
메가픽셀급 초광각 렌즈의 왜곡영상 보정과 화질분석

강민구* · 이재선** · 이우섭***

Distortion Calibration and Image Analysis of Megapixel Ultrawide-angle Lens

Min-goo Kang* · Jae-son Lee** · Ou-seob Lee***

이 논문은 2013년도 한신대학교 연구비와 중소기업청, 지식경제부 및 KORIL재단 사업의 지원받았음

요 약

본 논문에서는 렌즈화각 150도 이상의 메가 픽셀급 렌즈가 획득한 영상이 통형 왜곡을 보정하는 광각렌즈 모듈의 설계를 제안한다. 이로서 초광각 렌즈에서 획득된 영상은 WDR(Wide dynamic range) 2메가급 CMOS 이미지 센서 데이터를 통해 초광각 영상의 왜곡영상을 보정하는 2 메가급 카메라 모듈의 왜곡영상의 화질을 개선한다.

ABSTRACT

In this paper, the lens module of mega pixel type was designed for barrel distortion calibration due to the barrel distortion of ultra wide angle. And the performance of this camera module was improved with the images from wide dynamic range 2 megapixel CMOS image sensor.

키워드

초광각용렌즈, 메가픽셀 렌즈, CMOS 이미지 센서, WDR(Wide dynamic range)

Key word

Ultra Wide Angle Lens, Mega Pixel Lens, CMOS Image Sensor, WDR

* 중신회원: 한신대학교 정보통신학부(교신저자, kangmg@hs.ac.kr)

** 정회원: 해성옵틱스(주)

*** 정회원: 멀티펠스(주)

접수일자 : 2012. 04. 02

심사완료일자 : 2012. 04. 09

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2013.17.3.597>

©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.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

기존의 어안렌즈에서 획득한 영상의 파노라마 복원 알고리즘 개발로 어안렌즈에서 획득한 영상은 통형 왜곡(barrel distortion)이 심하여 영상의 중앙에서 떨어진 물체의 이동은 파악하기 어려움이 있다.

통형왜곡(barrel distortion)이 심한 영상에서는 동일크기의 물체가 일정한 움직임을 보이더라도 획득하는 위치에 따라서 상이한 차이를 보이게 된다.

하지만, 통형왜곡이 보정된 영상에서는 제한된 공간에서의 움직임이 유사한 크기를 보이게 됨으로 움직임 감지 기능이 훨씬 수월하게 파악할 수 있다.

센서 중앙과 가장자리에 위치한 물체의 움직임 감지 기술과 파노라마 영상에서의 물체추적이 가능하다.

본 논문에서는 양선형 보간법 알고리즘에 의한 광각 어안렌즈의 영상보정 모듈설계 결과로 차량용 후방 카메라와 광각 카메라, 네트워크 카메라의 감시 및 보안시장에 활용이 가능하다[1].

II. 광각렌즈와 왜곡보정 사례 분석 및 설계

2.1. 광각렌즈와 영상왜곡 사례분석

2.1.1. 어안렌즈(Fish-eye Lens)의 영상특성분석

어안렌즈는 보통의 렌즈보다 초점이 짧은 광각(廣角) 렌즈의 한 종류로서 빛이 물 속으로 입사(入射)할 때 굴절하므로, 물고기가 물 속에서 수면을 보면, 180°의 시야라 생각되는 데서 이 유래한다[2].

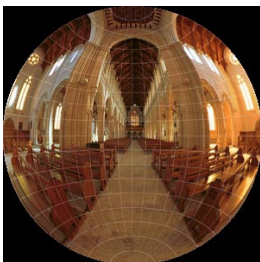


그림 1. 180° 영상사례
Fig. 1 180° Image



그림 2. 360° 영상사례
Fig. 2 360° Image

한 영역에 원하는 일정 각도의 피사체를 담을 수 있기 때문에 (그림 3)과 같이 어안렌즈를 장착한 여러 대의 카메라로 촬영을 하여 거리의 모습을 담은 Full View 기술이나 한 대의 360° 어안렌즈 카메라로 전후방 보안감시를 위한 CCTV 시스템에 활용된다.

2.1.2. 왜곡보정(Distortion Calibration)

어안렌즈에서 획득한 영상의 파노라마 복원 알고리즘의 구현을 위해 어안렌즈에서 획득한 영상은 파노라마로 영상을 복원 시 수평화각 180도 유지하고, 수직에 지선명도와 복원정도가 원만히 구현되어야 한다. 이러한 움직임 감지 기능을 구현하기 위해서는 광각 렌즈의 통형 왜곡이 심한 영상에서는 동일크기의 물체가 일정한 움직임을 보이더라도 획득하는 위치에 따라서 상이한 차이를 보이게 된다[1][2].

하지만, 통형왜곡이 보정된 영상에서는 제한된 공간에서의 움직임이 유사한 크기를 보이게 됨으로 움직임 감지 기능이 훨씬 수월하게 파악할 수 있어야 영상 입력 센서 CMOS의 중앙과 가장자리에 위치한 물체의 움직임을 감지할 수 있고, 파노라마 영상에서의 물체를 추적할 수 있다.

광각 렌즈에 의한 영상보정을 위한 영상처리를 위해서 (그림 3)과 같이 공간상의 한 직선을 단위 구 상에 사영하면 대(大)원으로 되고, 이를 다시 구 위의 한 평면에 정사영(orthographic project)하면 타원으로 나타난다[1].

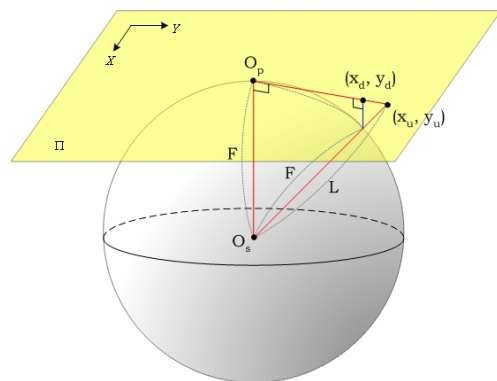


그림 3. 구형 좌표의 정사영 투영 분석 활용사례
Fig. 3 Orthographic project of spherical coordinates

타원의 중심은 광학 중심(optical center)이 되고 그 장축의 반경은 초점거리(focal length)가 된다. 광학 중심과 초점거리를 구한 다음 어안렌즈가 반구와 거의 같다고 보고 반구에서 반구 위에 놓여있는 평면으로 투영(projection) 연산을 수행해서 영상을 보정한다. 즉 구위의 픽셀들을 사각형 평면위로 투영시키며, 이때 발생할 수 있는 공간(hole)은 보간법을 이용한 보정이 필요하다[3]. 후방 카메라용 어안렌즈 영상의 굴곡을 본래의 이미지로 보정해주는 작업으로 각 렌즈의 광학 중심과 초점거리를 알아야 정확한 왜곡보정을 할 수 있으며 광학 중심과 초점거리를 구하기 위한 실험이 필요하므로 먼저 기준에 촬영된 어안 이미지를 이용한 왜곡보정 알고리즘을 연구가 필요하다[4].

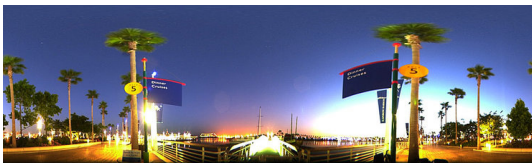


그림 4. 왜곡보정의 활용사례분석
Fig. 4 Application analysis of distortion calibration

어안렌즈 이미지는 일정한 굴곡률을 갖는데 먼저 이미지 변환을 위한 마스크를 이미지상의 계산 지점에 올려놓은 후 기하학적 영상변환을 이용하여 이동 및 확대를 하게 되는 과정을 수행한다[4].

2.2. 양선형 왜곡보정 알고리즘 설계분석

양선형 보간법을 이용한 왜곡보정 알고리즘에 사용된 기법으로 마스크기법과 양선형 보간법을 이용한 영상픽셀의 산술적 연산처리가 필요하다[5].

2.2.1. 마스크기법 기반의 LUT 변형포맷 사례활용

양선형 보간법을 위한 마스크기법은 영상의 마스크를 씌워 왜곡된 영상의 굴곡윤곽선을 추출해내고 이 윤곽선과 중심축의 수평, 수직선과의 변위를 계산하여 역상의 굴곡을 계산하여 룩업테이블에 저장한다. 저장된 룩업테이블 값을 이용하여 산술적 연산을 이용한 영상

의 기하학적 처리를 수행할 수 있을 것으로 보인다. 영상 픽셀의 이동으로 인한 픽셀의 Hole이나 계단현상은 양선형 보간법을 이용한 보정기술로 영상보정을 수행하는 순서는 다음과 같다[6].

1. 격자무늬 패턴을 라플라시안, 소벨, 프리위트등을 이용하여 에지(Edge)를 추출한다.
2. 추출된 에지 영상 중 수평축의 최외곽 에지선의 픽셀 좌표값을 추출한다.
3. 추출된 최외곽선에서 카메라렌즈의 중심과 가장 가까운 점을 선택(추출)한다.
4. 선택된 점을 기준으로 카메라의 중심과 직각을 이루는 직선을 생성하고 생성된 직선과 왜곡된 왜곡선과의 각 픽셀에 대한 수직 변위를 추출하여 왜곡 변환 테이블에 저장한다.
5. 수직축도 이와 같이 수평변위를 생성한다.
6. 동일하게 에지좌표 값으로 LUT를 생성한다.

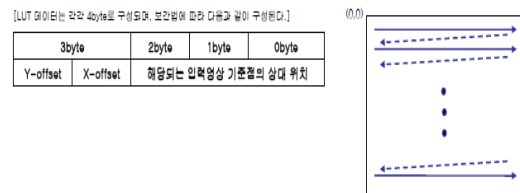


그림 5. LUT 생성순서 활용분석
Fig. 5 Application analysis of LUT Process

이렇게 추출한 격자선들의 수직변위를 역으로 변형한 후 이를 보정방법에 의하여 수정하면 왜곡이 보정된 출력영상을 표시할 수 있다.

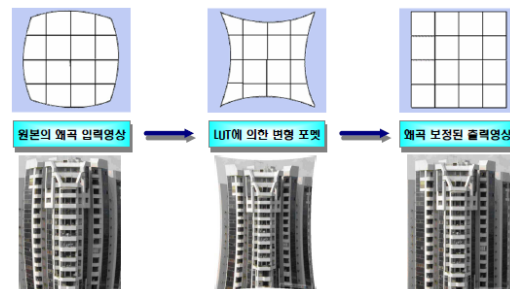


그림 6. 마스크기법을 이용한 보정 활용분석
Fig. 6 Calibration analysis with Masking tech

2.2.2. 양선형 보간법 설계

왜곡보정 알고리즘 구현을 위한 양선형 보간법은 실수 좌표를 둘러싸고 있는 네 개의 픽셀 값에 가중치를 곱한 값들의 선형 합으로 결과 영상의 픽셀 값을 구하는 방법으로서 최근 이웃 보간법에 비하여 느린 편이지만 계단현상이 많이 감소하는 방법이다.

양선형 보간법은 새로운 화소를 생성하기 위해 네 개의 가장 가까운 화소들 요구한다는 점이 다르다.

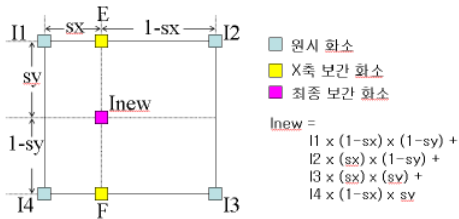


그림 7. 양선형 보간법 기반의 데이터 취득구조
Fig. 7 Data acquisition of bilinear interpolation

본 논문에서는 MFC/OpenCV/CDIB를 이용한 양선형 보간법 기반의 영상분석을 위해 DIB(Device Independent Bitmap)클래스의 경우 비트맵 파일을 이용한 그래픽처리 기능과 BITMAPINFO 구조체를 이용한 이미지 Width, Height, 비트사이즈, 비트압축률 등등의 정보를 활용하며, 구조체내의 RGBQUAD 구조체를 이용한 컬러영상을 처리한다[6][7][8].

2.2.3. 영상 회전법 설계

좌/우 영상의 회전법 처리를 위한 기능 블록으로 L, R 채널의 영상 데이터를 회전 스캔하여 데이터 에이전트인 블록으로 뿌려준다. 회전 블록은 메모리 버스로부터 읽고 로테이션 된 데이터를 다시 메모리로 써주는 동작을 실행한다. 회전된 영상데이터는 그 동작 및 구조는 아래 그림과 같다[9].

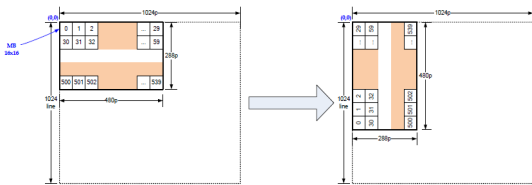


그림 8. 회전법기반의 데이터 변환분석
Fig. 8 Rotation based data conversion

III. 초광각/2M 카메라설계와 영상결과분석

본 논문에서는 왜곡 영상 보정 알고리즘을 이용하므로 초광각렌즈의 단점인 왜곡수차를 보완하여 선형이미지로 구현함으로써, 주변부에 나타나는 이미지의 왜곡을 줄여 식별성을 높도록 메가급 초광각 렌즈를 (표 1)와 같은 규격으로 설계하였다.

표 1. 설계한 2 메가급 초광각 렌즈모듈의 규격
Table. 1 Spec for 2M wideangle lens module

1. 렌즈 화각	180이하	176°
2. 해상력(40%)	중심:110lp/mm 0.7F:70lp/mm	중심:110lp/mm 0.7F:70lp/mm
3. Total Length	15mm이하	12.40mm
4. BFL (Back Focal Length)	2.0mm이하	1.98mm
5. 렌즈 밝기	F2.0이하	F2.2
6. 왜곡보정오차	-5%이하	-0%
7. 센서 픽셀	2Mega이하	2Mega
8. Operating 온도	-20° ~ +80°	-20° ~ +60°

아울러 아래 (그림 9)와 같이 설계한 초 광각렌즈의 설계모듈이다. 또한, 해상력의 경우 VGA급에서 Mega급으로 변화하는 상황에서 왜곡보정으로 나타나는 주변부 해상력 저하 현상을 보완하였다[10].

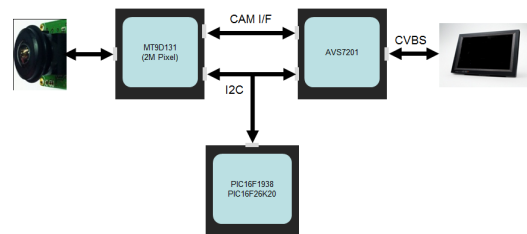


그림 9. 2-메가픽셀.초광각렌즈모듈/블럭도
Fig. 9 2-megapixel/wideangle lens module

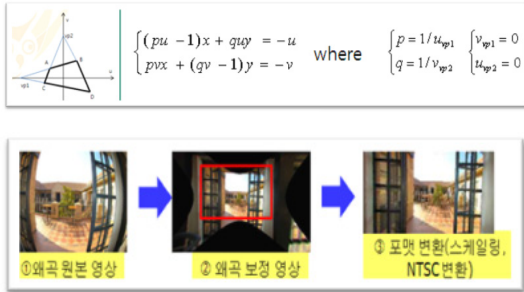


그림 10. 초광각 렌즈의 왜곡보정 위한 형식변환
Fig. 10 Format conversion for distortion calibration of wide-angle lens

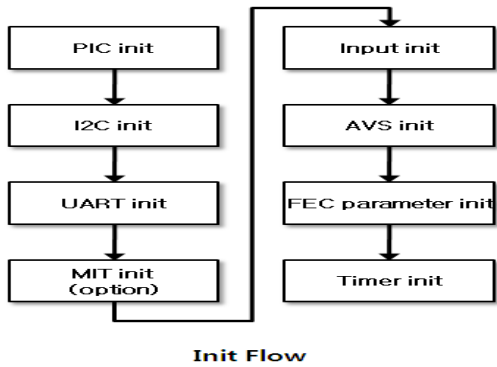


그림 11. 왜곡보정 위한 초기값 설정 흐름도 설계
Fig. 11 Distortion calibration for initial value

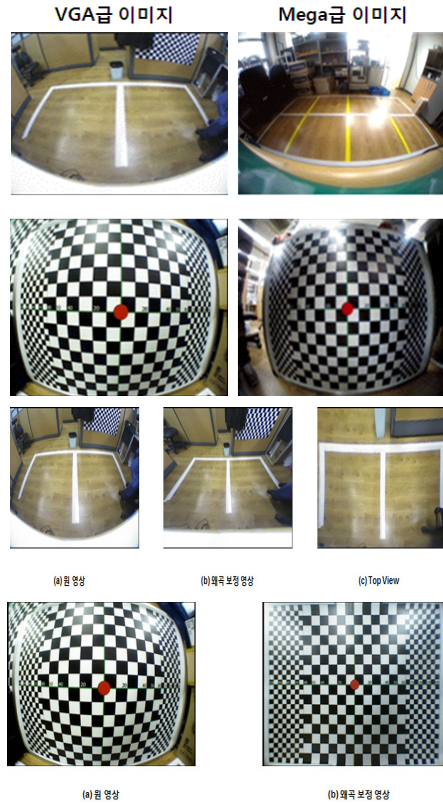


그림 13. 왜곡보정 영상의 결과비교
Fig. 13 Image comparison of distortion calibration

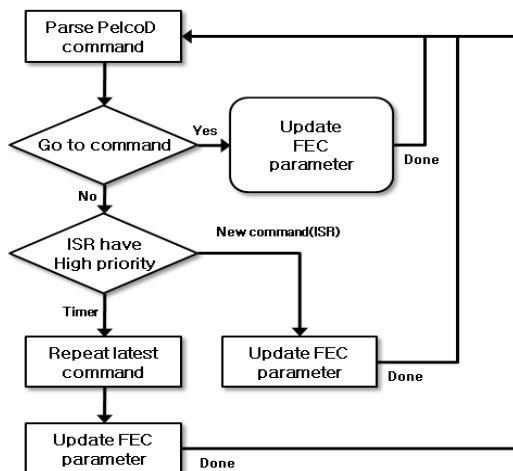


그림 12. 왜곡보정 위한 전체 흐름도 설계
Fig. 12 Flowchart of distortion calibration

IV. 결 론

본 논문에서 (그림 13)처럼 초광각 2 메가픽셀 렌즈 기반의 카메라모듈은 제한된 공간에 여러 대의 카메라를 설치하지 않고 넓은 범위의 공간을 관찰할 수 있는 특징이 있다.

또한, 기존 광각렌즈의 왜곡수차로 인하여 초 광각렌즈를 활용하는데 있어서 많은 제약이 있었으나 양선형 보간법을 활용한 초 광각렌즈를 보정할 수 있는 왜곡영상의 보정 모듈을 설계하였다.

이로서 고해상도 광각렌즈 기반의 CCTV 또는 자동차용 전,후방카메라 등에 적용 가능한 기술로서 여러 대의 카메라가 필요했던 범위 촬영을 한 대의 카메라로 해결할 수 있다.

또한, 카메라 화질개선과 메가 픽셀급 영상입력센서

와의 결합한 전방향 카메라(All around view) 등 미래 차량용 영상시스템에 활용을 기대한다.

감사의 글

본 연구는 2013년 한신대학교 학술연구비 지원과 중소기업청 미래선도기술혁신과제(SA112834) 및 한국.이스라엘재단지원과 지식경제부 글로벌진문기술개발사업(10043506) 지원사업 결과의 일부로, 관계 부처에 감사 드립니다.

참고문헌

- [1] 이승우, 김남, 송영준, 박태형, 권오욱, "양선형 보간법을 이용한 입체영상의 키스톤 왜곡 보정," 한국광학회 2007년도 동계학술발표회 논문집 2007, 2007.01.01
- [2] 이승우, 송영준, 김 남, "3차원 입체영상에서 양선형 보간법을 이용한 키스톤 왜곡 보정," 한국콘텐츠학회 종합학술대회 논문집. Vol. 4 no. 2, 2006. 11.30
- [3] 이재성 외, "다중 섬광결정을 이용한 고해상도 PET의 불균일/불완전 데이터 보정기법 연구," Nucl Med Mol Imaging, Vol. 42, No. 1, Feb 2008
- [4] 신병석, "리얼-타임 렌더링," 정보문화사. 2003.11
- [5] 인텔 코오퍼레이션, "디지털 카메라에서 이미지 왜곡을 소프트웨어적으로 보정하는 장치 및 그 방법," 특허등록번호 100425751 (2004.03.22)
- [6] 강민구, 구영남, 이재선의 "양선형 보간법기반 광각렌즈의 왜곡 보정," 2010 한국인터넷정보학회 추계학술발표대회 논문집, 2010-06-24
- [7] 강민구외, "OpenCV를 이용한 마우스의 손 동작 인식," 2009 한국인터넷정보학회 추계학술발표대회 논문집, 2009-10-31
- [8] 강민구외, "NGC 영상시스템 기반의 패턴 결합검출기 설계," 2007년 한국콘텐츠학회 추계학술발표대회 논문집, 2007-11-17
- [9] www.hso.co.kr
- [10] www.multipels.com

저자소개

강민구(Min-goo Kang)



1986년 연세대학교
전자공학과(공학사)
1989년 연세대학교
전자공학과(공학석사)

1994년 연세대학교 전자공학과(공학박사)
1985년 ~ 1987년 삼성전자 연구원
1997년 ~ 1998년 일본 오사카대학 Post Doc.
2000년 ~ 현재 한신대학교 정보통신학부교수
※관심분야: 디지털방송, 방송통신융합기술

이재선(Jae-son Lee)



2002년 연세대학교
경영학과(경영학사)
2001년 ~ 2003년 SPDI 마케팅팀
2004년 ~ 2005년 삼성전자
구매전략팀

2005년 ~ 현재 해성유통(주) 상무이사
※관심분야: 광학설계 및 영상모듈설계

이우섭(Ou-seob Lee)



1994년 뉴욕대학교(폴리텍)
공학박사
1989년 뉴욕맨하탄 대학교
공학석사

1978 ~ 1989 서강대학교 물리(전자)과 공학사
1994 ~ 2005 한신대학교 정보통신학부 부교수
2012.08 ~ 현재 멀티펠스(주) 대표이사
2009 ~ 2012 엠에스웨지(주) 전무이사
2000 ~ 2009 픽셀플러스(주) 상무이사
※관심분야: 영상처리 및 모듈설계