

# 영상왜곡 보정 알고리즘 설계

김병환\* · 최영규\*\*

\*한국폴리텍대학 인천캠퍼스 컴퓨터정보과 · \*\*한국교통대학교 컴퓨터공학과

## Design of Image Distortion Restoration Algorithm

Byung Hwan Kim\* · Yong Gyu Choi\*\*

\*Dept. of Computer Information, Incheon Campus of KOREA POLYTECHNIC

\*\*Department of Computer Engineering, KOREA NATIONAL OF TRANSPORTATION

### Abstract

Due to growth of electronics and control devices, automation and situational awareness systems have been applied by automobile. Vision systems with the introduction of unmanned system were being actively developed. In this paper, the distortion in the 7-inch LCD screen for the treatment process are divided into Online and Offline processing. Offline processing based on the image signal processing and for generating LUT Online to Offline generated by processing the distortion is applied to the LUT. LUT is applied to distort the image processing in real time, so that distortion correction is made for the purpose of setting.

**Keywords :** Distortion, Image, Algorithm

### 1. 서론

최근 전자 및 제어장치의 발달로 자동차에도 많은 전자 장비들이 이용되고 있다. 센서들을 활용하여 주차 중 차량의 보호를 위해 전·후방 카메라나 센서를 부착하는 경우가 많다[1]. 그러나 사각지대에 위치한 이동 물체(차량, 오토바이, 자전거, 보행자 등)와의 충돌을 예측하고 경보제공 및 능동제어의 필요성이 대두 되고 있다. 또한 광각 렌즈의 영상 왜곡의 경우 사각지대의 물체에 관한 영상정보 판단이 어려운 실정이다[2-3].

렌즈 왜곡의 보정 방법은 현재까지 다양한 방법들이 시도되었는데 대부분 왜곡을 수학적으로 모델링하여 왜곡정도를 결정하는 파라미터를 추정하고 이를 역변환 아혀 보정을 수행하는 것이었다. 이 방법은 영상 촬영시의 카메라 세팅 정보나 패턴에 대한 정보들이 추가적으로 필요하여 촬영 전에 이러한 정보들을 미리

얻어야 하는 노력이 요구된다는 문제가 있다. 이러한 문제를 보완하기 위한 방법으로 영상 정보만을 이용한 렌즈 왜곡 보정 방법이 제안되었다[3-4]. 따라서, 본 연구에서는 영상센서 광각렌즈의 왜곡 보정 알고리즘을 이용하여 왜곡된 영상을 복원하기 위한 알고리즘을 구현하였다. 이를 통해 전·후방 카메라 영상을 합성하여 차량의 사각지대를 포함한 영상을 신뢰성 있게 개발하는 기술을 이용한 시스템을 설계 구현하였다.

또한 현재 자동차에서 네비게이션 화면으로 7인치 LCD 모니터가 가장 많이 이용되고 있다. 대중적으로 많이 사용되는 7인치 모니터의 경우 활용도에서 대중적인 활용도에 의하여 영상왜곡 시스템을 구현하는데 적용하였다.

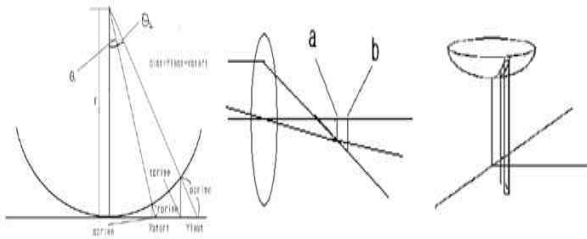
† Corresponding Author : Byung Hwan Kim, Dept. of Computer Information, Incheon

Campus of KOREA POLYTECHNIC. M · P: 010-3314-9628, E-mail: kbh1122@kopo.ac.kr

Received October 17, 2013; Revision Received December 11, 2013; Accepted December 9, 2013.

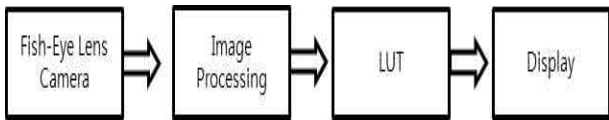
### 2. 영상 처리 알고리즘의 주요 구성

영상센서 광각렌즈의 경우 120° 이상의 렌즈를 사용 시 렌즈에서 빛의 굴절이 발생하여 왜곡이 발생하게 되면 180° 이상의 광각 렌즈 촬영 영상의 경우 매우 심한 왜곡 상태의 영상이 취득 된다. 센서 앞의 영상 렌즈에 의해서 왜곡이 발생하게 되고 왜곡의 F 값을 이용하여 보정이 필요하게 된다[5].

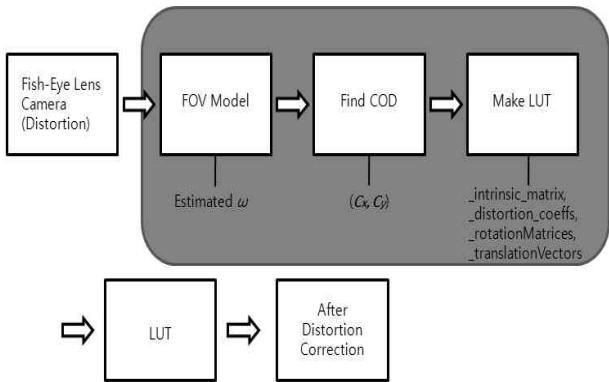


<Figure 1> Caused by the refraction of the lens image distortion

렌즈의 굴절에 의한 왜곡 보정의 경우 영상의 투영에서 발생하는 왜곡 보정과 핀홀 카메라와 물체와 영상 평면 간의 관계에 의해서 왜곡 중심을 기준으로 투영 영상을 취득함으로써 왜곡 부정이 가능하다. 또한 렌즈의 실제 초점거리를 이용하여 영상의 센터 추출이 가능하며 2차원 패턴을 이용하여 미세 오차 보정이 필요하다[6].



(a) 왜곡 알고리즘 적용 전



(b) 왜곡 알고리즘 적용 후

<Figure 2> Apply before and after distortion correction algorithm flowchart

<Figure 2>는 카메라 왜곡 보정을 위한 알고리즘 프로우차트이다. 왜곡 처리를 위해 Offline 처리와 Online 처리로 구분하여야 하며, Offline 처리는 영상 신호를 기준으로 LUT생성을 위한 처리와 Online 처리는 Offline에 의해서 생성된 LUT를 왜곡 영상에 적용하여 실시간으로 왜곡 보정 되도록 처리한다. Offline 처리의 경우 핀홀 카메라 모델의 FOV 모델을 이용한 왜곡 보정을 통해서 영상의 투영에서 발생하는 왜곡을 보정하며, 룩업테이블(LUT : Look Up Table)제작의 경우 변호환을 위한 데이터에 대해서 LUT 파일 생성 및 구현 시간 축소와 실시간 처를 위해서 LUT를 제작한다. Online 처리의 경우 매트릭스 파일로 구성되는 sml 파일을 이용하여 LUT 변환에 적용하여 왜곡 보정된 영상을 생성한다.

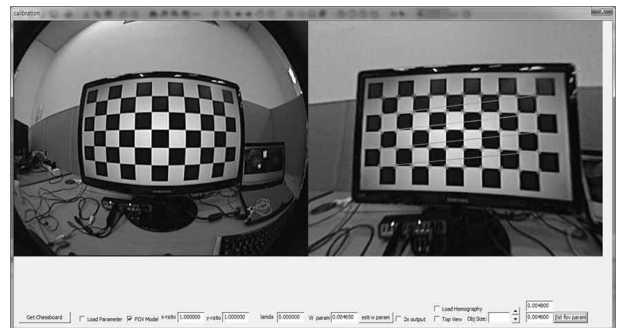
### 3. 영상 처리 알고리즘의 구현

광각 렌즈의 영상 왜곡을 보정 하는 알고리즘을 통하여 영상 센서를 통하여 입력된 신호를 복원하는 방법으로 주변의 많은 영상을 하나의 화면으로 취득하기 위해서 광시야각 렌즈(광각) 혹은 어안렌즈를이용하여 영상 데이터를 취득함으로써 넓은 시야의 영상 정보를 취득할 수 있으며, 중첩 공간 이 발생하도록 영상을 촬영하여 왜곡 보정을 하여야 한다.



(a)패턴 (b)왜곡 보정(전) (c)왜곡 보정(후)

<Figure 3> The distortion caused by camera calibration and comparison



<Figure 4> Using a 2D flat pattern distortion correction program screen center

왜곡 보정 알고리즘은 사용되는 카메라 렌즈의 왜곡에 따라 곡선을 직선으로 보정해 가는 원리에서 시작한다. 이상적인 왜곡이 없는 렌즈의 입력은 3차원적으로 직선은 카메라 모델에 의해 투영된 후에도 직선이어야 한다. 실제의 직선 성분과 카메라 렌즈를 통하여 투영된 영상의 직선의 차가 크면 클수록 왜곡이 많다는 것이다. 카메라의 왜곡 정도를 갖는 왜곡 계수( $w$ )에 의해서 왜곡의 정도를 확인 할 수 있다. 함수에 대해서 에러까지 알고리즘 적용 시에 거리의 최소의 자승의 선형 방정식을 구할 수 있다[7].

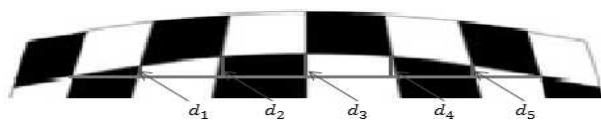
$$q_{wi} = [x_{wi} \ y_{wi}]^T = D^{-1}(w, p_i),$$

$$E(w) = \sum_{i=1}^n \| y_{wi} - L(x_{wi}) \|^2$$

$$\arg \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m E_{ij}(w) \quad (1)$$

왜곡 계수( $w$ )에 대해서 오차 함수가 최소가 되는  $i, j$ 의 함수의 방정식을 구하면 왜곡 계수( $w$ ) 추정 할 수 있다. 카메라 왜곡중심에 대한 왜곡 보정 계수를 이용해서 보정을 할 수 있다. 왜곡 계수 추정 방법을 이용하여 체스 판 패턴을 촬영 후, 왜곡 계수만으로 왜곡 보정이 빠르게 동작 되지만, 체스 판의 행, 열에 선분에 미세한 오차가 발생하는 것을 실험을 통해서 확인 되었다. 왜곡 계수만을 이용한 왜곡 보정의 경우에서 발생하는 미세한 오차에 대해서 보정을 위한 방법으로 2차원 패턴을 이용한 왜곡 거리 추정 방법을 이용한다.

<Figure 5>는 왜곡 보정된 영상에서 미세한 오차가 발생하는 영상을 이해하기 위해서 이미지로 표현한 것이다. 체스 패턴을 이용한 2차원 패턴에서 코너점을 검출하고 코너점을 연결한 직선인 수직과 수평 방향의



<Figure 5> Fine error in the distortion-corrected image

직선에 대해서 왜곡이 없는 직선을 구하기 위한 왜곡 보정을 하고자 한다. 왜곡 된 측정의 정도를 확인하기 위해서 수직과 수평방향에 대해서 최외각의 코너점을 연결한 직선에 대해서 내부의 코너점과의 거리를 왜곡 오차의 거리( $d$ )로 표현한다. 직선에 대해서 내부 점들에 대한 왜곡의 정도를 측정하기 위해서 왜곡 오차 거리의 합( $d1 + \dots + dn$ )으로 측정할 수 있다.

왜곡 보정된 체스 판 패턴의 Harris corner detector에 의해 검출된 점을 잇는 직선과 코너 점까지의 거리 오

차 즉 3차원의 영상에 대해서 왜곡 보정을 위해서 2차원 평면을 적용하고, 정밀 오차 보정을 위해서 최외각 점을 잇는 선분과 코너까지 값인 정밀 오차의 제곱의 합이 최소가 되는 값을 찾으면, 수평, 수직에 대해서 원 영상의 체크 패턴을 구성하는 직선 선분이 왜곡되어서 타원으로 표현되고, 이를 보정하여 직선 성분에서 미세한 오차에 대해서 최소가 되는 직선 선분을 도출하기 위해서 직선에 대해서 코너점까지 거리의 차에 대한 제곱의 합이 최소가 되는 값을 찾는 것이다. 수평, 수직에 대해서 미세한 오차 거리를 갖는 함수를 이용하여 행과 열의 직선 성분에 대해서 최소가 되는 거리를 계산하여 구하게 되며 수식 2와 같다[8].

$$\arg \min_{c_x, c_y} \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m E_{ij}(c_x, c_y) + \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n E_{ji}(c_x, c_y) \right)$$

$$E_{ij}(c_x, c_y) = \| L_{i, c_x, c_y} - p_{ij, c_x, c_y} \|^2$$

$$E_{ji}(c_x, c_y) = \| L_{j, c_x, c_y} - p_{ji, c_x, c_y} \|^2 \quad (2)$$

직선의 교차점을 갖는 체스 패턴에서 각각의 코너 점인 수직 10개, 수평 5개인 교차점을 찾고, 중요 점인 외각 교점을 이용하여 최외각의 점을 중심으로 수직으로 11개의 직선과 수평으로 6개의 직선을 생성한다. 하여 중앙에 비치되는 교차점의 유무를 검색하여 직선 내에 존재 유무를 평가 한다. 직선이 행과 열 방향으로 각각 더하고, 에 대해서 최소한의 거리를 갖는 직선의 방정식을 구하면, 왜곡보정을 최대화 할 수 있다. 행 선분의 직선 에 대해서 에러 점을 갖는 점에 대해서 거리를 구하여 합하여 제곱의 합을 구하여 측정한다. 이러한 원리를 이용하여, 실제 알고리즘 구현에서 직선 위에 있는 점들이 그리는 직선과 이 점들이 카메라 모델에 의해 투영되고 왜곡 보정 후 위치와의 거리를 계산하여 이 거리를 왜곡 거리(distortion distance)로 취할 수 있다. FOV 왜곡 보정 모델을 적용한 왜곡 보정 알고리즘에 2차원 패턴을 이용한 왜곡 거리 추정 방법을 적용하여 왜곡 보정에서 발생하는 미세 오차에 대해서 정교한 왜곡 보정을 할 수 있다.

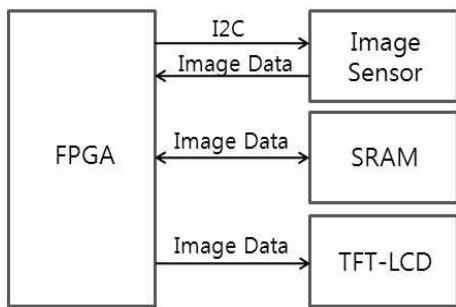


<Figure 6> Distorted image data of the camera by using the distortion correction parameters to a program

<Figure 6>에서 보이는 것과 같이 190도 광각 카메라의 영상 데이터를 받아서 설정하는 파라미터에 의해서 실시간으로 왜곡 보정의 상태를 확인 할 수 있는 프로그램이다. 위의 프로그램을 이용하여 정밀 왜곡 보정의 아이디어와 검증할 수 있는 도구로 사용 되었다. 이미지상에 존재하는 영상에서 선풍기 이미지를 보면, 좌측의 원 영상에서는 선풍기가 누워 있는 것으로 보이며, 바닥에 있는 검은 선의 경우에 곡선으로 표현 되는 것을 볼 수 있다. 왜곡 보정을 통해서 선풍기의 모양은 정상적인 선풍기 모양으로 보이며, 바닥의 검은 선은 직선으로 변화되고, 상단에 있는 형광등은 우측에 바르게 설치되지 않은 모양에서 정상적인 형광등 설치 모양으로 표현되고 있다.

#### 4. 영상 처리 임베디드 시스템

영상 처리 시스템의 하드웨어 구조는 이미지 센서에서 입력되는 영상 신호와 7인치 LCD에서 출력되는 영상 데이터 간의 동기 신호를 일치해 주기 위해 SRAM을 사용한다. 이미지 센서에서 출력되는 영상을 LCD에 출력하거나, 별도의 영상 데이터 처리 장치의 변환 없이 이용할 경우 영상 데이터와 동기 신호가 일치 되지 않아 영상에 잡음이 생기고, 색상이 정확하게 표현되지 않으며 또한 왜곡 보정에 필요한 데이터 수집이 어려워진다. 그렇게 때문에 SRAM을 사용하여 동기를 맞추어 준다[9].

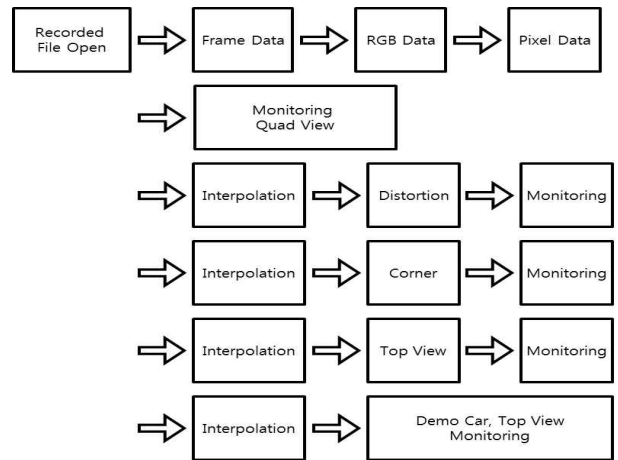


<Figure 7> Block diagram of hardware for image procession system

<Figure 7>은 영상 처리시스템의 하드웨어 구성도이다. 이미지 센서를 통해 입력되는 영상 데이터는 FPGA에서 데이터 변환을 한 뒤 SRAM에 저장된다. 이러한 과정은 이미지 센서를 통해 입력되는 동기 및 클럭 신호를 통해 영상 데이터를 비교 분석하여 설계한다. 이렇게 저장된 신호를 하나씩 읽어 LCD로 전달하여 화면에 표시하도록 설계하였다. 이러한 과정도 FPGA 내에 포함되며 영상 데이터와 동기 신호를 생성

하여 LCD를 제어한다.

<Figure 8>은 7인치 화면에 카메라 데이터를 취득하여 영상처리 프로세스를 나타내었다. 카메라 데이터를 취득시 하나의 프레임 정보 단위로 취득하도록 하며, 프레임 데이터는 임베디드 뷰에 표현하기 위하여 RGB 값으로 변환한다. 픽셀에 대해서 백워드 매핑 방법을 이용해서 원하는 VIEW를 구성한다. LUT를 위한 데이터 베이스로는 MapX1, MapX2, MapX3, MapX4, MapY1, MapY2, MapY3, MapY4, AVM\_MapX1, AVM\_MapX2, AVM\_MapX3, AVM\_MapX4, AVM\_MapY1, AVM\_MapY2, AVM\_MapY3, AVM\_MapY4 데이터를 적용하여 각 채널별로 매핑 테이블을 구성한다.



<Figure 8> Camera image processing process for obtaining data



(a)임베디드 보드 보정 전 (b)임베디드 보드 보정 후

<Figure 9> Embedded images before and after correction of the board

<Figure 9>는 실시간으로 데이터를 취득하고 재구성하는 방법으로 영상왜곡 복원 알고리즘을 임베디드에 LUT를 적용하여 구현된 결과이다. <figure 9>에서 나타났듯이 왜곡보정 알고리즘을 사용하지 않은 경우 많은 왜곡에 의하여 왜곡지점의 사물에 대한 인식이 낮으나 왜곡보정된 화면의 경우 주변인식에 잘 되는 것을 확인할 수 있다.

## 5. 결론

본 논문에서는 왜곡 처리를 위해 Offline 처리와 Online 처리로 구분하여야 하며, Offline 처리는 영상 신호를 기준으로 LUT 생성을 위한 처리와 Online 처리는 Offline에 의해서 생성된 LUT를 왜곡 영상에 적용하여 실시간으로 왜곡 보정 되도록 처리하였으며, 이미지 센서에서 출력되는 영상을 7인치 LCD에 출력시 영상 데이터와 동기 시호가 일치 되지 않아 영상에 잡음이 생기고, 색상이 정확하게 표현되지 않으며 또한 왜곡 보정에 필요한 데이터 수집이 어려워지기 때문에 SRAM을 사용하여 동기를 맞추어서 7인치 LCD 화면에서도 왜곡없이 화면에 나타났다. 추후 자동차에 적용을 하기 위하여서는 360° 파노라마 뷰에 맞게 영상연결 기술을 개발이 필요할 것으로 사료된다.

## 6. References

- [1] P. Viola and M. Jones, "Robust Real-time Object Detection", International J. Computer Vision, pp.137-154, 2004.
- [2] J. Cho, S. Mirzaei, J. Oberg, and R.Kastner, "FPGA-Based Face Detection System Using Haar Classifiers", Dept, of Computer Sci. Eng. Univ. of CA, 2009.
- [3] A. Nowakowski, and W. Skarbek, "Lens Radial Distortion Calibration Using Homography of Central Points," EUROCON, 2007. The International Conference on "Computer as a Tool", pp.340-343, Sept, 2007.
- [4] F. Devernay and O. Faugeras, "Straight lines have to be straight -automatic calibration and removal of distortion from scenes of structured environments," Mach. Vision and Appl. vol. 13, no. 1, pp. 14 - 924, Aug, 2001.
- [5] Z. Sun, R. Miller, G. Bebies, and D. DiMeo, "A Real-time Precrash Vehicle Detection System," Sixth IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, pp.171-178, 2012. 12
- [6] H. J. W. Belt, "Storage Size Reduction for the Integral Image", Koninikljke Philips Electronics N.V, pp.7-9, Dec, 2007.
- [7] M. Bertozzi, A. Boggi, A. Fascioli, and R Fscioli, "Stereo Inverse Perspective Mapping: Theory and Applications," Image and Vision Computing Vol.16,

No.8, pp.585~590, 1998.

- [8] Thorsten Thorm ahlen and Hellward Broszio, "Automatic line-based estimation of radial lens distortion" Integrated Computer-Aided Engineering. Vol. 12, No. 2, pp.177~190, 2005.
- [9] Shigehiro Miyatake, Masaru Miyamoto, Koichi Ishida, Takashi Morimoto, Yasuo Masaki, Hideki Tanabe "Transversal-Readout Architecture for CMOS Active Pixel Image Sensor". IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. 50, 2003

## 저자 소개

### 김 병 환



숭실대학교 전자계산학과 학사  
명지대학원 정보처리학과 석사  
현재 한국폴리텍대학  
인천캠퍼스 컴퓨터정보과 교수

주소: 인천시 부평구 구산동 30번지 한국폴리텍대학

### 최 영 규



청주대학교 전자공학 학사  
중앙대학교 전자공학 석사  
청주대학교 전자공학 박사  
현재 한국교통대학교  
컴퓨터공학과 교수

주소: 충청북도 충주시 대학로 50