

레터논문-04-09-1-10

수평이동방식 입체카메라의 주시각 제어를 위한 Hybrid Cepstral Filter에 의한 시차정보 추출

권기철*, 김남**

Hybrid Cepstral Filter for Precise Vergence Control of Parallel Stereoscopic Camera

Ki-Chul Kwon* and Nam Kim**

요약

수평이동방식 입체영상 카메라의 주시각 제어에는 수평방향에 대한 좌, 우 영상의 시차정보만이 필요하다. 본 논문에서는 입체영상의 수평방향에 대한 빠르고 정확한 시차 값과 방향 정보를 찾기 위한 Hybrid Cepstral 필터에 의한 시차정보 추출 알고리즘을 제안하였다. 제안된 시차정보 추출 알고리즘은 좌, 우 영상의 수직 투영 데이터를 사용하는 1차원 Cepstral 필터와 축소된 영상을 사용하는 2차원 Cepstral 필터를 같이 사용함으로써 수평 방향의 정확한 시차 값과 방향정보를 얻을 수 있다.

Abstract

The vergence controls of the parallel stereoscopic camera need only the disparity information of left and right images in horizontal direction. This paper proposed past and precise disparity value for stereoscopic image pair in horizontal direction and the algorithm which can abstract disparity information through the HCF(Hybrid Cepstral Filter) for sign information. The proposed disparity information- extracting algorithm can obtain accurate disparity value of horizontal direction and sign information by using both the one dimension cepstral filter which uses vertical projection data of left and right image and the two dimension cepstral filter which uses down sampled image.

Keywords : vergence control, parallel stereoscopic camera, disparity, cepstral filter

I. 서론

양안 입체영상 시스템에 있어 양질의 입체영상의 획득을 위해서 우선적으로 주시각 제어(vergence control)를 해 주

어야 한다^{[1][2]}. 주시각 제어란 좌, 우 카메라의 광 축사이의 각을 조절하는 과정으로 항상 좌, 우 영상에 관심물체가 존재하도록 제어하는 것이다. 관심물체의 거리의 변화에 따라서 양안시차 값 또한 변하게 되며, 이는 입체영상의 관측에 있어 피로감을 주는 주요한 원인이 된다^[3]. 따라서, 입체영상 획득 시 관심물체에 대한 양안시차 값을 항상 0에 가깝게 유지시키기 위한 주시각 제어를 해야 한다. 입체영상 시스템의 주시각 제어에는 제어량과 제어방향에 대한

* 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부
Dept. of Computer & Communication Eng

** 충북대학교 컴퓨터정보통신연구소
Research Institute for Computer & Information Communication

정보를 얻기 위한 시차정보의 추출이 필수적이다.

주시각 제어가 가능한 양안 입체카메라의 종류에는 주시각 제어를 위한 좌, 우 카메라의 제어방법에 따라 교차(toed-in) 방식과 수평이동(parallel) 방식으로 나눌 수 있다. 수평이동방식은 주시각 제어 시 좌, 우 각각의 렌즈 중심에 대해 CCD센서를 대칭적으로 수평이동이 시킴으로써 구조적으로 항상 수직시차 값이 0이 된다. 또한, 교차방식에 비해 구조가 복잡하지만 획득되는 입체영상에 대한 왜곡이 적고, 주시각과 초점간에 선형관계를 가지고 있어 입체영상의 획득에 유리한 장점을 갖고 있다^[1].

본 논문에서는 수평이동방식 입체카메라의 주시각 제어를 위한 정확하고 빠른 시차정보 추출 방법인 Hybrid Cepstral 필터(HCF) 알고리즘을 제안하였다. HCF 알고리즘은 입체영상 카메라로부터 획득되는 좌, 우 영상에 대한 수직 방향의 프로젝션 데이터와 다운 샘플링 데이터를 각각 1차원 Cepstral 필터와 2차원 Cepstral 필터를 통해 정확한 시차 값과 부호를 결정하는 알고리즘이다.

II. HCF(Hybrid Cepstral Filter)에 의한 시차정보 추출

Cepstral 필터는 신호의 로그 파워 스펙트럼(log power spectrum)에 역 푸리에변환(inverse Fourier transform)으로 정의되며,

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

로 표현된다^{[2][4]}. 여기서, $|X(f)|^2$ 는 데이터 $x(t)$ 의 파워 스펙트럼이다. 그리고 $x(t)$ 는 신호 $q(t)$ 와 지연된 신호 $q(t-\tau)$ 가 합성된 신호이다. 또한, Cepstral 필터는 반복성

분의 검출을 위해 사용되는 자기상관(auto correlation)에 기반한 신호처리 기법으로, 기본파형과 지연된 기본파형의 집합이 있을 때 지연주기를 검출하는데 사용된다. 입체영상에서 시차 값은 좌 영상에 대한 우 영상의 변위이므로 Cepstral 필터는 시차정보를 검출하는데 사용할 수 있다. 여기서 로그함수의 적용은 자기상관에서 나타나는 협대역 신호(narrow-band signal) 성분들을 감소시키고 고주파 성분을 부각시킨다. 그러므로, 자기상관의 최고 값의 위치를 확연하게 구분할 수 있다.

본 논문에서는 Cepstral 필터를 기반으로한 입체영상 시차정보 추출방법인 HCF에 의한 입체영상 시차정보 추출 알고리즘을 제안하였다. 그림 1은 제안된 HCF의 처리과정을 보여준다. 먼저 전처리 과정은 영상의 중심을 강조하기 위한 Hamming 윈도우 처리와 Hybrid Cepstral 필터의 입력 신호를 만들기 위한 다운 샘플링과 수직 프로젝션 처리로 구성된다. 여기서 처리시간을 단축시키기 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. 수평이동방식 입체카메라의 주시각 제어에서는 수평방향에 대한 시차 값만을 사용하기 때문에 좌, 우 영상의 수직방향의 프로젝션 데이터를 추출하는 과정을 사용하였다.

좌, 우 영상으로 구성된 입체영상에서 한 쪽의영상을 $s(x, y)$, 영상의 폭을 W , 높이를 H , 수직시차와 수평시차를 각각 dv, dh 라 하면 좌, 우 영상을 이어 붙인 영상(spliced image)과 수직프로젝션 데이터는 각각

$$f(x, y) = s(x, y) * (\delta(x, y) + \delta(x - (W + dh), y - dv))$$

$$f(x) = s(x) * (\delta(x) + \delta(x - (W + dh))) \tag{2}$$

과 같이 표현된다. 여기서 연산자 *는 컨볼루션(convolution)을 나타낸다. 식(2)의 파워 스펙트럼을 구하고 log를 취한 식은

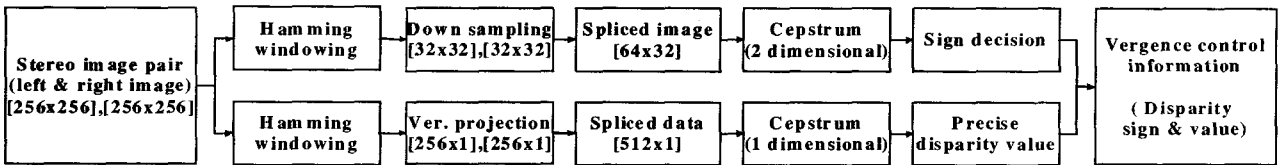


그림 1. HCF에 의한 시차정보 추출과정.
Fig. 1. Block diagram of the HCF process.

$$|F(u, v)|^2 = |S(u, v)(1 + e^{-j2\pi[(W+dh)u+(dv)v]})|^2 \quad (3)$$

$$\log F(u, v) = \log S(u, v) + \log(1 + e^{-j2\pi[(W+dh)u+(dv)v]})$$

과 같이 표현되며, 반복성분의 검출은 위의 결과 식을 역 푸리에 변환 함으로써 구해진다.

Cepstral 필터의 결과는

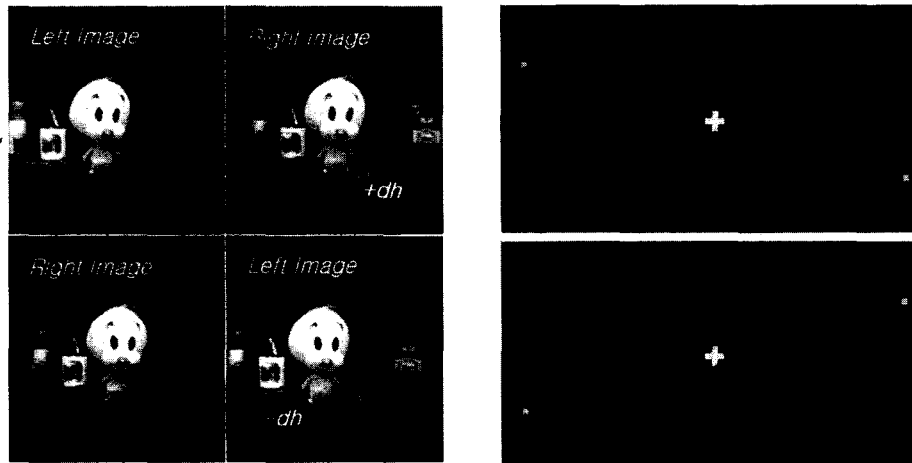
$$F^{-1}[\log F(u, v)]$$

$$= F^{-1}[\log S(u, v)] + \sum_n (-1)^{n+1} \frac{\delta[x-n(W+dh), y-ndv]}{n} \quad (4)$$

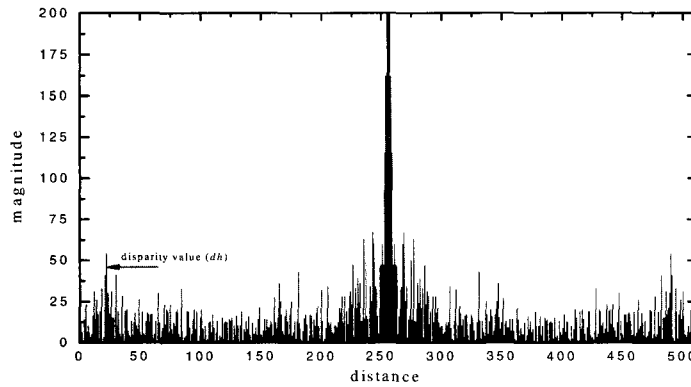
가 되고, 식(4)로부터 입체영상의 시차정보를 검출 할 수 있다. 여기서 부호의 결정은 푸리에변환의 순환이동(circular shift)에 의해 랩 어라운드(wrap around)라는 문제가 발생하는데 이는 우 영상에 수직 높이의 1/4 크기의 가상수직 시차를 추가함으로써 부호를 결정할 수 있다. 또한, 좌, 우 영상의 수직 프로젝션 데이터를 입력으로 한 Cepstral 필터를 통해 정확한 수평시차 값을 얻을 수 있다.

그림 2는 본 논문에서 제안한 HCF를 통한 입체영상 시차정보 추출의 예를 보여준다.

그림 2(a)는 2차원 Cepstral 필터에서 부호 결정의 예를 보여준다. 좌, 우 영상을 서로 바꾸어 보았을 때 결과는 서로 반대 되는 상관 피크를 확인할 수 있다. 그림 2(b)는 정



(a)



(c)

그림 2. HCF에 의한 입체영상 시차정보 추출 결과. (a) 입력영상과 부호결정을 위한 2D Cepstral 필터 결과. (b) 1D Cepstral 필터의 의한 시차 값 결정 (dh = 24 Pixel).

Fig. 2. Result of the disparity information extraction by HCF. (a) Source Image and Result of the 2D Cepstral filter for the sign decision. (b) Result of the 1D Cepstral filter for the disparity value (dh = 24 Pixel)

확한 시차 값의 결정하기위한 1차원 Cepstral 필터의 결과를 보여준다. 1차원 데이터를 사용함으로써 영상의 수평크기의 전체를 사용하더라도 매우 빠른 처리시간 안에 원하는 정보를 얻을 수 있었다.

표 1. 시차정보 추출 방법에 따른 성능 비교
Table 1. Comparison of disparity extraction time and error rate

Disparity Extraction Method	Process Time [ms]	Error range [Pixel]
2D Cepstral Filter[Pixel]		
image size: [3216]	3~4	16
image size: [6432]	6~7	8
image size: [12864]	30	4
1D Cepstral Filter	2	0
Correlation Method	2000	
MAD & MSE Method	1000	

표 1은 시차정보 추출 알고리즘들의 처리시간 및 정확성을 비교한 결과이다. 제안된 시차정보 추출방법은 처리시간의 비교에서 자기상관 혹은 MAD(Mean Absolute Different), MSE(Mean Square Error) 등의 방법에 비해 보다 빠른 시간 내에 처리할 수 있음을 알 수 있다. 관심물체에 대한 실시간 시차정보 추출을 고려한다면 Cepstral필터 방법이 유리함을 알 수 있다. 처리시간과 정확성을 고려했을 때 부호결정과 시차 값의 결정을 위해 2차원 Cepstral 필터와 1차원 Cepstral 필터를 동시에 사용하는 것이 가장 효율적인 방법임을 알 수 있다.

III. 결론

시차정보를 이용한 주시각제어 시스템에서 빠르고, 정확한 시차정보 추출을 위해 제안된 HCF는 수평이동방식 입체카메라의 구조적 특성에 맞게 수평방향에 대한 시차정보를 얻을 수 있다. HCF에 의한 시차정보는 입체영상 카메라의 정확한 제어 방향과 제어 량을 의미한다. 때문에 빠르고, 정확한 입체영상 카메라의 주시각 제어를 가능하게 함으로써 양질의 입체영상을 실시간 획득할 수 있는 입체영상 카메라 시스템의 개발을 용이하게 할 수 있다.

제안된 수평이동방식 입체영상 카메라의 주시각 제어 시스템에 대한 연구를 바탕으로 보다 인간의 시각 구조와 닮은 입체시각 장치의 개발에 대한 연구가 활발히 진행되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] A. Wood, T. Docherty, and R. Koch, "Image distortions in stereoscopic video systems," Stereoscopic Displays and Applications IV, Proc. SPIE 1915, pp. 36~48, 1993.
- [4] 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.