

1200만 화소의 고해상도 360° 전방위 IP 카메라 개발

Development of 360° Omnidirectional IP Camera with High Resolution of 12Million Pixels

이 희 열*, 이 선 구**, 이 승 호***★
Hee-Yeol Lee*, Sun-Gu Lee**, Seung-Ho Lee***★

Abstract

In this paper, we propose the development of high resolution 360° omnidirectional IP camera with 12 million pixels. The proposed 12-megapixel high-resolution 360° omnidirectional IP camera consists of a lens unit with 360° omnidirectional viewing angle and a 12-megapixel high-resolution IP camera unit. The lens section of 360° omni-directional viewing angle adopts the isochronous lens design method and the catadioptric facet production method to obtain the image without peripheral distortion which is inevitably generated in the fisheye lens. The 12 megapixel high-resolution IP camera unit consists of a CMOS sensor & ISP unit, a DSP unit, and an I / O unit, and converts the image input to the camera into a digital image to perform image distortion correction, image correction and image compression And then transmits it to the NVR (Network Video Recorder). In order to evaluate the performance of the proposed 12-megapixel high-resolution 360° omnidirectional IP camera, 12.3 million pixel image efficiency, 360° omnidirectional lens angle of view, and electromagnetic certification standard were measured.

요 약

본 논문에서는 1200만 화소의 고해상도 360° 전방위 IP 카메라의 개발을 제안한다. 제안하는 1200만 화소의 고해상도 360° 전방위 IP 카메라는 360° 전방위 시야각의 렌즈 부와 1200만 화소 고해상도 IP 카메라 부로 구성된다. 360° 전방위 시야각의 렌즈 부는 등사영 렌즈 설계방식과 catadioptric 면 제작방식을 적용하여 어안 렌즈에서 필연적으로 발생되고 있는 주변부 왜곡현상이 없는 화상을 얻을 수 있도록 한다. 1200만 화소 고해상도 IP 카메라 부는 CMOS 센서 & ISP 부, DSP 부, I/O 부 등으로 구성하여 카메라에 들어온 영상을 디지털 영상으로 변환하여 영상 왜곡 보정, 영상 보정, 영상 압축 등의 기능 등을 수행한 후에, NVR(Network Video Recorder)에 전송한다. 제안된 1200만 화소의 고해상도 360° 전방위 IP 카메라의 성능을 평가하기 위하여 외부시험기관에서 실험한 결과, 1200만 화소의 영상효율, 360° 전방위 렌즈 화각, 전자파 인증 규격 등이 목표값에 적합하게 측정됨이 확인되었다.

Key words : 360° Omnidirectional Camera, 360° Omnidirectional Lens, 12Million Pixels, Distortion Rate, CMOS Sensor

* Dept. Electronics Engineering, Hanbat National University
** ITI Co. Ltd
*** Dept. Electronics&Control Engineering, Hanbat National University
★ Corresponding author
e-mail:shlee@cad.hanbat.ac.kr, tel:042-821-1137
※ Acknowledgment

This work was supported by the Human Resource Training Program for Regional Innovation and Creativity through the Ministry of Education and National Research Foundation of Korea(NRF-2015H1C1A1035818)

Manuscript received Aug. 7, 2017, revised Sep. 1, 2017, accepted Sep. 1, 2017

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

현재 대부분의 CCTV는 촬영 가능 화각이 작은 카메라를 사용하기 때문에 감시 가능구역이 좁다는 단점이 있다. 그러나 렌즈 화각이 180° 이상이 되는 어안렌즈를 카메라로 사용할 경우에는 넓은 범위의 구역을 감시할 수 있기 때문에 1대의 카메라 감시로 4대의 감시효과를 얻을 수 있어 경제성이 뛰어나다.[1]-[4] 그런데 렌즈 화각이 180° 이상이 되는 어안렌즈의 경우에 중심부의 상은 커지고 주변부의 상은 작아지는 영상왜곡이 심하게 나타나는 특징이 있다. 따라서 본 논문에서는 영상왜곡이 없는 화상을 얻을 수 있는 1200만 화소의 고해상도 360° 전방위 IP 카메라의 개발을 제안한다. 360° 전방위 시야각의 렌즈 부는 등사영 렌즈 설계방식과 catadioptric 면 제작방식을 적용하여 어안 렌즈에서 필연적으로 발생되고 있는 주변부 왜곡현상이 없는 화상을 얻을 수 있도록 한다. 1200만 화소 고해상도 IP 카메라 부는 CMOS 센서 & ISP 부, DSP 부, I/O 부 등으로 구성하여 카메라에 들어온 영상을 디지털 영상으로 변환하여 영상 왜곡 보정, 영상 보정, 영상 압축 등의 기능 등을 수행한 후에, NVR(Network Video Recorder)에 전송한다.

II. 본론

1. 360° 전방위 시야각의 렌즈 부

가. 360° 전방위 시야각의 렌즈 부의 특징

본 논문에서 제작하는 360° 전방위 시야각의 렌즈는 다음과 같은 특징을 갖는다. 첫 번째로 아날로그 영상을 이미지 센서에 투영시켜주는 역할을 한다. 두 번째로 총 9매 7군(G1과 G2 접합, G5와 G6 접합)로 렌즈를 구성한다. 세 번째로 렌즈 1개에 2개의 반사면과 투과면을 설치하여 1개의 렌즈가 투과면과 반사면을 가진 하이브리드 형으로 설계한다. 네 번째로 등사영 렌즈 설계방식과 catadioptric 면 제작방식을 적용하여 어안 렌즈에서 필연적으로 발생되고 있는 주변부 왜곡현상이 없는 화상을 얻을 수 있도록 한다.

나. 360° 전방위 시야각의 렌즈 설계

렌즈를 설계하기 위한 사양의 결정은 영상 복원 등에 필요한 해상도를 고려하여 이미지 센서 사양을 만족해야 한다. 또한 최적용도 등을 감안하여 결정한다. 렌즈의 사양이 결정되면 렌즈를 설계한다. 본 논문에서는 여러 광학장비의 설계 조건을

입력하면 시뮬레이션 하여 최적의 설계 스펙을 제시하는 CODE V 프로그램을 사용한다. 그림 1은 렌즈의 설계 결과이다. 렌즈 구성은 G1부터 G9까지 총 9매 7군(G1과 G2 접합, G5와 G6 접합)로 구성한다.

G1과 G2 접합 부분의 렌즈 설계는 다음과 같다. G1 렌즈의 경우 2개의 반사면과 2개의 투과면으로 구성하여야 하므로 2개의 렌즈로 분리하고 G1의 R2면과 G2의 R1면을 접합시켜 광의 반사 및 투과가 가능하게 설계한다. 광 경로는 G1의 R1면에서 투과가 되어 G2의 R2면에서 1차 반사가 일어나고 반사된 광을 G1의 R3면에서 2차 반사가 일어나 G2의 R3면을 통해 이미지 센서에 도달하게 한다. G1 렌즈와 G2 렌즈의 경우에 각각 2개의 투과면과 1개의 반사면을 가진 복합면 렌즈로 설계한다.

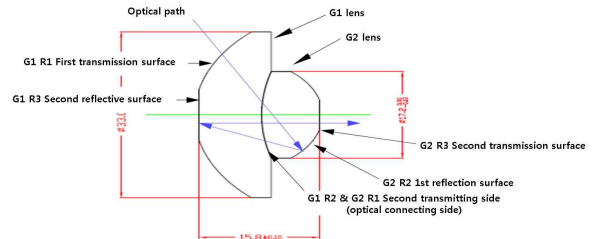


Fig. 1. Result of designing lens(G1 and G2 junctions)

그림 1. 렌즈 설계 결과(G1과 G2 접합 부분)

다. 360° 렌즈 왜곡 보정 기술

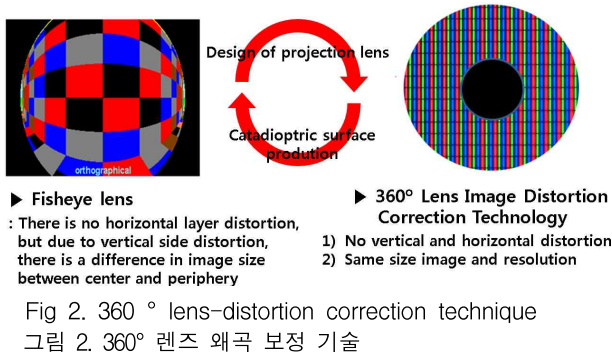
렌즈 화각이 180° 이상이 되는 어안렌즈의 경우에 중심부의 상은 커지고 주변부의 상은 작아지는 영상왜곡이 심하게 나타나는 특징이 있다. 따라서 본 논문에서는 광각 렌즈의 외곽에서 일어나는 왜곡현상을 그림 2와 같은 360° 렌즈 왜곡 보정 기술로 이미지 왜곡을 최소화시킨다.

① 등사영 렌즈 설계

- 광 경로도내에 가상의 렌즈의 곡률 반경과 동일한 가상의 면을 설치하여 피사체와 이미지 센서를 균등배분으로 영상을 표현하게 한다.
- 렌즈의 곡률 반경과 원주율 차이에 의해 발생하는 주변부의 영상 집중을 균등하게 분산되게 한다.

② Catadioptric 면 제작

- 중심부 차폐를 통해 상의 밝기를 줄여 상의 명암비를 감소시킨다.
- 렌즈의 색수차를 0으로 만들 수 있으며 보통의 색 스펙트럼 및 2차 스펙트럼도 제거시킨다.



2. 1200만 화소 고해상도 IP 카메라 부

1200만 화소 고해상도 IP 카메라 부는 전방위 렌즈로부터 획득된 영상을 보정 및 전처리 후 디지털 이미지로 압축하고 압축된 영상을 H.264 코덱으로 압축하여 영상을 외부로 전송할 수 있도록 한다.[5] 1200만 화소 고해상도 IP 카메라는 CMOS 센서 및 ISP 부, DSP 부, I/O 부 등으로 구성된다.

가. CMOS 센서 및 ISP 부

CMOS 이미지 센서에서는 360° 전방위 렌즈를 통해 들어온 빛을 전기신호인 디지털 영상신호로 변환한다. 본 논문에서는 1200만 화소의 고해상도 이미지를 얻기 위해서 SONY사의 MX127LQT-C CMOS(Color) 이미지 센서를 사용한다. ISP 부의 중요 기능은 이미지 센서로부터 전달된 영상을 1080p 해상도로 45프레임의 MIPI 신호로 DSP부에 넘겨주는 역할을 한다. 사용된 ISP는 NXP사의 고속 이미지 프로세서인 ASC8852A이다. 그림 3은 CMOS 센서 및 ISP 부 설계 회로이다.

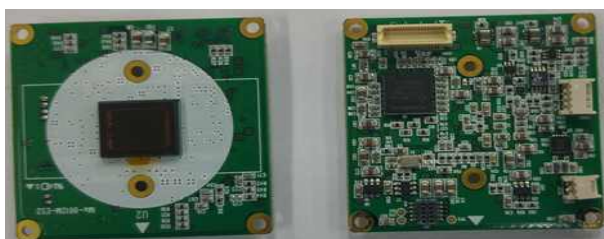


Fig. 3. CMOS sensor and ISP Board
그림 3. CMOS 센서 및 ISP 부 보드

나. DSP 부

그림 4의 DSP부는 360° 렌즈를 통해 들어온 raw data 형식의 영상을 360° 전방위 영상 왜곡 보정, 영상 보정, 영상 압축 등의 기능 등을 수행한 후에 NVR에 전송한다. DSP 부의 ARM Sub-System은 NXP사의 ASC8852A 칩으로 최대 12M 해상력과 H.264 30프레임을 D1급의 2채널 인코딩 지원하며 시스템의 전반의 영상 입력과 출력을 제어한다. Image Sub-System은 MIPI나 LVDS,

HiSPI 등의 고속 이미지 인터페이스를 관리하고 360° 영상 왜곡 보정과 영상 보정 등의 이미지 프로세싱 기능을 수행한다. Video Sub-System은 입력된 영상신호를 H.264(FullHD) Codec으로 압축하여 외부에 전송이 가능하게 한다.



Fig. 4. DSP Board
그림 4. DSP 부 보드

다. I/O 부

그림 5의 I/O부는 360° 전방위 카메라 영상의 입력 및 출력을 제어하는 역할을 한다. 카메라의 영상을 NVR 서버에 IP Protocol을 사용하여 저장 기능을 한다. 12M raw data의 카메라 영상을 전송한다.



Fig. 5. IO Board
그림 5. I/O 부 보드

3. 성능 실험

가. 실험 방법

본 논문에서 제안한 그림 6의 1200만 화소의 고해상도 360° 전방위 IP 카메라의 영상 효율 및 카메라 화각을 평가하기 위하여, 외부시험기관에서 출력된 인쇄물이 360° 렌즈 화각에 인식이 가능한지 여부와 저장된 이미지 파일 속성에서 유효 화소수를 확인하는 실험을 수행하였다. 또한 그림 7과 같이 외부시험기관에서 전자파 시험에 대하여 KC 인증 규격에 적합한 지를 확인하는 실험을 수행하였다.



Fig. 6. Full hardware image
그림 6. 전체 하드웨어 이미지

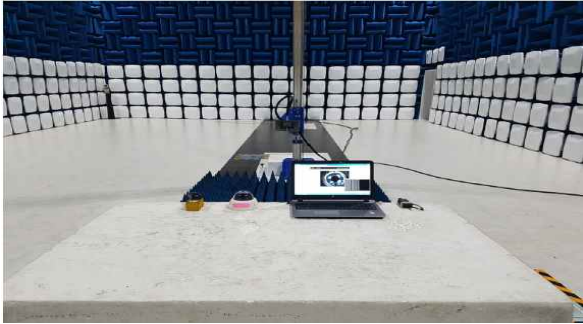


Fig. 7. Experimental environment of accredited testing institute

그림 7. 외부시험기관의 실험 환경

나. 실험 결과

실험 결과, 표 1과 같이 영상효율은 너비 4,064 픽셀, 높이 2,976 픽셀, 수평 및 수직해상도 96 DPI, 24비트의 영상을 확인하여 1200만 화소의 영상효율이 확인되었다. 또한 전자파 시험에 대하여 KC 인증규격을 획득하였다. 한편 그림 8과 같이 출력된 인쇄물이 360° 렌즈 화각에 인식 가능한 지가 확인되었다.



Fig. 8. Measurement image about 360° lens angle of view

그림 8. 360° 렌즈 화각 측정 영상

Table 1. Experimental results of the proposed camera
표 1. 제안하는 카메라의 실험 결과

Measure		Result
Image Efficiency	Width	4,094 pixel
	Hight	2,976 pixel
	Horizontal Resolution	96 DPI
	Vertical Resolution	96 DPI
	Bit Level	24 bit
Lens angle of view		360°
Korea Certification Mark		MSIP-REM-ITi-ITI-8612M

III 결론

논문에서는 1200만 화소의 고해상도 360° 전방위 IP 카메라의 개발을 제안하였다. 제안한 1200만 화소의 고해상도 360° 전방위 IP 카메라는 360° 전방위 시야각의 렌즈 부와 1200만 화소 고해상도 IP 카메라 부로 구성되었다. 제안된 1200만 화소의 고해상도 360° 전방위 IP 카메라의 성능을 평가하기 위하여 외부시험기관에서 실험한 결과, 1200만 화소의 영상효율, 360° 전방위 렌즈 화각, 전자파 인증 규격 등이 목표값에 적합하게 측정됨이 확인되었다. 향후 연구과제로는 전방위 영상을 일반영상으로 복원할 때 왜곡률을 줄이는 알고리즘에 대한 연구가 필요하다.

References

[1] Seung-Ho Lee, "An Efficient Hardware Architecture of Coordinate Transformation for Panorama Unrolling of Catadioptric Omnidirectional Images," *Journal of IKEEE*, Vol.15, no.1, pp. 10-14, 2011.

[2] Seong-Soo Lee, "Standardized Description Method of Optical Characteristics Tests for Image Sensor Modules," *Journal of IKEEE*, Vol.18, no.4, pp. 603-611, 2014.
DOI : 10.7471/ikeee.2014.18.4.603

[3] K. Yamazawa, Y. Yasushi, M. Yachida. "Omnidirectional imaging with hyperboloidal projection," *Intelligent Robots and Systems' 93, IROS'93. Proceedings of the 1993 IEEE/RSJ International Conference on*. Vol. 2. IEEE, 1993.
DOI : 10.1109/IROS.1993.583287

[4] S. K. Nayar, "Catadioptric omnidirectional camera," *Computer Vision and Pattern Recognition, 1997. Proceedings., 1997 IEEE Computer Society Conference on*. IEEE, 1997.
DOI : 10.1109/CVPR.1997.609369

[5] Dae-Jeong Kim, Jeong-Kwon Nam, "CMOS Analog-Front End for CCD Image Sensors," *Journal of IKEEE*, Vol.13, no.1, pp. 41-48 2009.