사과정 및 김포대학 정보통신과 조
 교수

金恩洙(正會員) 第35卷 D編 第12號 參照
 현재 광운대학교 전자공학부 교수

金奎兌(正會員) 第35卷 D編 第12號 參照
 현재 광운대학교 전자공학부 대학원
 박사과정