

소형 360° 구강 스캐너 렌즈 모듈 개발

The Developement of Small 360° Oral Scanner Lens Module

곽 동 훈*, 이 선 구**, 이 승 호***★

Dong-Hoon Kwak*, Sun-Gu Lee**, Seung-Ho Lee***★

Abstract

In this paper, we propose the development of a small 360° oral scanner lens module. The proposed small 360° oral scanner lens module consists of a small 360° high resolution(4MegaPixel) lens optical system, a 15mm image sensor unit, and a small 360° mouth scanner lens external shape. A small 360° high resolution lens optical system produces a total of nine lenses, the outer diameter of the lens not less than 15mm for use by children through the ages of adulthood. Light drawn by a small 360° high resolution lens optical system is 90° flexion so that image images are delivered to image sensors. The 15mm image sensor unit sends the converted value to the ISP(Image Signal Processor) of the embedded board after an image array through the column and the row address of the image sensor. The small 360° mouth scanner lens outer shape was designed to fix the race to the developed lens. Results from authorized testing agencies to assess the performance of proposed small 360° oral scanner lens modules, The optical resolving power of 360° lens was more than 30% at 150 cycles/mm, 360° lens angle was 360° in vertical direction, 42°~85° in vertical direction, and lens distortion rate was 5% or less. It produced the same result as the world's highest level.

요 약

본 논문에서는 소형 360° 구강 스캐너 렌즈 모듈의 개발을 제안한다. 제안하는 소형 360° 구강 스캐너 렌즈 모듈은 소형 360° 고해상도(4MegaPixel) 렌즈 광학계, 15mm 이미지 센서부, 소형 360° 구강 스캐너 렌즈 외형 등으로 구성된다. 소형 360° 고해상도 렌즈 광학계는 총 9개의 렌즈로 어린이부터 성인까지 전 연령에 걸쳐 사용이 가능하도록 렌즈 외경을 15mm 이하로 제작한다. 소형 360° 고해상도 렌즈 광학계에 의해 입사되는 빛을 90° 굴곡을 시켜 이미지 센서에 영상 이미지를 전달 하게 한다. 15mm 이미지 센서부는 이미지 센서의 열, 행 주소를 통해 이미지 배열을 거친 후 전압으로 변환된 값을 임베디드 보드의 ISP(Image Signal Processor)에 전송한다. 소형 360° 구강 스캐너 렌즈 외형은 개발된 렌즈의 고정을 위하여 경통을 설계하였다. 제안된 소형 360° 구강 스캐너 렌즈 모듈의 성능을 평가하기 위하여 공인시험기관에서 실험한 결과, 360° 렌즈 광학계 분해능은 150cycles/mm에서 30% 이상, 360° 렌즈 화각은 수평은 360°, 수직은 42°~85°, 렌즈 왜곡률은 5% 이하의 세계최고 수준과 동일한 결과를 산출하였다.

Key words : 360° Small Omnidirectional Lens, Oral Scanner, Optical path, Image Sensor, 360° Lens Optical Resolution, 360° Lens Angle, 360° Lens Distortion

* Dept. Electronic Engineering, Hanbat National University

** QDIS Co. Ltd

*** Dept. Electronics&Control Engineering, Hanbat National University

★ Corresponding author

E-mail : shlee@cad.hanbat.ac.kr, Tel : +82-42-821-1137

Manuscript received Aug. 29, 2018; revised Sep. 17, 2018; accepted Sep. 18, 2018

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

디지털 기술이 치과 임상 및 기공 과정에 응용되면서 인상채득 역시 인상체를 사용하지 않고 구강 내를 직접 스캔하거나 석고 모형을 제작하지 않고 인상체를 스캔하여 디지털 데이터로 전환한 후 컴퓨터를 기반으로 보철물을 디자인하고 제작하는 새로운 디지털 작업 방식으로 변화되고 있다. 이와 같은 디지털 인상채득과 CAD/CAM을 활용한 디지털 제작 및 가공 기술은 일반적인 인상채득에 사용되는 알지네이트 및 고무인상재와 같은 재료의 재현성의 한계 및 모형 제작 시 발생하는 오차, 모형과 기록보판의 문제, 수작업으로 인한 숙식의 민감성이나 제작표준화의 문제뿐 아니라 작업환경 개선 등에도 긍정적인 효과를 주고 있다. 이때 적용되는 디지털 데이터 방식 중, 구강 스캐너는 비접촉식 방식으로 광원을 사용하는 기술로 렌즈를 사용하게 된다. 현재의 기술은 하나의 치아를 스캔하는 방식으로 전체의 구강(틀니)을 스캔하면 기계적 오차로 거의 불가능 하며, 시간과 숙련된 의사가 필요하게 된다[1]. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하고자 그림 1과 같이 초소형 360° 렌즈 적용 스캐너 모듈을 사용하여 한 번에 전체의 구강(틀니)을 기계적 오차 없이 스캔하는 소형 360° 구강 스캐너 렌즈 모듈 개발을 목표로 한다[2].



Fig. 1. Overall Configuration of small 360° Oral Scanner Lens Module. 그림 1. 소형 360° 구강 스캐너 렌즈 모듈의 전체 구성도

II. 본론

1. 소형 360° 구강 스캐너 렌즈 모듈의 블록도

소형 360° 구강 스캐너 렌즈 모듈의 블록도는 그림 2와 같이 소형 360° 고해상도(4MegaPixel) 렌즈 광학계, 15mm 이미지 센서부, 소형 360° 구강 스캐너 렌즈 외형 등으로 구성된다.

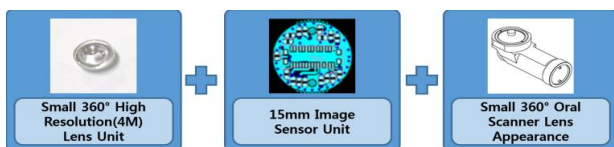


Fig. 2. Block Diagram of Small 360° Oral Scanner Lens Module. 그림 2. 소형 360° 구강 스캐너 렌즈 모듈의 블록도

2. 소형 360° 고해상도(4MegaPixel) 렌즈 광학계

렌즈 모듈은 2개의 반사면과 2개의 투과면을 갖춘 G1 렌즈는 성능확보를 위하여 4개의 면으로 제작하고 뒷면에 직각 프리즘을 배치하여 G1으로부터 입사되는 빛을 90° 굴곡을 시켜 이미지 센서에 영상 이미지를 전달하게 하며, G1 렌즈를 비롯하여 G2를 직각 프리즘으로 G3, G4, G6, G7, G8, G9 등을 각각 광 접합을 시켜 TTL을 최소화하는 형태로 한 총 9매의 렌즈로 어린이부터 성인까지 전 연령에 걸쳐 사용이 가능하도록 렌즈 외경을 15mm 이하로 제작한다.

2.1 소형 360° 구강 스캐너 렌즈의 설계 사양

소형 360° 구강 스캐너 렌즈의 설계 사양은 그림 3과 같이 치아와 치은과 구강 해부학적 구조물의 형태 및 크기를 감안하여 설계하였다.

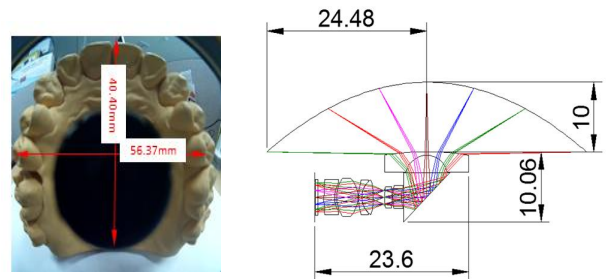


Fig. 3. Design of Lens Module Considering Tooth, Gingiva and Oral Anatomical Structure.

그림 3. 치아, 치은 및 구강 해부학적 구조를 고려한 렌즈 설계 사양

소형 360° 구강 스캐너 렌즈는 Catadioptric 모듈을 이용한 광학계 설계로 11mm의 렌즈외경에서 최고 높은 F-number를 설정하였다. 시야각의 경우에 구강의 해부학적 구조를 감안하여 좌우 360°, 상부 75°, 하부 41°로 설정하였다. 유효 초점거리는 1.1556mm로 설정하고, 구조상 렌즈가 노출될 수밖에 없으므로 반사코팅면의 보호를 위하여 더미 렌즈를 설계하여 G1으로 관리한다. G1/2/3 렌즈는 3매 접합으로 구성하고 있으므로 편심에 의한 영향이 작도록 저전력으로 설계하였다. 본 논문에서는 여러 광학장비의 설계 조건을 입력하면 시뮬레이션 하여 최적의 설계 스펙을 제시하는 CODE V 프로그램을 사용하여 설계하였으며 표1에 설계 사양을 정리하였다.

Table 1. Lens Design Specification.

표 1. 렌즈 설계 사양

No	Category		Specification
1	Sensor	Type	1/3", 4 Mega pixel
2		Pixel Size	2.0 μ m x2.0 μ m
3	Total number of pixel		2688(H) x 1520(V) approx 4.0M pixels
4	Lens Construction		4Group 9elements
5	F/NO		3.8
6	Field of View		41 ~ 75 Deg
7	Effective Focal Length		1.1556
8	Wavelength(nm)		430 ~ 660
9	Relative Illumination(%)		100
10	MTF(120lp/mm)		All field > 56%

2.2 소형 360° 구강 스캐너 렌즈 설계 결과

Object Distance를 25mm로 최적화 설계 결과 전 각도에서 MTF 성능 30% 이상 영역이 약 22mm ~ 30mm 정도로 목표 내 있었다[3][4]. G2 렌즈의 노출로 작업 시에 타액 등 수분이 물을 수밖에 없고 위생상 사용 전 후에 제품 세정이 필요하므로 저온코팅으로 생성한 코팅 막의 손상이 발생할 수 있음이 확인되었다. 또한 G2 렌즈의 R3반사면에 G1 렌즈를 접합하고 G2렌즈의 R2면과 G3렌즈의 R1면을 접합하여 G1/2/3 Doublet 형태의 하이브리드 렌즈로 구성하였으며, 렌즈 모듈은 G1/2/3 렌즈를 비롯하여 G4를 직각 프리즘으로 G5와 G6/7 Doublet, G7/8 Doublet 등으로 총 9매의 렌즈를 4 Group으로 TTL을 최소화하였다. 그림 4는 소형 360° 고해상도 렌즈 광학계 구조 및 광 경로도를 나타내고 있다[5].

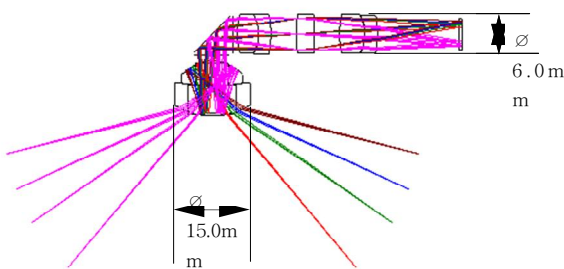


Fig. 4. Small 360° Oral Scanner Lens Structure and Optical path diagram.

그림 4. 소형 360° 고해상도 렌즈 광학계 구조 및 광 경로도

그림 5는 개발된 소형 360° 고해상도 렌즈를 나타내고 있다.

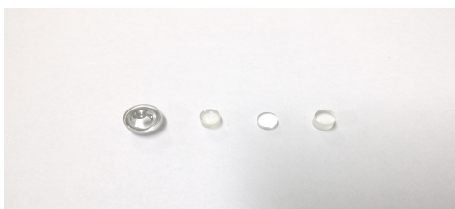


Fig 5. Image of Developed Lens.
그림 5. 개발된 렌즈의 이미지

3. 15mm 이미지 센서부

이미지 센서는 4Megaixel의 고 해상도와 90fps의 데이터 전송이 가능한 Omnivision사의 이미지 센서(OV4869)를 사용하였다. 이미지 센서의 성능은 Standby 전류 약 1mA 및 Core 전압 약 1.1V에서 1.3V 정도의 저 전력을 내며 1900mV /Lux-sec의 이미지 감도를 갖는다. 또한 호스트와 I2C 통신을 통하여 해상도, 프레임 레이트 변경, 기타 레지스터 값을 변경할 수가 있다[6]. 2688 x 1520의 해상도를 가진 이미지 센서의 Column, Row 어드레스를 통해 이미지 배열을 거친 후 전압으로 변환된 값을 임베디드 보드의 ISP에 전송한다. 그림 6은 OV4689 이미지 센서의 사진을 나타내고 있다.

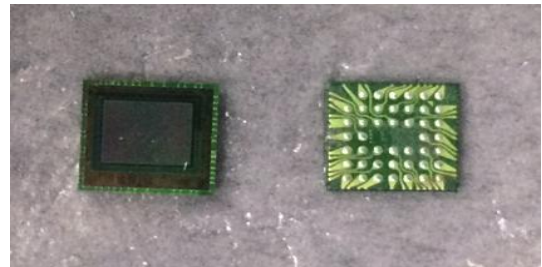


Fig 6. OV4689 Image Sensor.
그림 6. OV4689 이미지 센서

4. 소형 360° 구강 스캐너 렌즈 모듈의 PCB 설계 및 제작

그림 7은 소형 360° 구강 스캐너 렌즈 모듈의 PCB artwork을, 그림 8은 소형 360° 구강 스캐너 렌즈 모듈의 PCB 이미지를 나타내고 있다.

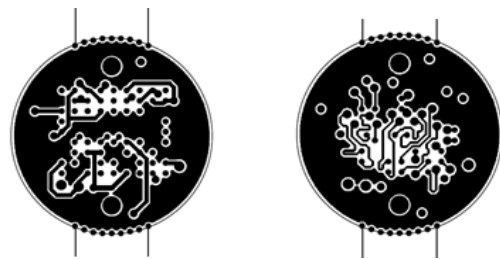


Fig 7. PCB Artwork of Small 360° Oral Scanner Lens.

그림 7. 소형 360° 구강 스캐너 렌즈 모듈의 PCB Artwork

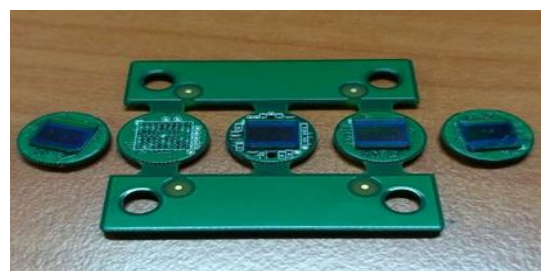


Fig 8. PCB Image of Small 360° Oral Scanner Lens.

그림 8. 소형 360° 구강 스캐너 렌즈 모듈의 PCB 이미지

5. 소형 360° 구강 스캐너 렌즈의 외형

렌즈 조립 생산성 향상을 위하여 굴곡부와 직선부를 별도로 제작하여 렌즈 얼라인 작업을 손쉽게 할 수 있도록 하였다. 재질은 알루미늄을 사용하였고, 제작방법은 다축자동선반 가공을 하였다. 개발된 렌즈의 고정을 위하여 경통을 설계하였으며 렌즈 조립 생산성 향상을 위하여 굴곡부와 직선부를 별도로 제작하여 렌즈 얼라인 작업을 손쉽게 할 수 있도록 하였다. 그림 9는 본 논문에서 설계한 소형 360° 구강 스캐너 렌즈의 외형 이미지를 나타내고 있다.



Fig. 9. Appearance Image of Small 360° Oral Scanner Lens.
그림 9. 소형 360° 구강 스캐너 렌즈의 외형 이미지

6. 성능 실험

가. 실험 방법

본 논문에서 제안한 소형 360° 구강 스캐너 렌즈 모듈의 360° 렌즈 광학계 분해능, 360° 렌즈 화각, 360° 렌즈 왜곡률 등을 평가하기 위하여, 공인시험기관에서 그림 10과 같이 ImageMaster HR(TRIOTICS) 장비로 실험을 수행하였다.



Fig. 10. Test Configuration Environment.
그림 10. 테스트 구성 환경

나. 실험 결과

실험 결과, 표 2와 같이 360° 렌즈 광학계 분해능은 150cycles/mm에서 30% 이상, 360° 렌즈 화각은 수평은 360°, 수직은 42° ~ 85°, 렌즈 왜곡률은 5% 이하의 결과치로서 세계최고 수준과 동일한 결과를 산출하였기 때문에 그 효용성이 입증되었다.

Table 2. Result of Certificate of Accreditation Agency.

표 2. 공인시험성적서 결과

Evaluation Item (Performance Specifications)	Unit	Evaluation Result
360°Lens Optical Resolution	cycles/mm	More than 30% based on 150
360°Lens Angle	angle	Horizontal: 360° Vertical: 42°~ 85°
360°Lens Distortion	%	Less than 5%

III. 결론

본 논문에서는 소형 360° 구강 스캐너 렌즈 모듈의 개발을 제안하였다. 제안하는 소형 360° 구강 스캐너 렌즈 모듈은 소형 360° 고해상도(4MegaPixel) 렌즈 광학계, 15mm 이미지 센서부, 소형 360° 구강 스캐너 렌즈 외형 등으로 구성되었다. 제안된 소형 360° 구강 스캐너 렌즈 모듈의 성능을 평가하기 위하여 공인시험기관에서 실험한 결과, 360° 렌즈 광학계 분해능은 150 cycles/mm에서 30% 이상, 360° 렌즈 화각은 수평은 360°, 수직은 42°~85°, 렌즈 왜곡률은 5% 이하의 세계최고 수준과 동일한 결과를 산출하였다. 향후 연구 과제는 소형 360° 구강 스캐너 렌즈 모듈을 통해 입력된 이미지를 처리하는 영상처리 시스템에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

References

[1] Hong-Seok, Park, and Shah Chintal. "Development of high speed and high accuracy 3D dental intra oral scanner," *Procedia Engineering 100* (2015): 1174-1181. DOI:10.1016/j.proeng.2015.01.481

[2] Hee-Yeol Lee, Sun-Gu Lee and Seung-Ho Lee, 2017, "Development of 360° Omnidirectional IP Camera with High Resolution of 12 Million Pixels," *Journal of IKEEE*, Vol.21, No.3, pp.268-271.

[3] Park, Stephen K., Robert Schowengerdt, and Mary-Anne Kaczynski. "Modulation-transfer-function analysis for sampled image systems," *Applied optics* 23.15 (1984): 2572-2582. DOI:10.1364/AO.23.002572

[4] Borja, David, et al. "Crystalline lens MTF measurement during simulated accommodation," *Ophthalmic Technologies XV*. 2005. DOI:10.1117/12.600618

[5] Zhang, Zhengyou. "On the epipolar geometry between two images with lens distortion," *icpr. IEEE*, 1996. DOI:10.1109/ICPR.1996.546059

[6] Yamamoto, Katsumi. "Image sensor having micro-lens array separated with trench structures and method of making," *U.S. Patent* No. 6,933,167. 23 Aug. 2005.