

論文2001-38CI-5-8

시차 보정에 의한 수평이동방식 입체카메라의 자동제어

(Automatic Control of Horizontal-moving Stereoscopic Camera by Disparity Compensation)

權 技 徹 *, 李 容 範 *, 崔 英 洙 **, 許 慶 茂 ***, 金 南 ****

(Ki-Chul Kwon, Yong-Bum Lee, Young-Soo Choi, Kyung-Moo Huh, and Nam Kim)

요 약

본 논문에서는 주시각과 초점을 동시에 제어할 수 있는 수평이동방식 입체카메라를 설계/제작하고, 이를 자동으로 제어하기 위한 시차정보 추출 알고리즘을 제안하였다. 먼저 수평이동방식 입체카메라의 기하학적 구조를 분석하여 주시각과 초점 제어량 사이의 선형관계를 도출하였으며, 이를 근거로 주시각과 초점이 동시 제어되는 입체카메라를 설계/제작하였다. 그리고, 1차원 Cepstrum 필터를 이용한 시차정보 추출 알고리즘을 적용하여, 주시각과 초점이 동시에 자동 제어되는 입체카메라 시스템을 구현하였다. 제안한 알고리즘은 기존의 알고리즘에 비해 시차 추출시간 및 에러율을 크게 줄여 자연스럽게 선명한 입체영상을 획득할 수 있게 하였으며, 입체카메라 조작을 단순화시킴으로서 사용자의 편리성을 추구하였다.

Abstract

The purpose of this study is to suggest Vergence Information Extracting Algorithm(VIEA) which enables quick and accurate vergence information achievement for automation of vergence and focus control of horizontal-moving stereoscopic camera. Firstly, for this purpose, the geometric structure of horizontal-moving stereoscopic camera device was analyzed and linear relation between the vergence and the focus control. Then stereoscopic camera was designed and produced with the application of vergence and focus relation formula. Finally, VIEA that uses Cepstrum filter was employed to implement Automatic Vergence and Focus Controlling Stereoscopic Camera System(AVFCSCS). VIEA showed lower vergence achievement time and error ratio in comparison with existing algorithms. The suggested system in this study substantially reduced the controlling time and error-ratio as to make it possible to achieve natural and clear images. It also simplified the handling of stereoscopic camera for the convenience of end-users.

* 正會員, (주)후후

(3-Dimension Neuro Digital HUUU co., Ltd.)

** 正會員, 韓國原子力研究所

(Korea Atomic Energy Research Institute)

*** 正會員, 檀國大學校 電子工學科

(Dept. of Electronic Eng Dankook University)

**** 正會員, 忠北大學校 情報通信工學科

(Dept. of Information & Communication Eng
Chungbuk University)

接受日字:2001年6月13日, 수정완료일:2001年7月20日

I. 서론

인간은 관심물체를 바라볼 때, 두 눈의 망막중심에 관심물체가 맺히도록 주시각을 제어하는 동시에 선명한 영상을 얻기 위해 수정체의 두께를 조절하는 초점 제어를 한다[1]. 이러한 인간의 시각기능과 같은 입체 시각장치의 개발은 컴퓨터 시각의 궁극적인 목표이므로 시각장치 모델에 대한 이론적 해석을 바탕으로 한 개발이 절실히 요구되어진다.

입체영상을 획득하는 입체카메라는 일반적으로 두 대의 카메라를 사용하며, 인간의 시각기능과 같이 자연스럽게 선명한 입체영상을 볼 수 있게 하는 주요한 요인인 주시각 및 초점 제어가 가능하여야 한다. 주시각 제어란 관측물체의 위치에 따라 두 눈의 눈동자를 움직여 항상 관심물체를 망막중심에 맺히도록 하는 것을 말한다. 주시각과 초점 제어가 되도록 고안한 입체 카메라 방식에는 수평이동식과 교차식의 두 가지 방식이 있다[2]. 수평이동식 입체카메라는 교차식 입체카메라에 비해 획득되는 입체영상에 대한 왜곡이 적고, 주시각과 초점간에 선형관계를 가지고 있어 자연스럽게 선명한 입체영상 획득 및 자동화에 유리한 장점을 가지고 있다^[3].

양안 입체카메라의 자동화와 관련된 연구로는 M. Tanaka, N. Maru의 ZDF(Zero Disparity Filtering)와 Correlation을 사용한 연구, D. Coombs와 J. Taylor 등이 영상의 Cepstrum 필터를 적용한 연구 등이 있다^[4, 5]. 최근 입체영상에 관련된 연구들은 입체영상 관측에 목적을 두는 것이 아니라 입체영상의 시차정보를 이용한 입체영상의 압축 및 전송에 관한 연구와 두 대의 CCD센서를 사용한 물체 추적에 관한 연구들이 대부분이다.

본 논문에서는 인간의 시각과 같이 자연스럽게 선명한 실시간 입체영상 획득을 위한 입체카메라의 자동제어에 관해 기술한다. 제2절에서는 수평이동방식 입체카메라의 기하학적 구조를 분석하여 주시각 제어량과 초점 제어량 간의 근사화된 비례 관계식을 유도하고, 관계식을 적용한 수평이동방식 입체카메라 시스템의 구현에 관해 기술한다. 제3절에서는 본 논문에서 제안한 좌, 우 영상의 프로젝션 데이터를 입력으로 하는 1차원 Cepstrum 필터를 사용한 시차정보 추출 알고리즘과 추출된 시차 값을 이용한 수평이동방식 입체카메라의 자

동제어에 관해 자세히 기술한다. 제4절에서는 구현된 수평이동방식 입체카메라의 특성에 관한 실험과 결과, 제안한 알고리즘의 성능평가를 기술하며, 제5절 결론에서는 제안한 자동제어 알고리즘과 구현된 카메라의 미비점 및 향후의 보완 방안에 대해 차례로 기술한다.

II. 수평이동방식 입체카메라

1. 수평이동방식 입체카메라

수평이동방식 입체카메라는 좌, 우 카메라의 렌즈와 CCD센서를 분리하여 렌즈를 앞뒤로 이동시켜 초점 제어를 하고, CCD센서를 수평으로 이동시켜 주시각을 제어하도록 설계되어 있다[3]. 좌, 우 CCD센서를 렌즈에 대하여 서로 대칭적으로 이동시킴으로써 CCD센서에 맺히는 영상 또한 대칭으로 이동하게 되어 입체영상의 시차를 조절할 수 있다. 따라서 교차식 입체카메라에 의해 획득된 입체영상과는 달리 키스톤 왜곡(keystone distortion)이나 심도면 왜곡(depth plane curvature)같은 주시각 제어에 의해 나타나는 왜곡이 발생하지 않으며, 렌즈의 초점과 주시각을 동시에 제어할 수 있는 장점이 있다^[2].

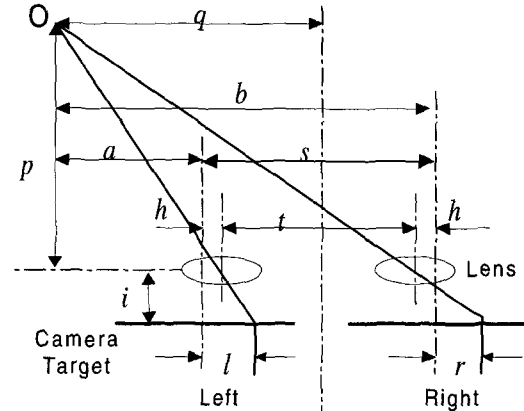


그림 1. 수평이동방식 입체카메라의 기하학 구조
Fig. 1. Geometry of Horizontal-moving Axis Stereoscopic Camera.

주시각 제어는 렌즈나 CCD센서를 이동하여 관심물체가 양안의 중심에 오도록 함으로써 배경과 관심물체간에 깊이감(depth)을 느끼게 해준다. 그림 1의 수평이동방식 입체카메라의 기하학적 표현으로부터 좌, 우 영상센서에 맺히는 관심물체의 좌표 O에 대한 양안시차

l-r은

$$l-r = 2h - \frac{it}{p} \tag{1}$$

와 같이 표현된다. 여기서 p는 물체 O까지의 수직거리, t는 두 렌즈 사이의 간격, h는 주시각 제어를 위한 렌즈의 수평 이동량, i는 영상센서와 렌즈사이의 거리, f는 렌즈의 초점거리이다. 수평이동방식 입체카메라로 자연스러운 입체영상을 획득하기 위해서는 관심물체에 대한 시차 값이 0이 되도록 좌, 우 CCD센서를 움직여야 한다. 즉 식(1)에서 l-r=0이 되어 좌, 우 영상에서 관심물체의 중심좌표가 동일한 위치에 있게되어

$$p = \frac{it}{2h} \tag{2}$$

와 같은 조건의 식을 만족해야 함을 의미한다. 그리고 선명한 영상을 얻기 위해서는 영상센서와 렌즈간의 거리가 렌즈의 공식

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{i} + \frac{1}{p} \tag{3}$$

을 만족해야 한다. 식(2)에서 렌즈와 영상센서 사이의 거리 i를 식(3)의 i로 대치하면 렌즈의 이동변위 h는

$$h = \frac{it}{2p} = \frac{(-\frac{fp}{p-f})t}{2p} = \frac{fs}{2p} \tag{4}$$

와 같이 표현된다. 여기서 i = fp/(p-f), t = (s-2h), 그리고 s는 두 영상센서 사이의 거리이다. 일반적으로 s는 인간의 좌, 우 눈 사이의 간격인 약 65mm 정도로 하였을 때 가장 자연스러운 입체영상을 획득할 수 있다 [2]. 식(4)을 통해 수평이동방식 입체카메라의 초점 제어를 위한 영상센서와 렌즈간의 거리 변화량 di와 주시각 제어를 위한 CCD센서의 수평 이동량 dh의 관계는

$$\frac{dh}{di} = -\frac{s(p-f)^2}{2fp^2} \tag{5}$$

과 같이 구해질 수 있다.

일반적으로 영상관측에 사용되는 상용렌즈의 초점거리 f는 6~25mm정도이며 물체까지의 거리 p는 500mm 이상이다. 이 경우 관측거리는 초점 거리에 비하여 20배 이상의 큰 값을 가지므로 식(5)을 근사화 하여

$$\text{if}(p \gg f) \quad \frac{dh}{di} \approx \frac{s}{2f} \tag{6}$$

와 같이 표현할 수 있다. 여기서 입체카메라의 좌, 우 CCD간의 간격 s를 인간의 두 눈 사이의 간격인 65mm로 하였을 때 인간이 보는 것과 같은 자연스러운 입체영상을 획득할 수 있다.

식(6)에서 s와 f는 상수이므로 입체카메라는 자연스럽게 선명한 입체영상을 얻기 위한 주시각과 초점간에 비례적인 관계를 가짐을 알 수 있다^[3]. 이 비례관계에 의해 수평이동방식 입체카메라의 초점과 주시각 중 한 요소만을 제어함으로써 동시에 두 요소가 제어되어 자연스럽게 선명한 입체영상을 획득할 수 있음을 의미한다.

2. 수평이동방식 입체카메라

앞 절에서 도출된 주시각과 초점의 비례관계를 이용하여 수평이동방식 입체카메라를 제작하였다. 좌, 우 CCD센서를 수평방향으로 벌리거나 오므려 주시각 제어가 되도록 설계하였으며, 주시각 제어가 될 때, 동시에 CCD센서와 렌즈간 거리를 변화시켜 초점이 제어되도록 설계하였다.

그림 2와 3은 각각 수평이동방식 입체카메라의 주시각과 초점이 동시에 제어할 수 있도록 설계한 개념도와 제작된 입체카메라를 보여준다. 입체카메라의 구성은 크게 한 쌍의 렌즈 및 CCD센서, 주시각 제어용 캠, 초점 제어용 캠, 그리고 구동 모터로 되어있다. 입체카메라의 주시각과 초점의 동시제어를 위해 주시각 제어용 캠과 초점 제어용 캠간에 구동범위를 2:1이 되도록 제작하였다. 모터와 연결된 원주형 캠은 CCD센서의 수

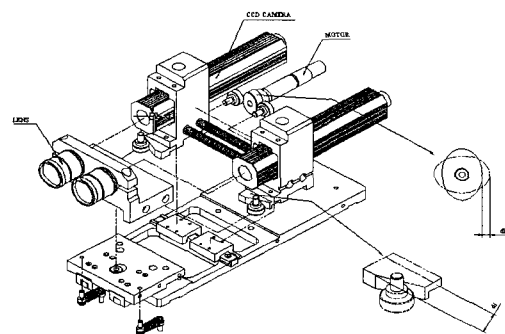


그림 2. 수평이동방식 입체카메라의 주시각 및 초점의 동시제어 개념도
Fig. 2. Concept of vergence and focus control in Horizontal-moving axis stereoscopic camera.

평이동을 위한 주시각 제어용이며, CCD센서 아래에 부착된 직선형 캠은 CCD센서와 렌즈의 간격을 조절하여 초점 제어를 할 수 있도록 설계하였다. 주시각 제어를 위해 구동모터를 회전시켰을 때, 주시각 제어용 캠의 회전에 의해 좌, 우 CCD센서는 수평으로 벌어지거나 좁혀져 주시각이 제어되며, 동시에 CCD센서와 붙어있는 초점 제어용 캠의 수평이동에 의해 좌, 우 렌즈와 CCD센서의 간격이 조절되어 초점이 제어되도록 하였다.

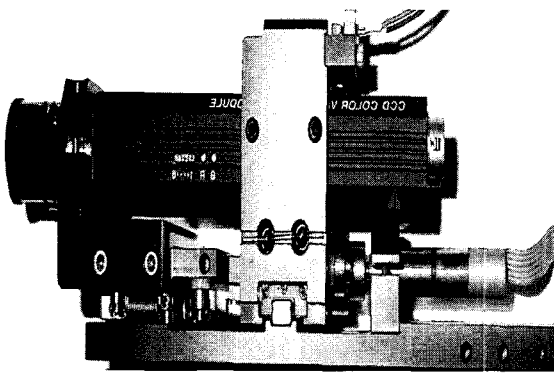


그림 3. 수평이동방식 입체카메라
Fig. 3. Horizontal-moving stereoscopic camera.

III. 주시각 및 초점의 자동제어 알고리즘

II 절에서 도출한 식(6)을 만족하도록 제작한 수평이동방식 입체카메라를 사용하여 입체영상을 획득할 때, 자연스럽고 선명한 입체영상 획득을 위해 주시각과 초점 중 한 요소를 제어해 주어야 한다. 시차정보를 이용한 주시각 제어는 초점 제어 보다 모터의 회전 방향 및 위치결정에 유리하고, 수행시간을 단축시킬 수 있다.

수평이동방식 입체카메라는 구동시 좌, 우 CCD센서를 항상 수평으로 이동시키기 때문에 수직시차 값은 항상 0이 된다. 따라서 획득되는 좌, 우 영상의 수평시차 값만을 0에 가깝게 해줌으로써 주시각을 제어할 수 있다. 본 논문에서는 획득되는 입체영상의 수직프로젝션 데이터에서 수평시차 값(dh)을 빠르고, 정확하게 추출하기 위해 1차원 Cepstrum 필터를 이용한 시차정보 추출 알고리즘을 제안하고, 이를 입체카메라의 자동제어를 위해 사용하였다.

Cepstrum 연산자는 반복성분 검출에 사용되는 자기상관(auto correlation) 보다 효과적인 방법으로써 입력

신호의 파워 스펙트럼에 로그함수를 취하여 다시 파워 스펙트럼을 적용한 것으로 정의되며

$$C_p = F^{-1}[\log |X(f)|^2] \quad (7)$$

로 표현된다^[9]. 여기서, $|X(f)|^2$ 는 데이터 $x(t)$ 의 파워 스펙트럼이다. 만약, 데이터 $x(t)$ 가 신호 $q(t)$ 와 지연된 신호 $q(t-\tau)$ 의 합성된 경우라면 $x(t)=q(t)*r(t)$ 로 표현할 수 있다. 여기서 $r(t)$ 은

$$r(t) = \delta(t) + \delta(t-\tau) \quad (8)$$

로 정의되며, 이때 파워 스펙트럼은

$$|X(f)|^2 = |Q(f)|^2 |R(f)|^2 \quad (9)$$

이며, 대수를 취하면

$$\log |X(f)|^2 = \log |Q(f)|^2 + \log |R(f)|^2 \quad (10)$$

가 되며, 대수를 취함으로써 두 파워스펙트럼을 분리할 수 있고 또, 식(7)을 적용하면

$$C_{PX}(t) = C_{PQ}(t) + C_{PR}(t) \quad (11)$$

가 되므로, 파워 Cepstrum으로 반복되는 두 신호를 분리할 수 있음을 알 수 있다. 입체영상에서 시차정보는 좌 영상에 대한 우 영상의 반복성분이므로 Cepstrum 연산자를 사용해 시차정보를 검출할 수 있다.

본 논문에서 제안한 1차원 Cepstrum 필터에 의한 입체영상의 시차정보 추출 알고리즘은 그림 4의 블록 다이어그램과 그림 5의 알고리즘 수행 과정의 그래프로 설명할 수 있다.

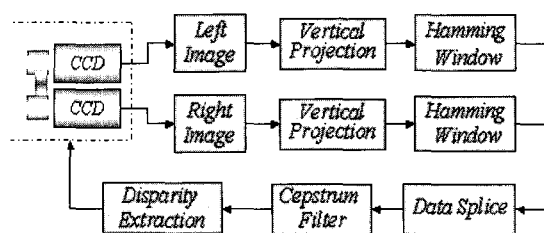


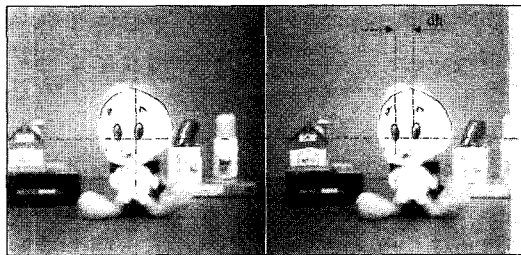
그림 4. 시차정보추출 블록다이어그램
Fig. 4. Disparity info. extraction block diagram.

제안된 알고리즘은 전처리 과정으로 입체카메라에서 획득된 좌, 우 영상에 대해 각각 수직프로젝션 데이터

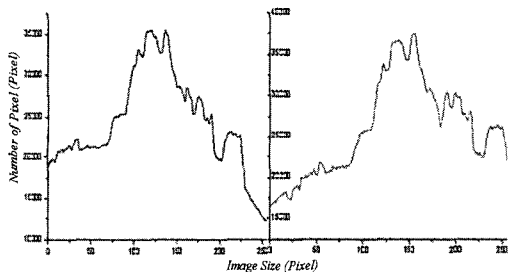
를 추출하고 이에 대해 Hamming Window필터처리 과정을 수행한다. 다음은 전처리 과정을 거친 좌, 우 프로젝트 데이터를 연결하고 Cepstrum필터를 적용시킨다. 마지막으로, Cepstrum필터의 처리결과를 분석하여 시차 값을 결정한다.

그림 5(a)는 수평이동방식 입체카메라를 사용하여 획득한 좌, 우 영상이다. 좌 영상의 중심을 기준으로 우 영상의 관심물체가 수평으로 수평시차 값(dh) 만큼 이동되어 획득되는 것을 알 수 있다. 그림 5(b)는 획득된 좌, 우 영상 각각에 대해 수직방향으로 프로젝션을 취한 결과를 보여준다. 그림 5(c)는 영상의 중심을 강조하기 위한 Hamming Window 필터처리 과정을 수행한 결과이다^[7]. 그림 5(d)는 전처리 과정을 거친 좌, 우 프로젝트 데이터를 연결한 후 Cepstrum 연산자를 적용시킨 결과를 보여준다. 결론적으로, 시차정보는 좌, 우 대칭되는 최고값의 픽셀좌표로 나타난다. 즉 수평시차 값은 그림 5(d)의 그래프에서 좌, 우 대칭 되는 최고 값의 픽셀좌표 값을 찾음으로써 구해진다. 알고리즘 설명을 위해 사용된 좌, 우 영상은 각각 256×256 크기이다. 때문에, 좌, 우 프로젝트 데이터를 연결하면 512개의 데이터가 되며, 수평시차 값의 최대 크기는 128 픽셀이 된다.

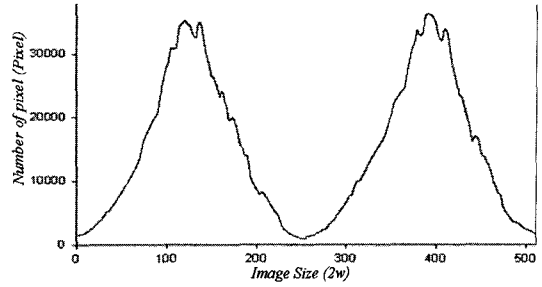
수평이동방식 입체카메라의 주시각 및 초점 제어의 자동화를 위해 적당한 허용 시차 값으로 임계값을 정의하고, 제안한 시차정보 추출 알고리즘에 의해 시차



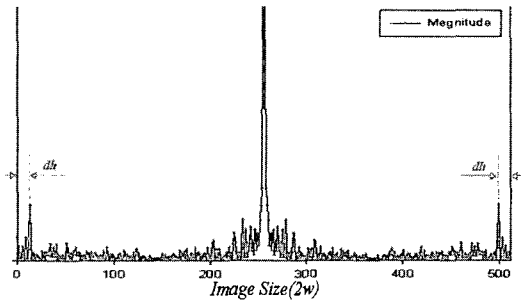
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 5. 입체영상 시차정보 추출 알고리즘

(a) 좌, 우 입체영상, (b) 좌, 우 영상의 수직프로젝션 그래프, (c) Hamming Window 적용 결과 그래프, (d) (c)에 대한 Cepstrum 연산자의 결과 그래프

Fig. 5. Process of disparity extraction in stereoscopic images.

(a) Stereoscopic image, (b) Graph for vertical projection of left&right image, (c) Result graph of hamming window processing, (d) Cepstrum result graph

값을 추출한 후 임계값과 비교하여 임계 값보다 큰 값일 경우 주시각 및 초점 제어를 위한 모터를 구동시켜 임계 값보다 낮게 시차 값을 유지시키게 한다. 이러한 과정을 반복 수행시킴으로써 항상 주시각과 초점이 제어되어 자연스럽게 선명한 입체영상을 획득할 수 있다.

IV. 실험 및 결과

본 절에서는 수평이동방식 입체카메라의 주시각과 초점 제어의 관계특성에 관한 실험과 1차원 Cepstrum 필터를 사용한 시차정보 추출 알고리즘의 성능평가, 그리고 주시각 및 초점의 자동제어 구현에 대한 실험과 결과에 대해 기술한다.

수평이동방식 입체카메라의 주시각과 초점 제어의

관계 특성실험을 위해 입체카메라의 주시거리를 1.2m로 고정시키고 관심물체를 0.6m에서 1.8m까지 0.3m씩 이동시켜 좌, 우 각각의 영상을 획득하고, 시차 값과 초점량을 측정하였다.

시차 값은 획득된 각각의 좌, 우 영상에 대해 본 논문에서 제안한 시차정보 추출알고리즘을 사용하였으며, 주시각 제어가 되었을 때 가장 낮은 시차 값을 나낸다. 그리고 초점량은 각각의 실험영상에 대해 SMD(Sum Modulus Difference)값으로 측정하였다. SMD 값은

$$SMD = \sum_{i=2}^N |x_i - x_{i-1}| \quad (12)$$

로 표현되며, 선명한 영상일수록 높은 값을 갖는다^[8].

그림 6은 수평이동방식 입체카메라의 주시각과 초점 제어의 관계특성은 그래프로 보여준다. 주시거리와 물체거리가 동일한 위치 즉 1.2m일 때, 가장 낮은 시차 값과 가장 높은 초점량이 나타남을 확인할 수 있다. 실험에서 수평이동방식 입체카메라는 주시각 혹은 초점 중 한 요소가 제어되었을 때 동시에 나머지 한 요소가 제어되는 특성이 있음을 확인할 수 있다.

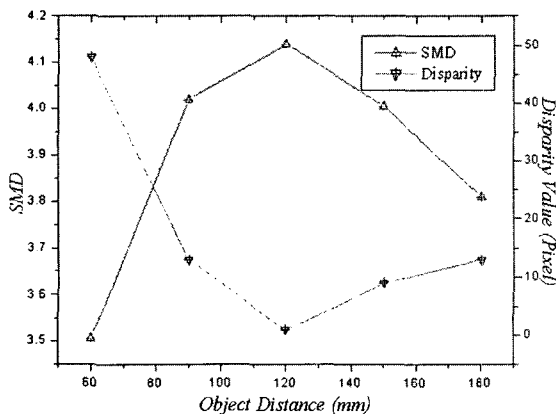


그림 6. 수평이동방식 입체카메라의 주시각과 초점 제어간 관계특성 그래프

Fig. 6. Characteristic graph of between the vergence and focus control.

다음은 본 논문에서 제안한 1차원 Cepstrum 필터를 사용한 시차정보 추출 알고리즘의 성능평가 실험을 하였다. Taylor, Olson, Coombs등이 사용한 기존의 Cepstrum필터를 사용한 입체영상 시차정보 추출 알고리즘은 좌, 우 영상에 대해 Cepstrum연산자를 적용하여 시차정보를 추출하였다. 처리시간이 너무 많이 걸리

기 때문에 좌, 우 입력영상을 각각 일정한 크기로 다운 샘플링한 후 Cepstrum 연산자를 적용하여 시차정보를 추출하였다^[5,6].

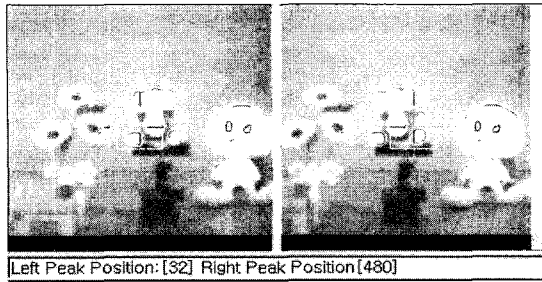
제안한 시차정보 추출 알고리즘의 성능평가 실험은 Pentium-II 266MHz, 80Mbyte의 메모리가 장착된 PC를 사용하여 알고리즘 적용의 소요시간을 측정하였다. 표 1은 기존의 시차정보 추출 알고리즘과 제안한 시차정보 추출 알고리즘의 소요시간과 정확도를 보여준다. 여기서, 오차범위는 영상의 다운 샘플링에 따른 시차 값의 범위로 표시하였다. 제안한 시차정보 추출 알고리즘은 기존의 64×32 픽셀의 영상을 사용한 Taylor, Olson, Coombs 등의 알고리즘과 비교해 100배 이상의 의 입체 영상 추출시간을 단축시킬 수 있음을 확인하였다.

표 1. 시차정보 추출시간 및 정확도 비교

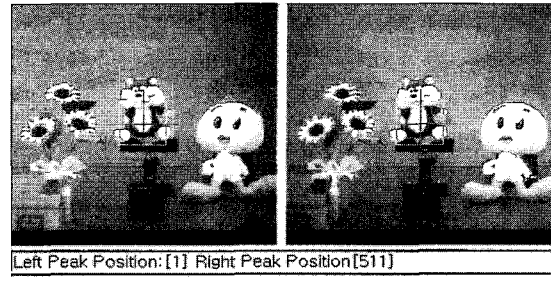
Table 1. Comparison of disparity extraction time and error rate.

Disparity Extraction Method	Processing Time [ms]	Error Range [Pixel]	
1차원 Cepstrum필터 [512 Pixel]	0.0038	0	
2차원 Cepstrum필터 [Image Size]	[512×256]	2,746	0
	[256×128]	641	2
	[128×64]	141	4
	[64×32]	0.4	8
	[32×16]	0.031	16

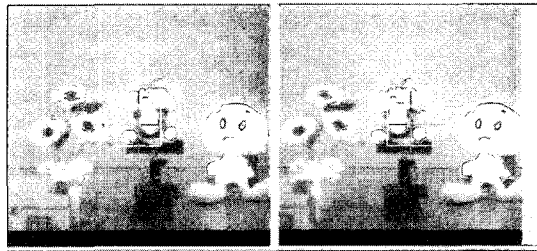
마지막으로 자동 주시각 및 초점 제어 알고리즘을 본 논문에서 제작한 수평이동방식 입체카메라에 적용시켜 복잡한 배경을 가진 환경에 적용했을 때, 자동 주시각 및 초점이 제어되는 지에 대한 실험을 수행하였다. 수평이동방식 입체카메라의 자동제어를 위해 III절에서 제안한 알고리즘을 적용하고, 복잡한 환경에서 입체영상을 획득할 때, 주시각 및 초점이 자동으로 제어되는지를 확인하는 실험을 수행하였다. 그림 7은 수평이동방식 입체카메라에 대해 자동 주시각 및 초점 제어 알고리즘을 적용하였을 때, 프레임 단위로 획득되는 입체영상에 대한 시차 값 변화를 보여준다. 시간에 따른 획득되는 영상의 프레임 수가 증가됨에 따라 시차 값이 0에 가깝게 되며 점점 더 선명한 영상이 획득되는 것을 확인할 수 있다.



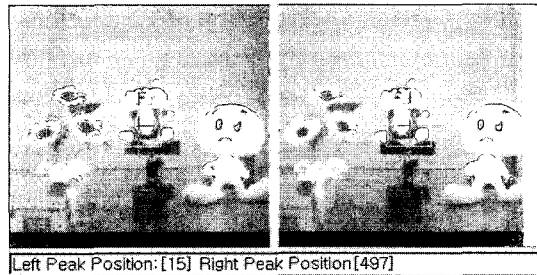
(a) Frame: 0



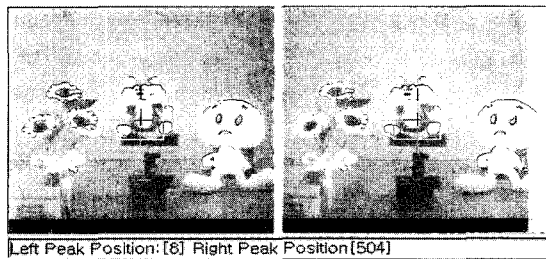
(f) Frame: 60



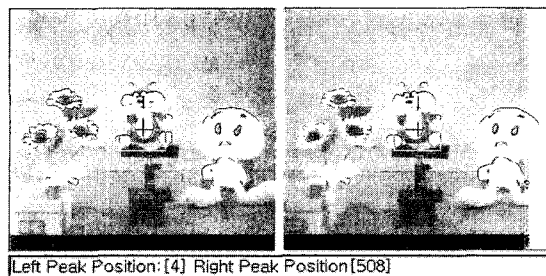
(b) Frame: 10



(c) Frame: 15



(d) Frame: 30



(e) Frame: 45

그림 7. 수평이동방식 입체카메라의 자동 주시각 및 초점 제어 과정 및 결과 영상

Fig. 7. Images of processing and result in automatic vergence control.

V. 결론 및 추후 연구

본 논문에서는 수평이동방식 입체카메라의 주시각 및 초점 제어량에 대한 선형관계를 도출하고, 시차보정에 의한 주시각 및 초점의 자동 제어에 관해 기술하였다. 먼저, 수평이동방식 입체카메라의 기하학 구조를 분석하여 주시각과 초점 제어량 사이의 관계식을 도출하고, 도출된 식을 수평이동식 카메라 설계에 적용하여 주시각과 초점이 동시에 제어되는 입체카메라를 제작하였다. 그리고 좌, 우 영상의 시차를 추출하여 주시각을 제어함으로써 초점이 동시에 제어되는 입체카메라 자동제어 시스템을 구현하였다. 입체영상에 대한 빠르고, 정확한 시차 값 추출을 위해 1차원 Cepstrum 필터를 사용한 시차정보 추출 알고리즘을 제안하고 이를 입체카메라의 자동화에 사용하였다.

주시각과 초점 제어량 사이의 관계 실험, 1차원 Cepstrum 필터를 사용한 시차정보 추출 알고리즘과 기존의 2차원 Cepstrum 필터를 사용한 시차정보 추출 알고리즘과의 성능비교 실험, 그리고 구현된 시스템의 구동실험을 통해 본 논문에서 제안한 수평이동방식 입체카메라의 성능이 우수함을 확인할 수 있었다. 특히, 본 논문에서 제안한 시차정보 추출 알고리즘은 기존의 Taylor, Olson, Coombs 등이 사용한 2차원 Cepstrum 필터에 의한 시차정보 추출 알고리즘에 비해 시차정보 추출 시간이 월등히 향상됨을 실험을 통해 확인할 수 있었다. 또한, 구현된 입체카메라 시스템은 배경이 복잡한 경우에도 빠르게 주시각과 초점이 제어됨을 확인하였다.

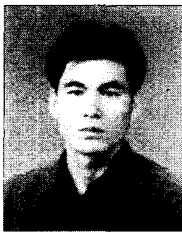
결론적으로, 본 논문에서 설계/제작한 수평이동방식 입체카메라는 주시각 제어만으로 초점이 동시에 제어 되도록 구현하여 입체카메라 조작의 간편성을 제공하며, 1차원 Cepstrum 필터를 이용한 시차정보 추출 알고리즘을 적용함으로써 처리시간 및 오차를 측면에서 성능을 향상시켜 주시각 및 초점의 실시간 자동제어를 가능하게 하고, 양질의 입체영상을 획득할 수 있게 해준다.

향후에는 줌 기능을 가진 입체카메라의 자동화에 관한 연구가 필요하며, 영상의 획득 및 처리과정을 하드웨어로 구현함으로써 처리속도를 높이는 고속화 연구도 계속 되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] A. A. Durbreck and C. W. Smith, "The development and evaluation of a stereoscopic television system for use in nuclear environment," Int. Workshop on Nuclear Robotics Tech. and App., Presence and Feature, July 1987.
- [2] A. Wood, T. Docherty and R. Koch "Image distortions in stereoscopic video systems," Stereoscopic Displays and Applications IV, Proc. SPIE, Vol. 1915, pp. 36~48, Feb. 1993.
- [3] S. Y. Park, Y. B. Lee, and S. I. Chien, "Liner Relation for Vergence Control of Parallel Stereo Camera," IEE Electronics Letters, Vol. 34, No. 3, pp. 255~256, 5th Feb.1998.
- [4] M. Tanaka and N. Maru, "Binocular Gaze Holding of a Moving Object with the Active Stereo Vision System," Proceeding of the Second IEEE Workshop on App. Of Computer Vision, pp.250~255, 1994.
- [5] D. J. Coombs and C. M. Brown, "Cooperative Gaze Holding in Binocular Vision," IEEE Control Systems, pp. 24~33, 1991.
- [6] J. R. Taylor and C. M. Brown, "Real Time Smooth Pursuit Tracking for a Moving Binocular Robot," Proceedings of Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 23~28, 1992.
- [7] A. V. Oppenheim and R. W. Schaffer, "Discrete-Time Signal Processing," Prentice-hall, pp. 444~457, 1989.
- [8] R. A. Jarvis, "A Perspective on Range Finding Techniques for Computer Vision," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-5, pp. 122~139, 1983.
- [9] B. P. Bogert, M. J. Hally, and T. W. Tukey, "The frequency analysis of time series for echoes : cepstrum, pseudo-autocovariance, cross-cepstrum and shape cracking," Proc. Symp. Time Series Analysis, Wiled, New York, PP. 209~234, 1963.

저 자 소 개



權 技 徹(正會員)

1997년 : 상주대학교 전자전기공학과 졸업, 충남대학교 전자공학과 석사졸업(2000). 2000년 3월~현재 : 충북대학교 정보통신공학과 박사과정. 현재 : (주)후후 근무. <관심분야> 입체영상, 머신비전, 가상

현실, 패턴인식



李 容 範(正會員)

1985년 : 경북대학교 전자공학과 졸업, 동대학 박사졸업(1999). 1987년~2000년 : 한국원자력연구소 로봇기반기술개발분야 연구책임자, 현재 (주)후후 대표이사, 신지식인

학회 부회장. <관심분야> 특수영상 미디어(수중, 입체), 로봇틱스, 가상현실



崔 英 洙(正會員)

1991년 : 경북대학교 전자공학과 졸업, 경북대학교 전자공학과 석사 (1994). 현재 : 한국원자력연구소 양자광학팀 선임연구원. <관심분야> 로봇 비전, 입체 영상, 원격 모니터링, 내방사선 카메라



許 慶 茂(正會員)

1979년 : 서울대학교 전자공학과 졸업. 1981년 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사. 1989년 : 동대학 박사. 현재 : 단국대학교 전자컴퓨터학부 전자공학전공 부교수. <관심분야> 로봇트 제어, 3차원 디스플레이, 시스템 제어, 학습 제어, Servo Motor 제어, 디지털 제어기 설계 및 Simulation



金 南(正會員)

第 33卷 A編 第3號 參照