

자동 시각 굴절력-곡률계의 전자 부문 소프트웨어 설계

성 원⁰, 박종원
충남대학교 정보통신공학과
(wseong, jwpark)@crow.cnu.ac.kr

The Software Design of Automatic Refractometer-Keratometer

Won Seong⁰, Jong-Won Park
Information and Communication Engineering Department, Chungnam National University

요약

일반적으로 안과 의사들과 안경사 등을 포함하는 시각 관련 전문가들은 시력 피검자에 대한 굴절력 측정시 약 30% 이상의 오류율을 가진다고 한다. 이는 검사를 행하는 전문가의 비숙련도에 기인한다기 보다는 그만큼 시각 관련 측정이 유동적이고 민감해서 정확한 측정값을 얻어내는 것이 어렵다는 것을 말해주는 것이다. 만약 자동화된 시스템이 광학계로부터 나오는 영상을 이용하여 내부 처리를 거친 후 정확한 시각 측정치를 검사자에게 알려줄 수 있다면 잘못 측정되는 측정 횟수를 크게 줄일 수 있을 것이다. 본 연구는 형태학적 필터링(morphological filtering)과 그레이-레벨의 신호 강조(signal enhance) 기술들을 이용한 자동 시각 굴절력 측정 시스템을 개발하였다. 본 시스템에서는 광학계로부터 도출된 영상으로부터 첫째로 형태학적 필터링 처리를 행한다. 이 과정은 처리가 어려운 원 영상을 좀 더 다루기 쉬운 상태로 바꿔주는 역할을 하게 된다. 둘째는 일차 처리된 영상에 가해주는 그레이 수준 한계 기법을 통한 신호 강조 기법으로서 이는 영상의 그레이 값 분포가 다양함으로 인해서 발생하는 오차를 줄이기 위해서 사용된다. 그리하여 본 시스템은 정확한 측정값 도출이 어려운 시각 영상에 적용되어 효과적으로 오차를 줄임으로써 보다 효율적인 시각 측정을 가능하게 하였다.

1. 서론

일반적으로 시각 측정시 정확한 굴절력 값과 각막 곡률 값의 도출에 대한 실패율은 실제적으로 30%를 웃돈다고 한다. 이러한 높은 실패율(miss rate)은 다양한 원인으로부터 기인될 것이다. 이는 측정자의 비숙련도에도 관련이 있을 수 있으나 시각 측정 자체의 어려움에 더 크게 기인한다고 봐야 한다. 심지어 같은 피검자의 경우에도 깜박거리와 집중력 차이, 검사자의 미세한 손떨림 등에도 큰 오차를 불러올 수 있는 것이다. 만약 자동 처리 시스템이 광학계로부터 나오는 영상으로부터 내부적 처리를 통해서 정확한 측정값을 알려줄 수 있다면 측정 오류를 크게 줄일 수 있을 것이다.

최근 국내의 안과 의원과 안경점에서 사용되고 있는 자동 시각 굴절력 측정기는 대부분 외국산이다. 이는 단순한 측정 시스템의 국내산 부재만을 얘기하는데 그치는 것이 아니라 앞으로 계속해서 개발되는 시각 관련 측정기 산업의 종속을 의미하는 것이다. 이에 최근에 국내에서도 이러한 시각 측정 기술의 개발을 행하고 있으나 아직까지 완성도에서 크게 못미치는 실정이다. 이에 본 연구는 영상처리 기법을 이용하여 좀 더 나은 측정 값을 구하는 소프트웨어 시스템을 개발하였다.

본 시스템은 정확한 시각 측정값 도출을 위해서 먼저 광학계로부터 도출되는 영상을 판독하기 용이한 상태로 미리 바꿔주

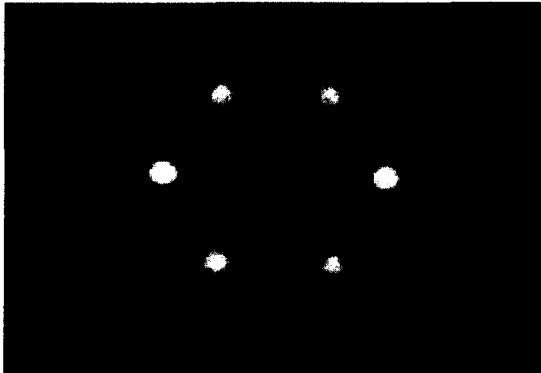
기 위해서 형태학적 필터링(morphological filtering) 처리를 행한다. 이 처리는 열림(opening)처리로서 먼저 광학계로부터 나오는 원 영상에 침식(erosion) 작용을 적용시킨 후 연이어 확장을 행하는 것이다. 이를 행함으로써 원 영상을 이루고 있는 각각의 모든 픽셀들이 원래의 영상에서보다는 훨씬 더 원형의 덩어리 형태들로 밀집되게 된다. 이렇게 원형의 덩어리들로 밀집된 영상은 노이즈(noise)들을 많이 포함하고 있는 원래의 영상보다는 그레이-수준 한계(gray-level thresholding) 기법과 신호 강조(signal enhance) 기법 등의 적용이 용이한 상태가 된다. 형태학적 필터링 작용 다음 단계로 행하는 기법인 그레이-수준 한계 신호 강화 기법은 미리 실험으로 구한 그레이 값을 그레이 한계 값으로 삼아 필터링된 영상에서 그 값을 넘어서는 모든 픽셀들을 모두 일정 값의 그레이 값으로 변환시켜주는 과정이다. [1][2][3]

이러한 과정을 거친 영상을 이용하여 본 시스템은 굴절력과 각막 곡률계의 측정 원리를 이용하여 효율적인 시각 측정을 할 수 있었다.

2. 방법

자동 굴절력 곡률계의 광학 부문에서 도출되는 영상은 720 X 480 매트릭스로 이뤄져 있다. 이 영상은 영상 안에 6 개의 덩어리 점들을 가지고 있는 형태인데 6 개 각각의 한 점은 가로

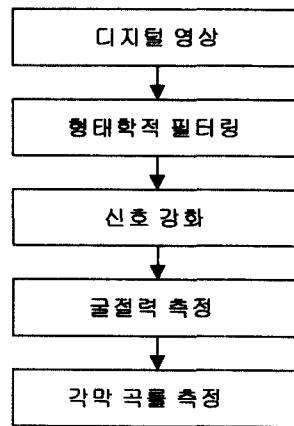
세로 30 픽셀 정도의 크기로 되어 있고 점의 윤곽은 명확하게 형성되어 있지 않으며 많은 노이즈(noise)들도 포함하고 있어서 점과 바탕의 경계가 모호하게 되어 있다. 이 6 개의 점들은 원 또는 타원을 형성하는 각 부분들이 되고 이 6 개가 이루는 도형의 크기와 위치에 따라서 측정 값이 달라지게 되는 것이다. 이에 덩어리 점을 이루는 여러 픽셀들 중 필요없는 노이즈들을 제거하고 정확한 실제 한 픽셀만을 선택하기 위해서 영상들은 일반적인 영상처리가 가능한 상태로 변환되어야 할 필요가 있다. [4][5]



[그림 1] 광학계로부터 나오는 굴절력 부분 영상 예

본 시스템은 보다 처리가 용이한 상태로 만들기 위해서 먼저 열림(open) 형태학적 필터링 기법을 적용시킨다. 열림 작용은 침식(erosion)과 확장(dilation)을 연이어서 행하는 것인데 열림 작용 중에서 침식 단계는 6 개 각각의 덩어리 점들의 가장자리 뿐 아니라 분리되어 있는 픽셀들을 제거하고 열림 작용 중에서 확장 단계는 노이즈(noise)는 복원시키지 않으면서 덩어리 점들의 가장자리들을 대부분 복원시킨다. 이 작용을 거치게 됨으로써 점 가장자리에 위치하는 필요없는 노이즈들을 제거하는 효과를 가진다. 다음으로 위와 같은 처리 후에 얻어진 영상에 그레이-수준 한계 값을 이용한 신호 강화 기법을 적용시키게 된다. 이 방법은 먼저 점을 이루고 있는 덩어리들이 균일하지 못한 픽셀 그레이값을 보임으로써 정확한 중심값을 얻어내는 데 어려움을 주는 요인을 해결하기 위한 방법이다. 먼저 여러 영상들을 가지고 테스트한 결과 덩어리 점의 그레이값으로 간주할 수 있다고 결정된 그레이값을 하나 정한다. 이 그레이 값 이상을 갖는 ROI(Region of Interest) 내의 모든 픽셀들을 동일한 한 높은 레벨의 그레이 값으로 전부 변환시킴으로써 신호를 강화시킨다. [6][7]

다음으로 6 개의 덩어리 점들로부터 각각의 중점을 구한 후 구해진 6 개의 중점 픽셀 점들이 만들어 내는 원 또는 타원의 중점을 구한다. 구한 도형의 중점과 6 개의 점들을 이용해서 도형의 장축과 단축을 도출해 내고 이를 이용해서 굴절력과 각막 곡률 값 등을 측정 원리에 따라 구한다.

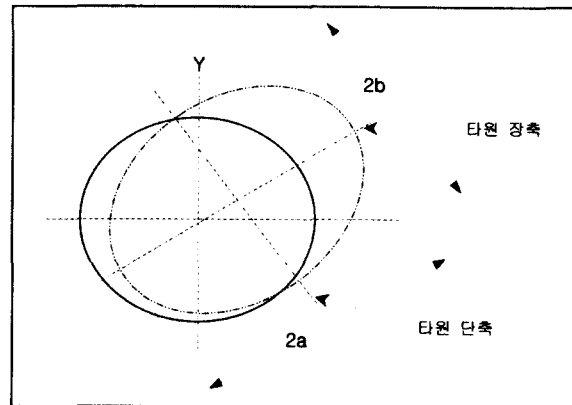


[그림 2] 자동 곡률 측정기 시스템의 처리 순서

3. 측정 원리

3.1 굴절력계 측정 원리 [8][9]

광원에서 나온 광선속은 피검안의 망막에서 반사된다. 이 때 피검안의 굴절 상태에 따라 정시(정상안)에서는 평행 광선속, 근시에서는 수렴 광선속, 원시에서는 발산 광선속으로써 사출된다. 이 피검안으로부터 사출된 광선속은 분할되어, 6 개의 덩어리 점으로 되어 TV 카메라에 투영되어 결상된다. 이 6 개의 덩어리 점의 좌표 위치를 타원(또는 원)으로 계산하여, 굴절력 측정 값인 구면도수(SPH), 난시도수(CYL), 축각도(AX)를 구한다.



[그림 3] 굴절력계에서의 6 점 타원과 관계

3.2 각막 곡률계 측정 원리 [10]

각막 곡률계 측정 링(Ring) 광원을 피검안의 각막에 투영하면 각막이 가진 각 방향의 곡률 반경 R 에 대응한 형 크기의 타원 형태로 반사된다. 이 각막에서의 반사광을 사전에 XY 좌표에 위치시켜 놓은 TV 카메라에서 수광하여 그 좌표를 테이

터로서 읽는다. 이 데이터를 처리하는 것에 따라 타원의 장경, 반경, 회전각이 구해진다.

이때 각막의 곡률 반경 R, 링 광의 투영상의 높이 h, 링 광의 투영각도 θ 와의 관계는 다음 식을 기본으로 하는 함수 관계가 있고 타원의 장,단경에 따라 각막의 대,소 곡률 반경 R 을 각각 구할 수 있다.

$$R = \frac{h}{\sin(\theta / 2)}$$

또 각막의 곡률 반경 R, 각막의 굴절력 D, 각막의 굴절률 n 사이에는 다음과 같은 함수 관계가 있고 각막의 대,소 곡률 반경 R에서 각막의 강,약 굴절력 D를 구할 수 있다.

(각막 등가 굴절률 n은 1.3375, 1.336, 1.332 중 선택할 수 있다)

$$D = \frac{1000 (n - 1)}{R (mm)}$$

4. 결과

이 절에서는 본 시스템 상의 메커니즘에 따라 처리된 결과를 기술한다. 본 시스템은 난시 도수 측정 실험에서는 기존의 시스템과 별다른 차이를 보이지 못했으나 구면도수 측정 실험에서는 기존의 시스템보다 근소하나마 정확성 향상을 보였다.

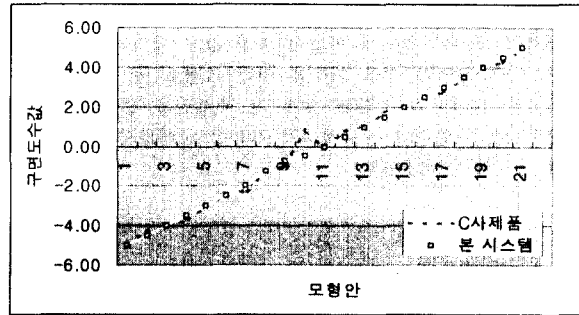
[표 1] +5.00 모형안의 구면도수 측정 (단위:디옵터)

모형안	M사 제품	본 시스템	오차
+5.00	+5.00	+5.00	0
+4.50	+4.25	+4.50	0
+4.00	+4.00	+4.00	0
+3.50	+3.50	+3.25	0.25
+3.00	+2.75	+3.00	0
+2.50	+2.50	+2.50	0
+2.00	+2.00	+2.50	0.5
+1.50	+1.50	+1.75	0.25
+1.00	+1.00	+1.00	0
+0.50	+0.75	+0.50	0
+0.25	+0.25	+0.25	0
-0.50	-0.25	-0.50	0
표준편차	0.08	0.06	

[표 1]은 구면도수값 +5.00 을 가진 모형안(Model Eye)을 기준으로 구면 렌즈들을 덧씌움으로써 얻어낸 결과로서 본 시스템과 기존의 한 시스템에 대한 실험 결과 값들을 열거한 표이다. [도표 1]는 다양한 구면도수 값을 가지고 있는 모형안들을 가지고 본 시스템과 기존의 한 시스템과 비교한 결과이다. 본 시스템의 결과 값들이 근소하나마 더 대각직선에 가까운 것을

볼 수 있는데, 이는 오차가 더 적음을 말하는 것이다.

[도표 1] 여러 모형안들의 구면도수값 측정



5. 결론

본 연구는 형태학적 필터링(morphological filtering)과 그레이-레벨의 신호 강조(signal enhance) 기술들을 이용하고 시각 측정 원리를 적용하여 자동 시각 굴절력 곡률계의 전자부문 소프트웨어를 개발하였다. 본 시스템은 광학부문, 전자부문 하드웨어 등과 연동되어 정확한 측정값 도출이 어려운 시각 영상에 적용되어 효과적으로 구면도수 오차를 줄임으로써 보다 효율적인 시각 측정을 가능하게 하였다.

참고 문헌

- [1] J.R. Parker, Algorithms for Image Processing and Computer Vision, pp 68 - 115, John Wiley & sons, Inc
- [2] Howard E.Burdick, Digital Imaging Theory and Application, pp 153 - 194, McGraw-Hill
- [3] Scott.E. Umbaugh, Computer Vision and Image Processing: A Practical Approach Using CVIptools, pp 197 - 235, Prentice Hall
- [4] CANON Service Manual, Canon Publishing
- [5] Mirae optics company, Auto Refractometer/Keratometer MRK 3100 User's Manual
- [6] M.L. Giger, et al., Computerized detection of pulmonary nodules in digital chest images: Use of morphological filters in reducing false-positive detections, pp 861 - 865, Medical Physics, Vol. 17, No.5, Sep/Oct 1990
- [7] H. Yoshimura, Computerized Scheme for the Detection of Pulmonary Nodules : A Nonlinear Filtering Technique, pp 124 -129, INVESTIGATIVE RADIOLOGY, Vol 27, Feb, 1992
- [8] 옵토메트리 개론 & 안경재료학, 성풍주 저, 대학서림
- [9] 안경 광학 1, 2, 성풍주 편저, 대학서림
- [10] 쉐인 광학 기기, pp 192 - 211, 김관철 저, 신광출판사

본 연구는 2001년 BK21 대전-충남 정보통신인력양성 사업단의 연구 지원으로 수행되었습니다.