스테레오 물체추적을 위한 광 JTC 시뮬레이터

이 용선*, 이 재수**, 김 성호*, 김 규태*, 김 은수*, 박 순용***, 이 용범***

* 광운대학교 전자공학과

** 김포대학 정보통신과

*** 한국원자력연구소 로보트기반 기술팀

Optical JTC Simulator for Stereo Target Tracking

Yong-Sun Lee*, Jae-Soo Lee**, Sung-Ho Kim*

Kyu-Tae Kim*, Eun-Soo Kim*, Soon-Yong Park***, Yong-Bum Lee***

* Dept. of Electronic Eng., Kwangwoon University

** Dept. of Information & Communication, Kimpo College

*** Development of Stereo Imaging Systems in KAERI

요 약

스테레오 물체추적 시스템은 스테레오 비젼 시스템의 입체 영상에서 나타나는 스테레오 시차를 없애 주는 주시각 제어와 이동 물체를 영상의 중앙에 위치시키기 위한 팬/틸트 제어를 통해 이동 물체를 추적하게 된다. 본 논문에서는 스테레오 물체추적 시스템의 새로운 접근방법으로 적응적 물체 추적이 가능한 광 JTC를 이용해 이동 물체를 추적하는 스테레오 물체추적 시뮬레이티를 구현하였다. 이를 이용하여 여러 종류의 입력 영상에 따른 광 JTC의 추적 결과를 분석하여 실험 결과를 예측할 수 있었으며, 이를 광학적으로 구현할 경우 배경 잡음에 강하고 실 시간적 물체 추적이 가능한 스테레오 물체추적 시스템을 구현할 수 있음을 제시하였다.

Ⅰ. 서 론

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. 스테레오 카메라는 사람의 눈과 비슷한 간격으로 평행하게 배치된 두 대의 카메라가 사용되며, 이들로부터 획득한 좌, 우 영상의 양안시차는 관측자에게 입체감을 느끼게 하는 반면, 좌,우 영상의 시점 불일치로 인한 스테레오 시차는 사람의 눈을 피로하게 된다. 따라서 스테레오 물체추적 시스템은 2차원 물체추적 시스템과는 달리 물체를 추적하는 동시에 사람의 눈동자와 같이 물체의 거리에 따라 카메라의 주시각을 제어하는 기능을 가지고 있어야 한다. 이와 같은 주시각 제어는 관측대상 물체에 좌,우 각 카메라의 시점을 일치시키는 것으로써 이동 물체에 따라 좌,우 영상의 스테레오 시차를 0으로 유지하는 것이다. 또한 스테레오 물체 추적기는 관측대상 물체에 좌.우 카메라의 시점을 고정시키는 카메라 주시각 제어기능 이외에 추적 물체가 화면의 중앙에 항상 위치하도록 스테레오 카메라의 관측 방향을 제어할 수 있는 팬/틸트 기능을 가지고 있어야한다.

일반적으로 물체 추적기에서 많이 쓰이는 방법에는 무게 중심법(centroid tracking method)과 정합법인 JTC(joint transform correlation)가 있다. 일반적인 2D 물체 추적에 사용되는 알고리즘을 스테레오 물체 추적에 그대로 적용할 수 있으며, 무게 중심법이나 정합법을 이용한 영상 처리의 경우 물체의 좌표(x,y)를 구해낼 수 있으므로 주시각과 팬/틸트를 동시에 제어할 수 있다. 무게 중심법은 이동 물체를 배경 영상과 분리하여 물체의 무게 중심을 구하는 방법으로 이동 물체와 배경 영상과의 분할이 추적기의 성능을 좌우하게된다. 반면에 정합법인 JTC는 이동 물체의 영상에서 상관도

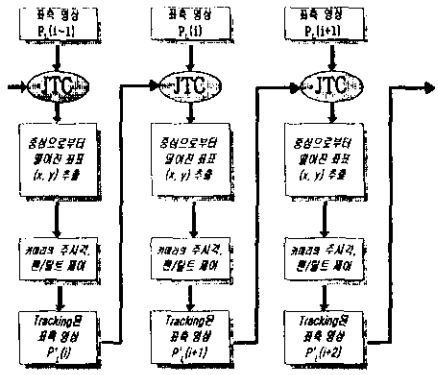
를 이용하여 이동 변위를 추출하는 방법으로 배경 잡음에도 비교적 안정된 추적기를 구성할 수 있지만, 영상 정합시 계산량이 많아 속도가 떨어지는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 스테레오 물체 추적을 위한 새로운 접근 방법으로 적응적 물체 추적이 가능한 JTC를 이용하여 이동 물체의 좌표를 구하여 주시각과 팬/틸트를 동시에 제어할 수 있는 스테레오 물체추적 방법을 제시하고, 광 JTC를 이용한 스테레오 물체추적 시스템의 성능 분석이 가능한 스테레오 물체추적 시뮬레이터를 제시하고자 한다.

II. 스테레오 물체추적 시스템

사람의 시각 구조를 살펴보면, 사람의 눈동자가 물체의 거리에 따라 벌어졌다 좁아지는 기능과 움직이는 물체에 따라 사람의 눈이 부드럽게 움직여 추적하는 기능을 이용해 물체를 추적한다. 물체추적 시스템에서는 전자를 모방한 것이 주시각 제어기능이고, 후자를 모방한 것이 팬/틸트의 움직임이다. 따라서 스테레오 시차가 0이 되도록 이동 물체의 주시각을 제어하면서 추적 물체가 영상의 중앙에 위치하도록 하여 스테레오 물체 추적기를 구성할 경우에는 움직이는 물체에 대한 동적인 스테레오 추적 시스템을 매우 효율적으로 구성할 수 있다. 스테레오 추적 시스템에서 물체가 이동하는 경우 스테레오 카메라를 이용하여 영상내에서 관측 이동 물체의 위치 를 추출하여 카메라의 주시각 및 팬/틸트를 제어를 통해 카메라의 시야에 이동 물체가 항상 놓이도록 해야 한다. 스테레오 영상 시스템에서 물체 추적을 위해서는 주시각 제어 값과 팬/틸트 제어 값을 추출하여야 하는데, 주시각 제어값의 경우 스테레오 시차를 추출하여 구할 수 있으며, 팬/틸트 제어값의 경우 이동 물체의 위치 좌표값을 추출하여 구할 수 있다. 스테레오 영상 처리로 스테레오 시차만 바로 추출해 내는 경우에는 물체의 위치 정보를 따로 구해 주어야 하는 반면에 이동 물체의 중심좌표를 구하는 알고리즘을 적용하는 경우 주시각 제어를 위한 스테레오 시차 성분과 팬/틸트 제어를 위한 값을 동시에 구할 수 있는 장점이 있다.

III. 광 JTC를 이용한 Stereo 물체추적 Simulator

그림 1은 이동 물체를 좌,우측 카메라로부터 입력받아 JTC를 이용해 추적해가는 개념도를 나타낸 것으로 좌.우측 카메라의 입력 영상이 각각 독립적으로 병행하여 수행함으로써 물체를 추적하게 된다.



(a)

그림 1. JTC를 이용한 스테레오 물체추적 개념도(좌측 카메라)

그림 1의 개념도를 보면, 이전영상(P(i-1))을 입력받아 추적하여 주시각 및 팬/틸트가 제어된 영상(물체가 영상의 중심에 위치, P'(j))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 2는 좌측 카메라에 대한 광 JTC 시스템의 구성도를 나타낸 것이다. 그림 2에서 퓨리에 입력 평면(SLM1: Spatial Light Modulator 1)은 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 스테레오 물체 추적기가 된다.

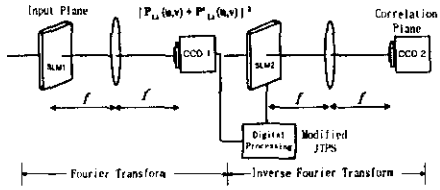


그림 2. 광 JTC 시스템의 구성도

식(1)과 식(2)는 연속적으로 입력되는 좌측 영상을 수식으로 나타낸 것이다. 식(1)은 좌측 카메라에서 (i-1)번째의 영상을 추적하여 물체를 중앙에 위치시킨 기준

영상(p'_{Li})을 나타낸 것이고, 식(2)는 i번째의 현재 이동 물체의 입력 영상으로 비교영상(p_{Li})을 나타낸 것이다. 또한 우측 카메라 영상도 좌측 카메라와 동일한 방법을 사용해 물체를 추적할 수 있으므로 여기에서는 좌측 카메라의 물체 추적에 대해서만 설명할 것이다.

$$\text{기준 영상} : p'_{Li}(x, y) \tag{1}$$

$$\text{비교 영상} : p_{Li}(x-x_i, y-y_i) \tag{2}$$

이 때 하나의 입력평면(p_{Li})과 기준평면(p'_{Li})을 동시에 퓨리에 변환한 광 간섭 세기분포를 식(3)으로 나타낼 수 있으며 이것을 JTPS(joint transform power spectrum)라 한다.

$$\begin{aligned} E_{JTC}(u,v) &= |P'_{Li}(u,v)+P_{Li}(u,v)|^2 \\ &= |P'_{Li}(u,v)|^2+|P_{Li}(u,v)|^2 \\ &\quad +P'_{Li}(u,v)\,P^*_{Li}(u,v) \\ &\quad +P'^*_{Li}(u,v)\,P_{Li}(u,v) \end{aligned} \tag{3}$$

식(3)에서 $P'_{Li}(u,v)$는 좌측 카메라에서 (i-1)번째의 영상을 추적하여 물체를 중앙에 위치시킨 기준영상(p'_{Li})의 퓨리에 변환이고, $P_{Li}(u,v)$는 i 번째의 현재 입력 영상인 비교영상(p_{Li})의 퓨리에 변환이다. (u,v)는 퓨리에 공간좌표를 나타내며, *은 복소 공액을 나타낸다. 식(3)을 다시 역 퓨리에 변환하면 두 영상간(이전의 추적된 영상과 현재의 이동물체 영상)의 최종 상관 첨두치로 나타나 이들로부터 이동 물체의 위치좌표(x,y)를 얻을 수 있다. 따라서 이동 물체의 위치좌표 값, 즉 두 영상간의 상대적 위치(x,y)를 구하여 이를 주시각 제어값 및 팬/틸트 제어값으로 사용하면 이동 물체의 스테레오 추적이 가능하게 된다

Ⅳ. Simulation 및 결과 분석

그림 3은 광 JTC를 이용한 스테레오 물체 추적기의 구성도이다. 좌.우측 각 카메라의 입력영상으로부터 디지털 처리 및 JTC 과정을 수행하여 주시각 제어값 및 팬/틸트 제어값을 구한 후, 이 값을 제어기 입력으로 사용하여 좌,우측 카메라의 주시각 및 팬/틸트를 제어함으로써 스테레오 물체 추적을 하게된다. 즉, 광 JTC를 이용해 이동 물체의 위치좌표(x,y) 값을 추출하여 추출된 위치 좌표값을 주시각 제어값 및 팬/틸트 제어값으로 사용하면 이동 물체의 스테레오 추적이 가능하게 된다

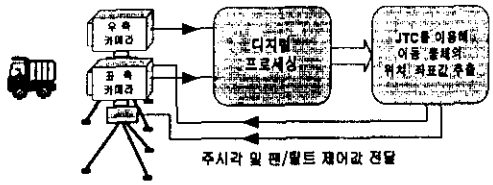
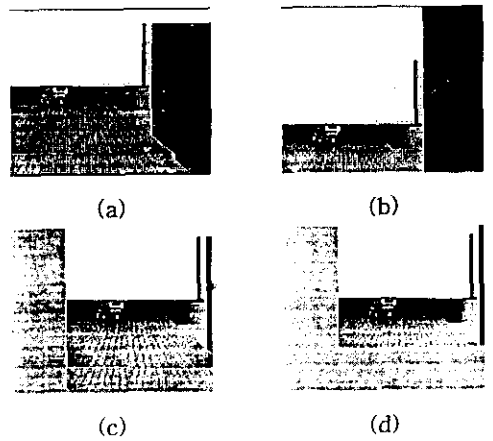


그림 3. 광 JTC를 이용한 스테레오 물체 추적기의 구성도

그림 4는 한 프레임의 좌,우측 영상을 시뮬레이터를 통해 얻은 결과를 자세히 나타낸 것이다. 그림 4의 (a)와 (b)는 추적 전의 입력 영상이고 그림 4의 (e)는 주시각 및 팬/틸트 제어가 이루어지지 않아 스테레오 시차가 존재하는 합성영상을 나타낸다. 그림 4의 (c)와 (d)는 주시각 및 팬/틸트 제어 후 시뮬레이션 결과의 영상을 나타낸 것이다. 그리고 그림 4의 (g)는 JTC를 수행하여 스테레오 시차를 구한 제어값을 이용해 좌,우측 카메라의 주시각 및 팬/틸트 제어 과정을 나타내며, 그림 4의 (f)는 추적 후 합성영상으로 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 것이다.



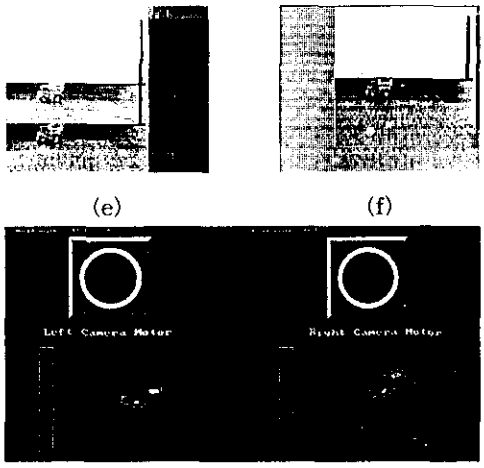


그림 4. 입력 영상의 물체추적 시뮬레이션 결과

그림 5는 좌측 카메라로 입력받은 4 프레임 영상에서 화면상의 실제 위치(a)와 시뮬레이션을 통해 추적한 결과(b)를 나타낸 것으로 카메라로 입력받은 이동 물체의 화면상 실제 위치와 시뮬레이션을 통해 추적한 결과가 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 가능하게된다.

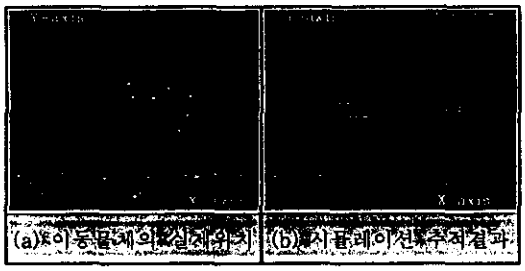


그림 5. 좌측카메라로 입력받은 이동물체의 시뮬레이션 추적결과

V. 결 론

이동 물체의 주시각을 제어하면서 팬/틸트 제어를 통해 추적 물체가 항상 영상의 중앙에 위치하도록 제어하는 것이 스테레오 물체추적 시스템이다. 본 논문에서는 스테레오 물체추적 시스템의 새로운 접근방법으로 적응적 물체 추적이 가능한 광 JTC를 이용해 이동 물체를 추적하는 스테레오 물체추적 시뮬레이터를 구현하였다. 그 결과 JTC는 어느 정도의 배경잡음에도 적응적으로 작용함으로 인해 정확히 이동물체의 위치 좌표값을 추출 할 수가 있었으며, 이 값을 이용해 스테레오 카메라의 주시각 제어 및 팬/틸트의 제어를 통해 스테레오 물체 추적기의 구성이 가능함을 알 수 있었다.

참고문헌

[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 Monosopic and Stereoscopic Video for Teleopration", *MASc Thesis, Univ. of Toronto, April 1991*

[3] Stephen T. Barnard,and william B. Thompson, " Disparity Analysis of Images", IEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence , Vol Pami-2 , NO.4, pp.333-340, July, 1980

[4] G. G. Mu, X. M. Wang and Z. Q. Wang, "Amplitude-compensated matched filtering," Appl Opt., vol.27, no.16, pp.3461-3463, 1988

[5] C. S. Ryu, S. Y. Yi, and E. S. Kim, "Target tracking system using optical JTC peaks and Hopfiled networks." *IJCNN*93, pp.821-824, 1993

[6] B. Javidi and S. F. Odeh, "Multiple object identification by bipolar joint transform correlation," Opt. Eng., vol.27, no.4, pp.295-300, 1988.

[7] S. Y. Yi, C. S. Ryu, and E. S. Kim, "Multitarget tracking system based on BPEJTC and neural data association algorithm" SPIE Optical pattern recognition V, Vol.2237, pp.283-293, 1994

[8] Sang-Yi Yi, and Eun-Soo Kim, "A BPEJTC-based Segmentation for a Nonstationary Image," Opt. Comm., vol.23, pp716-724, 1996

[9] D. J Coombs and C. M. Brown, "Cooperative Gaze Holding in Binocular Vision," IEEE Control System, pp.24-33, 1991.