

시차정보를 이용한 수평이동방식 입체영상 카메라의 주시각제어

권기철*

충북대학교 정보통신공학과

Ⓞ 361-763 충북 청주시 흥덕구 개신동 산48

김 남

충북대학교 컴퓨터 정보통신 연구소

Ⓞ 361-763 충북 청주시 흥덕구 개신동 산48

(2003년 12월 18일 받음, 2004년 3월 11일 수정본 받음)

본 논문은 기하학적 분석을 통한 수평이동방식 입체영상 카메라의 주시각제어의 자동화에 관한 것이다. 수평이동방식 입체영상 카메라의 기하학적 구조에서 관심물체의 거리와 주시각의 제어량 간에 선형관계가 있음을 실험을 통해 확인하고, 입체영상의 시차정보를 통해 주시각이 제어되는 입체영상 카메라 시스템을 제안하였다. 또한, 실시간 시차정보 추출을 위해, 획득되는 좌, 우 영상의 다른 샘플링 데이터와 수직방향 프로젝션 데이터를 각각 Cepstral 필터 입력으로 하는 빠르고, 정확한 입체영상 시차정보 추출 방법인 Hybrid Cepstral 필터를 제안하였다. 제안된 시차정보 추출 방법과 수평이동 방식 입체카메라의 주시각제어 시스템을 통해 보다 인간의 시각에 가까운 입체영상을 얻을 수 있다.

주제어 : parallel stereoscopic camera, vergence control, binocular disparity, cepstral filter.

I. 서 론

인간은 관심물체를 항상 두 눈의 망막 중심에 멎히게 하는 과정과 수정체 두께를 조절하여 초점을 맞추는 과정을 반복적 수행함으로써 자연스럽게 선명한 영상정보를 얻는다. 이러한 인간의 시각기능을 갖는 입체시각 장치의 개발은 컴퓨터 시각의 궁극적인 목표이므로 이에 대한 연구개발이 절실히 요구되고 있다. 입체영상 시스템의 대부분은 양안 입체영상 방식을 기초로 인간이 좌, 우 눈으로 보는 것과 같은 기능을 갖게 하기 위해 두 대의 카메라를 사용하여 영상을 획득한다.^[1-3]

입체영상의 획득은 카메라의 사용에 따라 양안(binocular) 방식과 다안(multi view) 방식으로 나눌 수 있으며, 전자의 경우 두 대의 카메라를 사용하여 좌, 우 영상을 획득하는 방식이며, 후자는 보다 3차원 효과를 나타내기 위해 여러 대의 카메라를 사용하여 특정 물체에 대한 영상을 여러 각도에서 동시에 획득하는 방식이다. 다안 방식의 경우 특정물체에 대한 입체영상의 효과는 극대화 시킬 수 있는 장점이 있는 반면에 복잡한 영상처리와 움직이는 물체에 따른 카메라의 이동이 어렵고, 복잡한 공간에서의 정확한 다안 영상의 촬영이 매우 어려운 단점이 있다.^[4-5]

양안 방식의 입체영상 획득은 두 대의 카메라를 이용하여 보다 쉽게 입체영상을 획득할 수 있는 장점이 있다. 이러한 양안 방식의 입체영상 촬영은 두 카메라를 이용한 주시각 제어 방법에 따라 교차(toed-in) 방식과 수평이동(parallel) 방식

으로 나눌 수 있다. 수평이동 방식은 교차 방식에 비해 기구적 구조가 복잡하지만 획득되는 입체영상에 대한 왜곡이 적고, 주시각과 초점간에 선형관계를 가지고 있어 입체영상 카메라의 사용에 유리한 장점을 갖고 있다.^[1-3]

양안 입체영상 카메라에 있어서 인간이 보는 것과 같이 자연스럽게, 선명한 입체영상의 획득을 위해서는 좌, 우 영상의 중심에 관심물체를 위치시키는 과정인 주시각 제어(vergence control)를 해야 한다. 이는 또한, 고해상도 입체영상을 획득할 수 있게 하며, 관심물체에 대한 입체영상 정보의 획득 및 영상처리 알고리즘 적용이 용이해진다. 그리고 항상 영상의 중심에 관심물체가 위치함으로써 입체영상의 왜곡이 적고, 이로 인한 장시간 입체영상의 관측을 가능하게 한다.^[2]

양안 입체카메라의 주시각 제어에 대한 방법은 좌, 우 카메라의 주시각 각도를 조절하는 수동적인 방법과 획득되는 영상의 정보를 이용하는 자동적인 방법으로 구분되며, 후자에서 영상의 정보는 주로 양안 시차정보를 의미한다. 주시각 제어를 위한 양안 시차추출 방법에 대한 선행 연구로 Krotkov^[7]는 평균(mean)값과 분산(variance)값을 추출하여 특징점들의 심도(depth) 분포를 사용하였다. 그러나 특정한 환경외에는 정확한 주시각 제어가 어렵다는 단점이 있다. M. Tanaka^[8]는 좌, 우 영상의 에지검출(edge detection)을 사용하는 ZDF(zero disparity filter)를 이용한 양안 카메라의 주시각 제어를 시도하였다. H. Hirschmuller^[9]는 한 점에 대한 주시각 제어를 위해 cross correlation 에러 함수를 제안하였다. ZDF와 상관도에 의해 시차 값을 추출방법 또한 정확성이 떨어지며, 처

* E-mail: kichul@osp.chungbuk.ac.kr

리시간이 많이 걸리는 단점이 있다. D. J. Coombs 등은 획득되는 좌, 우 입체영상에서 주시각 제어의 에러량을 추정하기 위해 Cepstral 필터를 사용한 실시간 주시각 제어 시스템을 제안하였다.^[10-12] 마지막으로 K. C. Kwon^[11]은 수평방향 입체 카메라의 물체거리에 따른 주시각 및 초점에 관한 관계이론을 제시하고, 주시각 및 초점의 빠르고, 정확한 동시제어를 위해 입체영상 쌍의 수직 프로젝션 데이터를 입력으로 하는 1차원 Cepstral Filter를 사용하였다. 지금까지 입체카메라의 주시각 제어를 위해 제안된 시차정보 추출방법들은 처리시간이 오래 걸리거나 또는 정확성이 떨어지는 단점들을 가지고 있다. 또한, 교차방식 입체카메라에 대한 주시각 제어 방법들이 대부분이다.

본 논문에서는 수평이동 방식 입체영상 카메라의 기하학적 구조적 특성을 분석하고, 이에 따른 시차정보를 이용한 주시각의 자동제어 방법을 제안 하였다. 여기에서 시차정보 추출은 D. J. Olson 등이 사용한 2차원 Cepstral 필터와 K. C. Kwon이 제안한 1차원 Cepstral 필터의 장점을 결합한 빠르고, 정확한 Hybrid Cepstral Filter를 제안하였다. 다음장에서는 수평이동방식 입체영상 카메라 방식의 기하학적 구조해석과 특성, 그리고 관계실험에 대해 기술한다. III장에서는 본 논문에서 제안한 Hybrid Cepstral 필터에 의한 시차정보 추출 방법 및 주시각의 자동제어 방법 그리고 시뮬레이션에 대해 설명한다. 마지막으로 본 연구에 대한 결론 및 연구방향에 대해 IV장에서 기술한다.

II. 수평이동방식 입체영상 카메라

2.1. 기하학적 구조에 따른 주시각 제어 특성

수평이동방식 입체영상 카메라는 관심물체의 거리에 따라 주시각을 제어하기 위해 좌, 우 카메라 각각의 렌즈와 CCD 센서를 분리하여 렌즈를 CCD센서에 대하여 수평으로 이동하여 주시각을 조절하도록 설계 되어있다. 그림 1과 같이 입체영상 카메라의 좌, 우 렌즈를 CCD센서 면에 대하여 서로 대칭적으로 이동시킴으로써 입체영상의 시차를 조절할 수 있다.

수평이동방식 입체영상 카메라의 관심물체의 거리에 따른 주시각 제어 방법은 렌즈를 중심으로한 CCD센서의 수평이동량 h 를 조절하는 것이다. 렌즈의 초점거리를 f 라 하고, 렌즈로부터 물체까지의 거리를 p , 그리고 좌, 우 카메라 사이의 간격의 1/2을 t 라 하면 관심물체의 거리에 따른 CCD센서의 수평이동량은

$$\text{if } f \ll p, \quad h = ft/p \tag{1}$$

와 같이 표현된다. 렌즈의 초점거리 f 가 관심물체의 거리 p 와 비교하여 무시할 정도로 작다고 가정하면, 수평이동방식 입체영상 카메라의 주시각 제어는 관심물체의 거리에 따른 좌, 우 CCD센서의 수평이동량 h 을 서로 대칭적으로 조절함으로써 이루어 진다. 이때 관심물체 중심점의 양안시차 값은

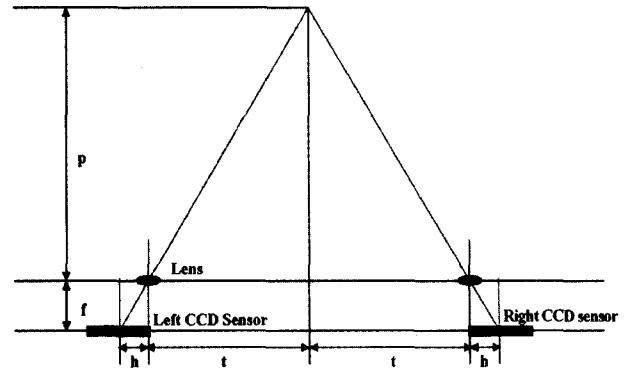


그림 1. 수평이동방식 입체영상 카메라의 개념도.

0이 된다. 만약 수평이동방식 입체영상 카메라의 제작에 있어 좌, 우 카메라의 위치가 정확하게 보정되어 있다면 주시각 제어에 있어 항상 수평방향의 운동만이 존재하기 때문에 수직방향의 시차는 항상 0이 된다^[13]. 그렇기 때문에 입체영상에서 수평방향의 시차정보만을 정확하고 빠르게 추출하는 것이 중요하다.

2.2. 수평이동방식 입체영상 카메라의 주시각 제어 특성 실험

앞에서 기술한 수평이동방식 입체영상 카메라의 주시각 제어에 관한 관계식을 실험을 통해 확인하기 위해 그림 2와 같이 광학테이블에 실험장치를 구성하였다. 좌, 우 CCD센서의 간격을 100 mm로 설치하였고, 사용렌즈의 초점거리는 12 mm 이고, CCD센서는 1/2" 크기의 칼라 카메라를 사용하였다. 렌즈와 CCD 센서는 분리 되어있으며, 렌즈를 고정시키고 CCD센서 부분을 마이크로 미터를 사용해 수평으로 이동할 수 있도록 장착하였다.

수평이동방식 입체영상 카메라에 있어서 관심물체의 거리에 따른 주시각 제어를 위한 CCD센서의 수평이동량의 변화에 대한 특성을 확인하기위해 좌, 우 카메라의 중심으로부터 0.5 m에서 1.5 m까지의 거리에 물체의 영상을 획득하고 물체거리에 따른 중심점의 위치이동량을 측정하였다. 640×480 크기의 획득된 영상에서 물체중심의 수평위치를 측정값으로 하여, 식 (1)을 통해 계산된 값과의 관계를 비교하였다. 표 1은 수평이동방식 입체영상 카메라의 주시각 특성 실험의 결과를 보여준다.

여기서 dh/dp 는 렌즈로부터 물체까지의 거리 p 의 변화에 따른 주시각 제어를 위한 CCD센서의 수평이동량 h 의 변화량을 의미한다. 물체거리에 따라 획득된 각각의 영상에서의 물체의 중심위치와 주시각 제어를 위한 CCD센서의 수평이동량 h 의 계산 값을 비교했을 때 그림 3의 그래프와 같이 동일한 결과를 얻을 수 있었다. 또한 계산된 h 값 만큼 마이크로 미터를 이용하여 CCD센서를 수평으로 움직였을 때 물체의 중심은 항상 동일한 위치에 있음을 확인할 수 있었다. 이는 관심물체의 거리 p 혹은 CCD센서의 수평이동량 h 의 조절

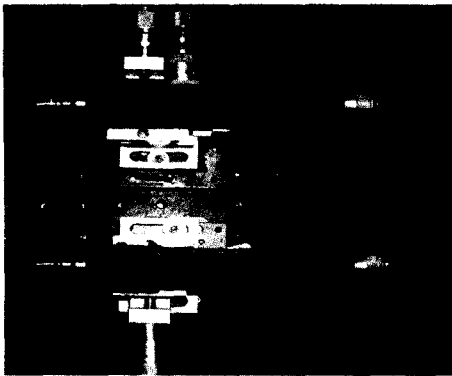


그림 2. 수평이동방식 입체영상 카메라의 주시각 제어실 실험장치.

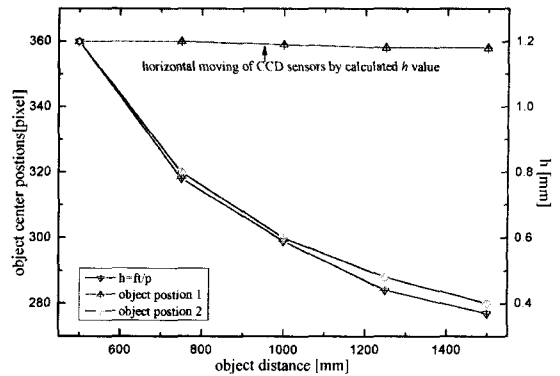


그림 3. 물체의 거리변화에 따른 주시각 제어를 위한 CCD센서의 수평이동량 변화.

표 1. 수평이동방식 입체영상 카메라의 주시각 특성 비교

물체거리 [mm]	물체의 중심좌표 측정값 [pixel]	계산값(h) [mm]	dh/dp [mm]	h값만큼 센서 이동 후 물체의 중심좌표 측정값 [pixel]
500	360	1.2	0	360
750	318	0.8	0.4	360
1000	299	0.6	0.2	359
1250	284	0.48	0.12	358
1500	277	0.48	0.08	358

로써 입체 카메라의 주시각을 제어할 수 있음을 의미한다.

III. Hybrid Cepstral 필터에 의한 입체영상 시차정보 추출

3.1. Cepstral 필터

Cepstral 필터는 반복성분의 검출을 위해 사용되는 자기상관(auto correlation)에 기반한 신호처리 기법으로 기본파형과 지연된 기본파형의 집합이 있을 때 지연주기를 검출하는데 사용된다. 때문에 입체영상 쌍에서 시차정보를 검출하는데 사용할 수 있다. Cepstral 필터는 신호의 로그 파워 스펙트럼(log power spectrum)에 역 푸리에변환(inverse Fourier transform)으로 정의되며

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

$$; f(x, y) \rightarrow |F(u, v)|^2 \rightarrow \log F^{-1} \rightarrow^{-1}[\log |F(u, v)|^2]$$

로 표현된다^[13-15]. 여기서, $|X(f)|^2$ 는 데이터 $x(t)$ 의 파워스펙트럼이다. 그리고 $x(t)$ 는 신호 $q(t)$ 와 지연된 신호 $q(t-\tau)$ 가 합성된 신호이다. 또한, 로그함수의 적용은 자기상관에서 나타나는 협대역 신호(narrow band signal) 성분들을 감소시키고 고주파 성분을 부각시킨다. 때문에 최고 값의 위치를 확연하게 구분할 수 있다.

3.2. Hybrid Cepstral 필터에 의한 입체영상 시차정보 추출

제 II장에서 실험을 통해 관심물체의 거리에 따른 렌즈와

CCD센서의 수평이동량 간에 비례적관계를 가짐을 증명하였다. 본 논문에서는 관심물체에 대해 빠르고 정확한 주시각 제어를 위해 입체영상 카메라의 렌즈와 CCD센서의 수평이동량을 획득되는 입체영상에서 양안시차를 사용한 방법을 제안하였다. 이는 수평이동방식 입체영상 카메라의 주시각 제어를 위해 필요한 수평방향의 시차정보를 빠르고 정확하게 찾는 것이 중요하다. 때문에 시차정보에서 수평시차 값의 부호결정 및 정확한 시차 값을 찾기 위해 Hybrid Cepstral 필터에 의한 시차정보 추출 방법을 제안하였다. 그림 4는 본 논문에서 제안한 Hybrid Cepstral 필터에 의한 입체영상 시차정보 추출 과정을 보여준다. 시차정보 추출은 양안 입체 카메라로부터 획득되는 좌, 우 영상을 사용하여 전처리 과정과 Cepstral 필터를 적용하여 얻을 수 있다. 전처리 과정은 항상 영상의 중심부분에 관심물체가 있다고 가정하고, 영상의 중심을 강조하기 위한 Hamming 필터처리를 한다. 그리고 Hybrid Cepstral 필터의 입력 신호를 만들기 위한 다운 샘플링과 수직 프로젝션 처리로 구성된다. Hamming 필터 처리된 좌, 우 영상은 중심 부분은 그대로 유지되며, 배경부분의 영상은 흐려진다. 때문에 관심물체에 대한 시차값을 확연하게 구분할 수 있다.

처리시간 단축을 위해 사용된 영상의 다운 샘플링은 2차원 Cepstral 필터를 통한 시차정보의 부호결정을 위한 것이며, 수직 프로젝션 데이터는 1차원 Cepstral 필터를 통한 정확한 시차 값을 찾기 위한 처리 과정이다.

입체영상 쌍에서 한 쪽의 영상을 $s(x, y)$, 영상의 폭을 W , 높

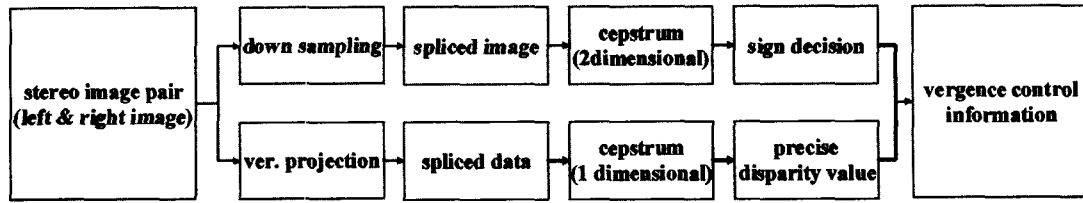


그림 4. Hybrid Cepstral 필터에 의한 시차정보 추출과정.

이를 h , 수직시차와 수평시차를 각각 dv, dh 라 하면 좌, 우 영상을 이어 붙인 영상(spliced image)과 수직프로젝션 데이터는 각각

$$\begin{aligned} f(x, y) &= s(x, y) * \delta(x, y) + \delta(x - (W + dh), y - dv) \\ f(x) &= s(x) * (\delta(x) + \delta(x - (W + dh))) \end{aligned} \quad (3)$$

과 같이 표현된다. 여기서 연산자 $*$ 는 컨볼루션(convolution)을 나타낸다. 식 (3)의 파워 스펙트럼을 구하고 \log 를 취한 식은

$$\begin{aligned} |F(u, v)|^2 &= |S(u, v)(1 + e^{-j2\pi(W+dh)u+(dv)v})|^2 \\ \log F(u, v) &= \log S(u, v) + \log(1 + e^{-j2\pi(W+dh)u+(dv)v}) \end{aligned} \quad (4)$$

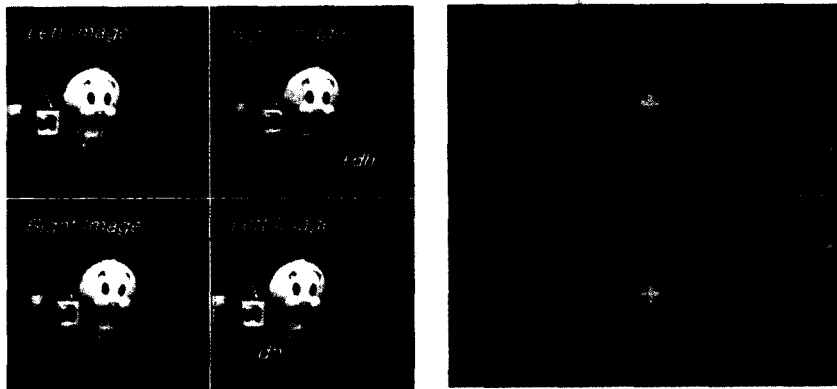
과 같이 표현되며, 반복성분의 검출은 위 결과 식을 역 푸리에 변환으로써 구해진다. Cepstral 필터의 결과는

$$\begin{aligned} F^{-1}[\log F(u, v)] \\ = F^{-1}[\log S(u, v)] + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{\delta[x-n(W+dh), y-ndv]}{n} \end{aligned} \quad (5)$$

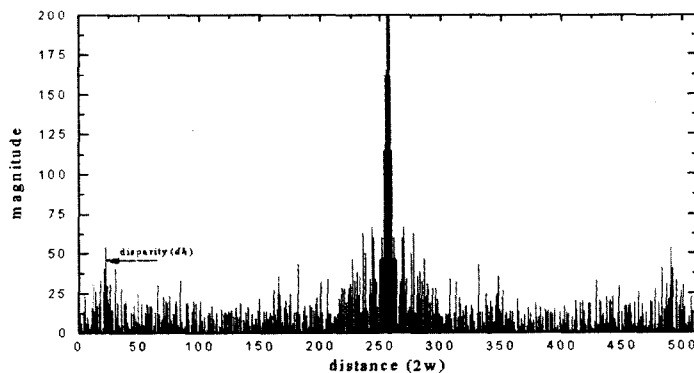
가 되고, 식 (5)로부터 입체영상의 시차정보를 검출 할 수 있다. 여기서 부호의 결정은 푸리에변환의 순환이동(circular shift)에 의해 랩 어라운드(wrap around)라는 문제가 발생하는데, 이는 우 영상에 우 영상의 수직 높이의 1/4 크기의 가상수직 시차를 추가함으로써 부호를 결정할 수 있다. 또한, 좌, 우 영상의 수직 프로젝션 데이터를 입력으로한 Cepstral 필터를 통해 정확한 수평시차 값을 얻을 수 있다.

그림 5는 본 논문에서 제안한 Hybrid Cepstral 필터를 통한 입체영상 시차정보 추출의 예를 보여준다.

그림 5(a)는 2차원 Cepstral 필터에서 부호 결정의 예를 보여준다. 좌, 우 영상을 서로 바꾸어 보았을 때의 결과는 서로



(a) 입력영상과 부호결정을 위한 2D Cepstral 필터 결과



(b) 1D Cepstral 필터의 의한 시차 값 결정 (dh = 24)

그림 5. Hybrid Cepstral 필터에 의한 입체영상 시차정보 추출 과정.

반대 되는 상관 피크를 확인 할 수 있다. 그림 5(b)는 정확한 시차 값의 결정하기 위한 1차원 Cepstral 필터의 결과를 보여 준다. 1차원 데이터를 사용함으로써 영상의 수평크기 전체를 사용하더라도 매우 빠른 처리시간 안에 원하는 정보를 얻을 수 있었다. 또한, Pentium IV, PC상에서 프로그램의 작성 통해 처리시간을 계산했을 때 2차원 Cepstral 필터 처리의 경우 10 ms이하로, 1차원 Cepstral 필터 처리의 경우 4 ms 이하로 계산되었다. 그러므로 전체 처리시간이 15 ms 이하로 가능하기 때문에 실시간 처리가 용이해 지는 것을 알 수 있다.

그림 6은 수평이동방식 입체영상 카메라로 획득한 좌, 우 영상에 대한 시차정보 추출 알고리즘을 적용한 결과를 보여 준다. 그림 6(a)는 입체영상 카메라의 주시각 제어가 되지 않았을 때의 시차정보 추출 결과이며, 그림 6(b)는 입체영상 카

메라의 주시각이 제어 되었을 때의 시차정보 추출 결과이다. 주시각 제어가 되었을 때의 시차 값은 0에 가까움을 알 수 있다.

본 논문에서 제안된 입체영상의 시차정보에 의한 수평이동방식 입체영상 카메라의 주시각 제어 시스템은 그림 7에서와 같이 좌, 우 영상을 획득하고, 획득된 영상에서 시차정보를 추출하고 이에 따른 주시각 제어용 모터를 제어하는 과정으로 이루어져 있다. 제안된 시차정보 추출 알고리즘을 사용함으로써 정확한 제어량(주시각 제어용 모터의 회전량)과 제어방향을 동시에 알 수 있기 때문에 빠른 입체영상 카메라의 주시각 제어를 가능하게 할 수 있다.

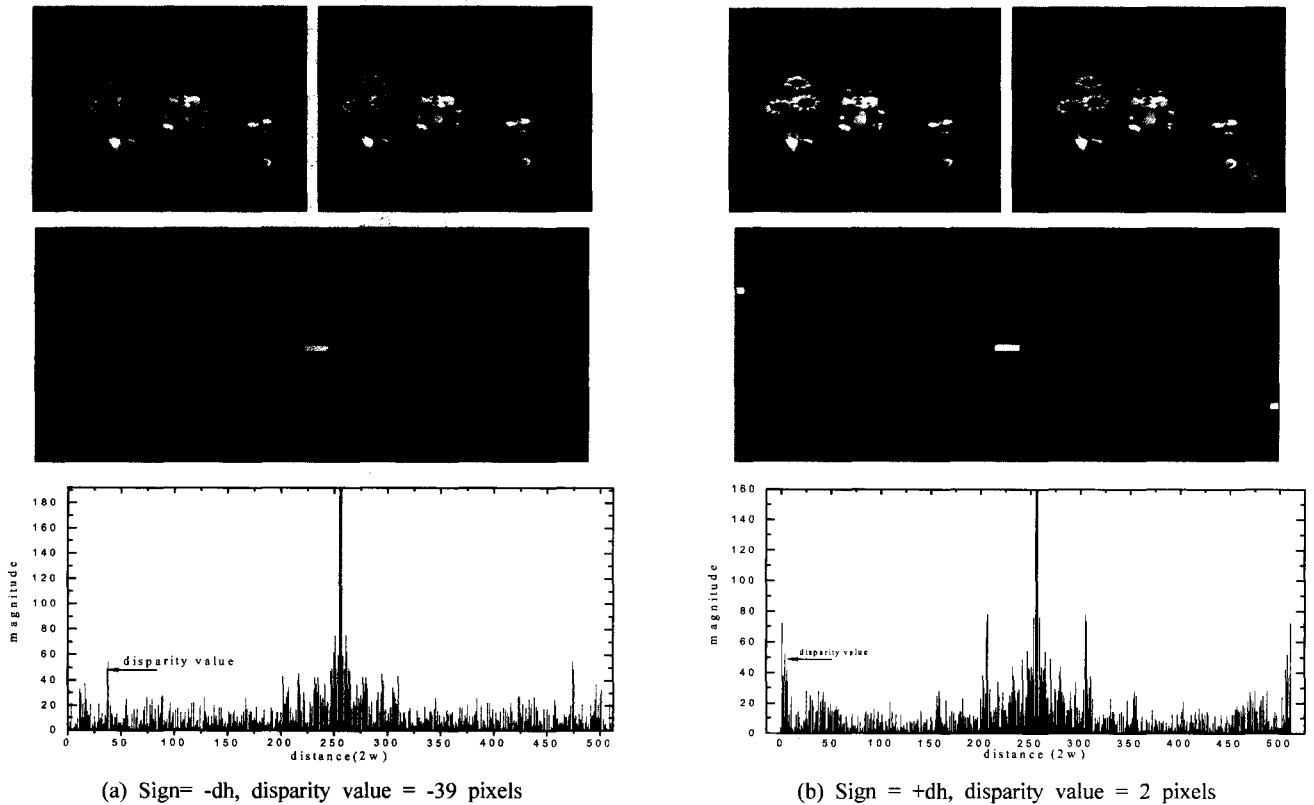


그림 6. Hybrid Cepstral 필터에 의한 입체영상 시차정보 추출 실험 결과. (좌 영상, 우 영상, 2D Cepstral filter 결과, 1D Cepstral filter 결과)

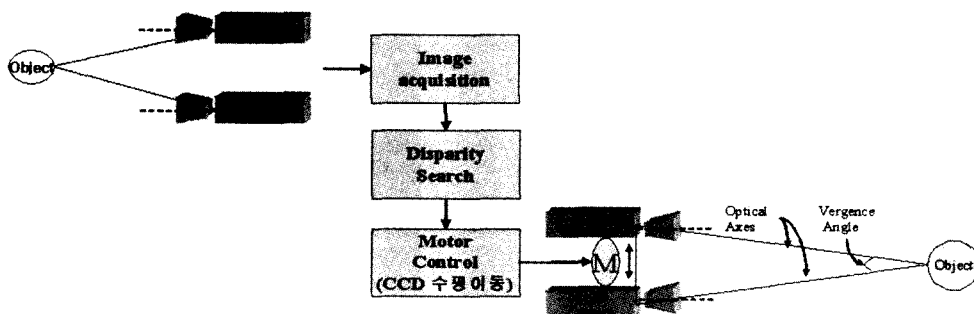


그림 7. 시차정보에 의한 입체영상 카메라의 주시각 제어 시스템의 개략도

IV. 결 론

수평이동방식 입체영상 카메라는 교차방식에 비해 구조는 복잡하지만 왜곡 및 제어 특성에 있어 우수한 방식이다^[1-3]. 때문에 수평이동방식 입체영상 카메라의 기하학적 구조를 해석하여 주시각 제어가 용이한 특성이 있음을 실험을 통해 확인하였다. 간단한 삼각함수 공식을 이용함으로써 물체의 거리에 따른 렌즈와 CCD센서 사이의 수평이동량을 계산하고, 이에 따른 영상획득 실험에서 수직과 동일한 카메라의 주시각 제어 특성을 확인 할 수 있었다.

주시각 제어 특성 실험을 바탕으로 획득되는 영상에서 시차정보를 획득하고, 획득된 시차정보를 통한 수평이동방식 입체카메라의 주시각 제어 시스템을 제안하였다. 시차정보를 이용한 주시각제어 시스템에서 빠르고, 정확한 시차정보 추출을 위해 제안된 Hybrid Cepstral 필터는 수평이동방식 입체영상 카메라의 특성에 맞추어 수평방향의 양안 시차정보를 정확하게 제어방향과 제어량을 얻을 수 있다.

입체영상 카메라의 개발 및 제어에 있어 본 논문에서는 수평이동 입체영상 카메라 방식을 선정하고, 이 특성에 맞는 시차정보 추출 알고리즘을 제시함으로써 양질의 입체영상을 실시간 획득할 수 있는 시스템을 제안하였다. 여기서 제안된 수평이동방식 입체영상 카메라의 주시각 제어 시스템에 대한 연구를 바탕으로 자동 주시각제어 기능을 갖는 입체영상 카메라의 구현 및 보다 인간의 시각 구조와 닮은 입체시각 장치의 개발에 대한 연구를 추후 과제로 남긴다.

참고문헌

- [1] K. C. Kwon, J. K. Choi, and N. Kim, "Automatic control of horizontal-moving stereoscopic camera by disparity compensation," *Journal of OSK*, vol. 6, no. 4, pp. 150-155, 2002.
- [2] 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*, 1987.
- [3] S. Y. Park, Y. B. Lee, and S. I. Chien, "Linear relation for vergence control of parallel stereo camera," *IEE Electronics Letters*, vol. 34, no. 3, pp. 254-256, 1998.
- [4] N. A. Dodgson, "Resampling radially captured images for perspective correct stereoscopic display," *Stereoscopic Display and Applications IX*, Proc. SPIE vol. 3295, pp. 100-110, 1998.
- [5] H. Yamanoue, M. Okui, and I. Yuyama, "A study on the relationship between shooting conditions and cardboard effect of stereoscopic images," *IEEE Transactions on circuits and systems for video technology*, vol. 10, no. 3, pp. 411-416, 2000.
- [6] 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, 1993.
- [7] E. Krotkov, K. Henriksen, and R. Kories, "Stereo ranging with verging cameras," *IEEE Transactions*, vol. PAMI-12, no. 12, 1990.
- [8] M. Tanaka and N. Maru, "Binocular gaze holding of a moving object with the active stereo vision system," *Proc. of the Second IEEE Workshop on App. Of Computer Vision*, pp. 250-255, 1994.
- [9] H. Hirschmuller, "Improvements in real-time correlation based stereo vision," *Proc. of the IEEE Workshop on SMBV' 01*, pp. 141-148, 2001.
- [10] D. J. Coombs and C. M Brown, "Cooperative gaze holding in binocular vision," *IEEE Control Systems*, pp. 24-33, 1991.
- [11] J. R. Taylor and C. M. Brown, "Real time smooth pursuit tracking for a moving binocular robot," *Proc. of Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 23-28, 1992.
- [12] J. R. Taylor, T. Olson, and W. N Martin, "Accurate vergence control in complex scenes," *Computer Vision and Pattern Recognition, Proc. CVPR '94*, pp. 540-545, 1994.
- [13] B. P. Borget, 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*, pp. 209-234, 1963.
- [14] Y. Yeshurun and E. L. Schwartz, "Cepstral filtering on columnar image architecture: A fast algorithm for binocular stereo segmentation," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 11, no. 7, pp. 759-767, 1989.
- [15] H. Jadvar, K. L. Ripley, and R. C. Arzbaeher, "Power spectral, cepstral, and Hartley analyses of intracardiac electrograms for detection of tachyarrhythmias" *Proc. of Computers in Cardiology*, pp. 175-178, 1989.

Vergence control of parallel stereoscopic camera using the binocular disparity information

Ki-Chul Kwon[†] and Nam Kim

*Dept. of Computer & communication Eng., Chungbuk National University
Chungbuk 361-763, KOREA*

[†]*E-mail: kichul@osp.chungbuk.ac.kr*

(Received December 18, 2003, Revised manuscript March 11, 2004)

This paper concerns auto vergence control of a parallel stereoscopic camera through geometrical analysis. In the construction of a parallel stereoscopic camera, we experimentally demonstrated linear relationship between the key object distance and the amount of vergence control. And we proposed a vergence control system for the stereoscopic camera using binocular disparity information. For the real-time calculation of disparity information, the Hybrid Cepstral filter algorithm, with input data acquired from the vertical projection data and from the down sampling data from the source images, was proposed for precision and high speed processing. With the disparity information algorithm and the vergence control of the parallel stereoscopic camera system, the stereoscopic images become more like those of the human eye.

OCIS Codes: 110.6880.