

스테레오 포토 이미지를 이용한 망막의 3차원 영상 재구성에 관한 연구

김선권¹, 공현중², 김희찬^{3,4}

¹서울대학교 공과대학 전기공학부

²서울대학교 대학원 협동과정 의용생체공학 전공

³서울대학교 의과대학 의공학교실

⁴서울대학교 의학연구원 의공학연구소

Study about 3 Dimensional Reconstruction of Retina from Stereo Disc Photograph Image

H.J. Kong¹, S. K. Kim², and H.C. Kim³

¹ School of Electrical Engineering

² Interdisciplinary Program, Biomedical Engineering Major, Graduate School

³ Department of Biomedical Engineering, College of Medicine and

⁴ Institute of Medical & Biological Engineering, Medical Research Center, Seoul National University, Seoul, Korea

Abstract—To evaluate status of the optic disc nerve head, conventional stereo optic disc image was analyzed and reconstructed as 3-dimensional image. After preprocessing and registering the paired images, using power cepstrum and image matching metric, the depth information of ONH was calculated. Final depth-map was created by cubic B-spline interpolation and 3D image of ONH was reconstructed through OpenGL

Keywords—Glaucoma, Optic Disc Nerve Head, 3D Reconstruction

I. INTRODUCTION

optic disc nerve head(ONH)는 망막의 시신경과 혈관들이 모여서 눈밖으로 나가는 부분으로 컵모양을 하고 있다. 녹내장과 같은 주요 안질환은 이 ONH의 deformation을 수반하기 때문에 조기 진단을 위해 이 부위의 3차원 정보를 아는 것은 중요하다. 본 논문에서는 일반적으로 안진단에 널리 사용되는 안저검사경을 통해 얻은 stereo photo image 두 장으로부터 ONH 부위의 3차원 영상을 재구성하였다.

II. METHODOLOGY

Stereo disc photograph (SDP) camera (TRC-SS2, Topcon Inc., Tokyo, Japan)를 통해 얻은 두 장의 stereo pair image를 이용하여 망막, 특히 ONH 부위의 3차원 영상을 얻기 위해 다음과 같은 과정들을 거쳤다.

A. Preprocessing

먼저 stereo pair image를 R, G, B 세 채널로 분리하여 각 채널에 대해 entropy를 조사하였고, G 채널이 가장 많은 정보량을 가지고 있었다. G 채널만을 이용하여 원래 이미지의 8bit gray scale 이미지를 획득하여 처리의 대상으로 삼았다. 뒤 부분에서 경계선 정보를 좀더 충분히

활용하기 위해 unsharp masking 즉, gray scale 이미지에서 Gaussian filtering 한 이미지를 빼줌으로써 고주파 성분이 많이 남게 함으로써 edge enhancement를 하였다. 그리고 binarization을 하기 위해 moment preserving에[4] 기반한 thresholding 수행하였다.

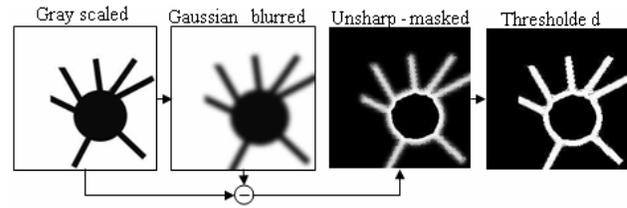


Fig 1. Preprocessing Procedure

B. Registration

전처리된 이미지에 median filtering한 두 장의 stereo image에서 x_0, y_0 는 shift된 정도로 나타내고, reference image를 $w(x, y)$, 이것에 대해 shift된 image를 $w(x + x_0, y + y_0)$, 이 둘의 합을 $i(x, y)$ 라 하면, 이것의 power cepstrum은 다음과 같다[1].

$$P[i(x, y)] = \left| F \left(\ln \left(F [i(x, y)] \right)^2 \right) \right|^2$$

$$= P[w(x, y)] + A\delta(x, y) + B\delta(x \pm x_0, y \pm y_0) + C\delta(x \pm 2x_0, y \pm 2y_0) + \dots \quad (1)$$

(여기서 F는 Fourier transform)

식 (1)에서 유도해낼 수 있듯이, $P[i(x, y)]$ 에서 $P[w(x, y)]$ 을 빼면 (x_0, y_0) 와 그것의 정수배 위치에서의 peak점들이 보이는 이미지를 얻을 수 있다(Fig.2). peak점들 중 한 점만의 위치만이 shift된 정보(x_0, y_0)를 가지고 있다. 이것을 찾기 위한 image matching metric으로 zero-mean normalized cross-correlation (ZNCC)을 사용하였다. peak들 각각의 좌표 별로 두 이미지의 ZNCC값을 구해서 그 중 가장 큰 값을 가지는 peak의 좌표를 찾아 두 이미지의 shift된 정도라고 정하였고, 이 정보를 이용해 전처리된 이미지를 cropping하였다.

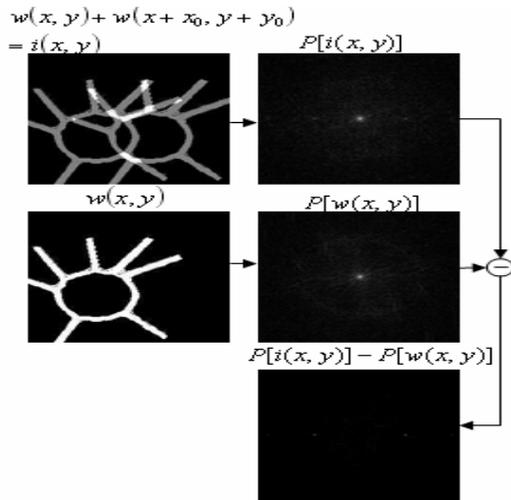


Fig. 2. Cepstrum analysis

C. Depth-map Retrieval

앞서 방법으로 전처리된 이미지를 cropping 하고, Gaussian blurring 과 median filtering 을 하였다.

사용한 camera의 optics에 의해서[1] 깊이 정보는 두 장의 stereo photo image 상에서 나타나는 지점의 차이($x_1 - x_2$)에 반비례함을 알 수 있다(식(2)).

$$D = B \cdot f / (x_1 - x_2) \quad (2)$$

disparity pair point 는, 한 이미지의 NxN 영역과 다른 이미지 상의 Nx3N 영역에서 가장 유사한 영역을 NxN sliding window 로 찾게 하였다. 여기서 사용한 image matching metric 은 ZNCC 이다. 찾아진 disparity pair point 로 식(2)를 통해 해당 N 값에 대한 depth-map 을 얻었다.

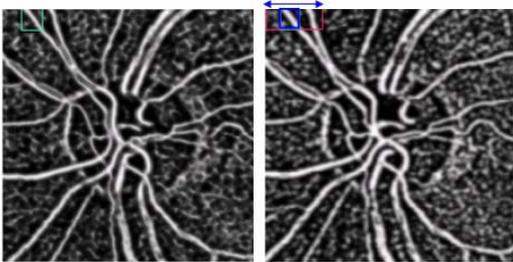


Fig. 3. Disparity pair searching using sliding window

N 값을 바꿔가면서 위의 과정을 반복하여 얻은 각각의 depth-map 들을 모두 더하고 적당히 scaling 하여 얻은 후, Cubic B-spline Interpolation 을 통해 smoothing 된 final depth-map 을 얻었다(Fig. 6).

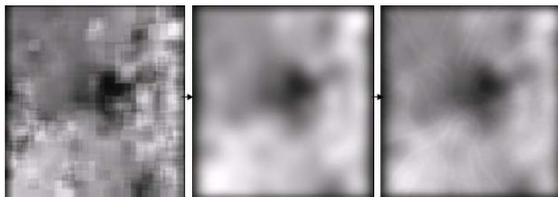


Fig. 6. Interpolation & vessel adding

3 차원 재구성을 해야 하는데, physicist 들을 위해 부가적으로 혈관의 위치를 가시화할 필요가 있다. 앞서 disparity pair point search 시 사용한 기준 이미지에 적당한 offset 을 주어, final depth-map 에 superimpose 하였다. OpenGL 을 이용해 ONH 부위를 3 차원으로 재구성하였다.

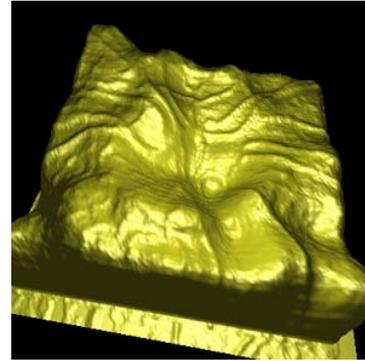


Fig.7. 3D reconstruction of ONH

III. RESULTS & DISCUSSION

재구성된 ONH의 3차원 이미지와 실제 안구의 3차원 정보가 얼마나 일치하는지 추후 검증 과정을 거쳐야 할 것이다. 본 논문에서 Image matching metric으로 사용한 ZNCC외에 pattern intensity나 mutual information 등을 사용하여 성능을 비교하는 것도 의미 있는 일이라 생각한다.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported in part by Advanced Biometric Research Center (ABRC) Supported by the Korea Science and Engineering Foundation and Jong-Mo Seo (M.D., Department of Ophthalmology, Seoul National University College of Medicine, Seoul National University)

REFERENCES

- [1] E. Corona, S. Mitra*, *et al.*, "Digital stereo Image Analyzer for Generating Automated 3-D Measures of Optic Disc Deformation in Glaucoma ", *IEEE Trans. Medical Imaging*, vol. 21, no. 10, Oct. 2002
- [2] J. M. Ramirez, S. Mitra, J. Morales, "Visualization of the Tree-dimensional Topography of the Optic Nerve Head through a Passive Stereo Vision Mode", *Journal of Electronic Imaging*, pp.92-97, Jan. 1999
- [3] C. M. Parfitt, F. S. Mikelberg, N. V. Swindale, "The Detection of Glaucoma Using an Artificial Neural Network, 1995 IEEE-EMBC and CMBEC Theme 4: Signal Processing, pp. 847-848, 1997
- [4] M. Seul, L. O'Gorman, M. J. Sammon, "Practical Algorithms for Image Analysis", Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2000