

광각 카메라 영상의 보정을 위한 자동 정합 좌표 추출 방법

김병익[†], 김대현^{**}, 배태욱^{***}, 김영춘^{****}, 심태은^{*****}, 김덕규^{*****}

요 약

본 논문은 광각 렌즈를 가지는 CCD 카메라에서 왜곡 보정 시 필요한 샘플화소의 좌표들을 자동으로 추출하는 알고리즘을 제안한다. 제안한 방법은 광각 렌즈를 통하여 획득한 왜곡된 영상에 대하여 노이즈를 제거한 후 에지 영상을 구한다. 그 후, 수평 방향과 수직 방향에 대한 히스토그램을 임계치와 비교하여 왜곡 좌표를 추출한다. 이 방법은 광각 CCD 카메라의 출력물에 직접 적용 할 수 있다. 그 결과 제안한 방법은 수작업으로 인한 번거로운 작업과 부정확한 샘플 좌표로 인한 오류 없이 자동으로 샘플 좌표를 추출하고 보정한 결과 영상을 얻을 수 있었다. 또한 렌즈 각과 왜곡 형태에 상관없이 적용 가능함을 확인할 수 있었다.

An Automatic Mapping Points Extraction Algorithm for Calibration of the Wide Angle Camera

Byung-Ik Kim[†], Dea-Hyeon Kim^{**}, Tae-Wuk Bae^{***}, Young-Choon Kim^{****},
Tae-Eun Shim^{*****}, Duk-Gyoo Kim^{*****}

ABSTRACT

This paper presents the auto-extraction method that searches for the Mapping points in the calibration algorithm of the image acquired by the wide angle CCD camera. In this algorithm, we remove the noise from the distorted image and then obtain the edge image. Proposed method extracts the distortion point, comparing the threshold value of the histogram of the horizontal and vertical pixel lines in edge image. This processing step can be directly applied to the original image of the wide angle CCD camera output. Proposed method results are compared with hand-worked result image using the two wide angle CCD cameras having different angles with the difference value of the result images respectively. Experimental results show that proposed method can allocate the distortion-calibration constant of the wide angle CCD camera regardless of lens type, distortion shape and image type.

Key words: Image processing(영상 처리), Image warping(영상 왜곡), Calibration of distortion lens(왜곡 렌즈의 보정)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 배태욱, 주소 : 대구 북구 산격동(701-702), 전화 : 053)940-8625, FAX : 053)950-5505, E-mail : pangki@chol.com

접수일 : 2009년 7월 29일, 수정일 : 2009년 10월 9일

완료일 : 2009년 12월 10일

[†] 정회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터 공학부 박사과정 (E-mail : pangki@chol.com)

^{**} 정회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터 공학부 석사과정

(E-mail : kdh84@pinetron.com)

^{***} 정회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터 공학부 박사과정

^{****} 영동대학교 정보통신사이버경찰학과 교수

(E-mail : yckim@youngdong.ac.kr)

^{*****} 정회원, 경북도립대학 IT특약계열 교수

(E-mail : ste21c@gpc.ac.kr)

^{*****} 정회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 교수

(E-mail : dgkim@ee.knu.ac.kr)

1. 서 론

비전산업은 카메라로부터 들어오는 영상을 분석하여 얻어지는 정보를 활용하기 때문에 무엇보다도 정확한 영상을 획득하는 것이 중요하다. 그러나 광각 렌즈가 부착된 카메라로 획득된 영상들은 비선형적이며, 중심에서 벗어날수록 심한 방사 왜곡 (barrel distortion) 또는 핀쿠션 왜곡 (pincushion distortion) 이 나타난다[1]. 이는 다양한 광각 렌즈들의 특성과 초점거리로부터 나타나는 현상으로 가장자리 부분이 가운데 부분보다 심하게 휘어지는 현상이다[2]. 이러한 왜곡을 가진 영상은 패턴인식이나 특징 추출 또는 검색과 같은 영상처리 시스템에 사용하면 심각한 오류를 일으키는 요인으로 작용할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 왜곡 영상에 대한 많은 보정 기술들이 연구되어오고 있다[3-7]. 렌즈의 왜곡을 보정하기 위한 기존의 연구들은 왜곡 보정 계수를 찾기 위하여 실세계상의 알고 있는 점들을 이용하는 방법[3], 사용자가 이미 알고 있는 물체의 형태를 이용하는 방법[4], 사용자로 하여금 영상으로부터 보정에 이용할 물체의 좌표를 선택하는 방법[5,7], 사용자가 보정에 필요한 왜곡 모델을 생성하고, 이를 적용하는 방법[6]들로 모두가 복잡한 왜곡 모델을 기반으로 한다. 이러한 과정은 일일이 직선이 곡선으로 변환된 영역을 사용자가 정의하거나 실세계의 직선을 이루는 점들의 좌표가 사전에 알려져 있어야만 구할 수 있는 복잡한 과정을 가지며, 사전에 왜곡 모델을 정의해야 하는 단점을 가지고 있다.

본 논문은 광각 렌즈를 가지는 CCD 카메라로부터 얻은 왜곡 영상의 보정에 필요한 샘플 화소의 좌표들을 자동으로 추출하는 알고리즘을 제안한다. 제안한 방법은 광각 렌즈를 통하여 획득한 왜곡된 영상에 대하여 노이즈를 제거한 후 에지 영상을 구한다. 그 후, 수평 방향과 수직 방향에 대한 히스토그램을 이용하여 중심점 좌표로 설정한 다음, 이 중심점을 지나는 수평축과 수직축 상의 샘플 좌표들을 추출한다. 마지막으로 샘플 좌표들을 이용하여 나머지 왜곡 교차점을 구하는 방법이다. 따라서 제안한 방법은 왜곡 영상의 좌표를 자동으로 추출함으로써 사용자가 수동으로 찾는 번거로움을 없앨 수 있는 장점을 가진다.

제안한 방법의 성능을 평가하기 위하여 체스판

모양의 기준 영상에 대하여, 90° 및 120°의 렌즈 각을 가지는 CCD 카메라로 부터 획득한 왜곡된 영상에 대하여 실험을 수행하였다. 제안한 방법에 대한 성능 평가는 수작업을 통하여 샘플 좌표 추출 후 왜곡 보정 결과와 비교 하였고, 그 결과 제안한 방법은 수작업으로 인한 번거로운 작업과 부정확한 샘플 좌표로 인한 오류 없이 자동으로 샘플 좌표를 추출하고 보정한 결과 영상을 얻을 수 있었다. 또한 렌즈 각과 왜곡 형태에 상관없이 적용 가능함을 확인할 수 있었다.

2. 영상 보정

광각 렌즈가 부착된 카메라로부터 획득한 영상은 렌즈 특성 및 초점 거리와 같은 복합 요인에 의하여 렌즈 중심에서부터 멀어 질수록 왜곡이 더욱 심한 곡선의 형태로 나타나며, 방사왜곡 영상 및 핀쿠션 왜곡 영상은 그림 1에서와 같다. 방사 왜곡을 가진 렌즈로 영상을 얻을 경우 직선은 그림 1(b)와 같은 형태의 커브 (Curve)로 나타나며, 핀쿠션 왜곡을 가진 렌즈의 경우는 이와 반대로 그림 1(c)의 형태로 나타난다. 이러한 왜곡은 여러 가지 영상처리 분야에 응용하기 위해서는 보정을 하여 사용하여야 한다.

2.1 왜곡 보정의 개념

일반적인 왜곡 보정 알고리즘은 그림 2와 같이 수행된다. 먼저 기준 영상과 왜곡 영상으로부터 샘플 화소들의 매핑을 통하여 변환 계수값을 구한다. 이렇게 구한 변환 계수값을 이용하여 왜곡된 영상을 보정하게 된다.

왜곡 보정을 위한 1차, 2차 및 3차 관계식은 각각

$$X = a_0 + a_1 U + a_2 V \tag{1}$$

$$Y = b_0 + b_1 U + b_2 V$$

$$X = a_0 + a_1 U + a_2 V + a_3 UV + a_4 U^2 + a_5 V^2 \tag{2}$$

$$Y = b_0 + b_1 U + b_2 V + b_3 UV + b_4 U^2 + b_5 V^2$$

$$X = a_0 + a_1 U + a_2 V + a_3 UV + a_4 U^2 + a_5 V^2 + a_6 U^2 V + a_7 UV^2 + a_8 U^3 + a_9 V^3 \tag{3}$$

$$Y = b_0 + b_1 U + b_2 V + b_3 UV + b_4 U^2 + b_5 V^2 + b_6 U^2 V + b_7 UV^2 + b_8 U^3 + b_9 V^3$$

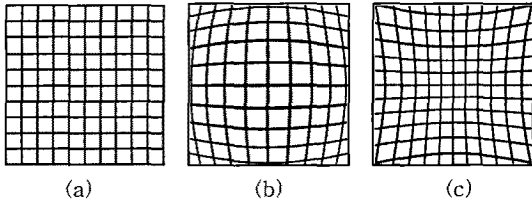


그림 1. (a) 기준 입력 영상, (b) 방사 왜곡 영상, (c) 핀쿠션 왜곡 영상

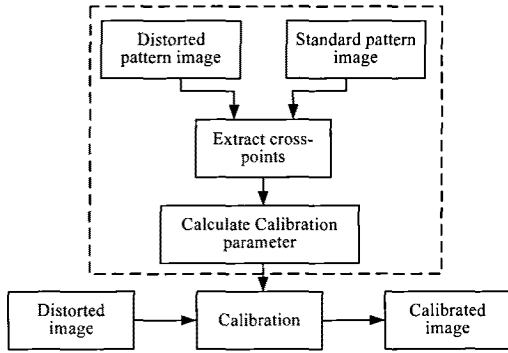


그림 2. 왜곡 보정 알고리즘의 블록도

와 같다[5]. 여기서 (X, Y) 는 왜곡 영상의 좌표이고, (U, V) 는 기준 영상의 좌표이다. 그리고 a_i, b_i 는 변환 계수 값이다. 이와 같이 왜곡 영상을 보정하기 위해서 변환 계수값 a_i, b_i 를 구해야 한다.

2.2 보정 계수 값 추출

변환 계수 값을 구하기 위하여 왜곡 영상과 기준 영상으로부터 추출하는 n 개의 샘플 좌표 X, Y, U 및 V 는

$$\begin{aligned} X &= [x_1, x_2, x_3, \dots, x_n]^T \\ Y &= [y_1, y_2, y_3, \dots, y_n]^T \\ U &= [u_1, u_2, u_3, \dots, u_n]^T \\ V &= [v_1, v_2, v_3, \dots, v_n]^T \end{aligned} \tag{4}$$

와 같다. (x_i, y_i) 는 왜곡 영상에서의 샘플좌표, (u_i, v_i) 는 x_i, y_i 에 대응되는 기준 영상의 샘플좌표이다. 식 (1)을 X 에 대해서만 다시 나타내면

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & u_1 & v_1 \\ 1 & u_2 & v_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & u_n & v_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \tag{5}$$

와 같고, 이를 다시 표현하면

$$X = PH_a, \quad P = \begin{bmatrix} 1 & u_1 & v_1 \\ 1 & u_2 & v_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & u_n & v_n \end{bmatrix}, \quad H_a = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \tag{6}$$

와 같다. 여기에서 변환 계수 행렬 H_a 는

$$H_a = (P^T P)^{-1} P^T X \tag{7}$$

와 같이 구할 수 있다. 마찬가지로 Y 에 대한 계수 행렬 H_b 는

$$H_b = (P^T P)^{-1} P^T Y \tag{8}$$

와 같이 구할 수 있다. 또한 2차 3차 관계식에 대한 변환 계수 값들도 동일한 방법으로 얻을 수 있다. 이와 같이 변환 계수 값을 얻기 위해서는 왜곡 영상으로부터 샘플 좌표 (x_i, y_i) 를 정확하게 추출하여 기준 영상의 샘플좌표 (u_i, v_i) 와 정합시켜야 한다. 이를 위해서 일반적으로 수작업을 통하여 얻게 되는데, 샘플의 수가 많을수록 많은 시간과 부정확한 좌표를 얻게 된다. 따라서 본 논문에서는 왜곡 영상에서 샘플좌표를 자동으로 추출하는 방법을 제한하였다.

3. 제안한 방법

본 논문에서는 왜곡보정을 위한 샘플 좌표를 자동으로 추출하는 방법을 제안하였다. 이에 대한 블록도는 그림 3에서와 같다. 이에서 보는 바와 같이 먼저 광각 렌즈를 통하여 획득한 왜곡된 기준 영상에 노이즈를 제거한 후 에지 영상을 구한다. 그 후, 수평 방향과 수직 방향에 대한 히스토그램을 이용하여 중심점 좌표로 구한 다음, 이 중심점을 지나는 수평축과 수직축 상의 샘플 좌표들을 추출한다. 이 샘플 좌표들을 이용하여 나머지 샘플 좌표를 구한다.

먼저 왜곡된 영상에서 중심점을 추출하는 방법은 그림 4와 같다. 왜곡된 영상의 수직 및 수평방향에 대하여 히스토그램을 구한다. 여기서 각 방향의 히스토그램 분포는 영상의 가운데 부분에서 가장 좁고 큰 값을 가지는 반면 가장자리로 갈수록 넓고 작은 크기의 값을 갖는다. 이는 방사 왜곡 영상의 경우 영상의 가운데 부분은 왜곡이 거의 없고, 가장자리로 갈수록 심한 왜곡이 나타나므로 이와 같은 히스토그램 분포를 가진다. 즉 각 방향의 히스토그램의 분포

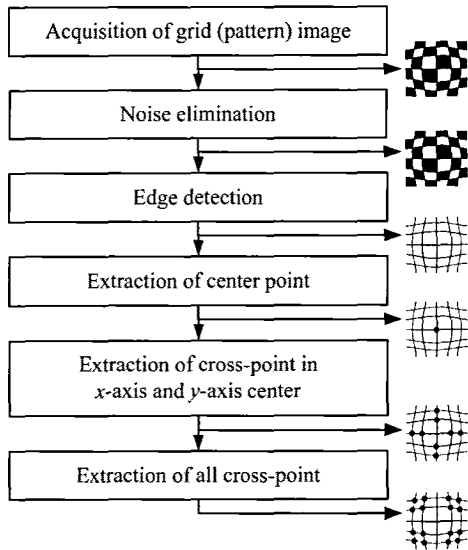


그림 3. 제안한 알고리즘의 블록도

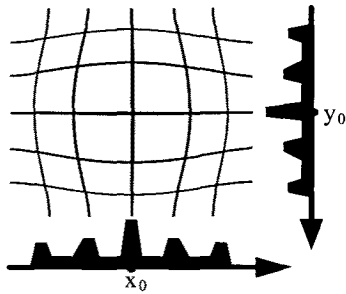


그림 4. 히스토그램을 이용한 중심점 추출

가 좁고, 큰 값을 가지는 좌표가 영상의 중심 좌표 (x_0, y_0) 로 설정된다.

중심좌표를 지나는 수평 및 수직 선 상의 교차점 추출방법은 그림 5와 같다. 수직 및 수평의 중심축 상에 샘플 좌표를 얻기 위한 과정으로 영상의 중심점을 지나는 수직 및 수평축의 인근 화소들을 이용하여 히스토그램을 구하고, 임계치와 비교하여 샘플 좌표들을 얻는다.

이때 수직 및 수평의 중심축 인근 화소만을 이용하는 이유는 중심축에서 멀어질수록 영상이 왜곡되어 히스토그램이 넓은 분포를 가지며 값의 크기가 작아 정확한 샘플 좌표들을 얻을 수 없기 때문이다. 이렇게 얻은 수직 중심축 상의 샘플 좌표 (x_i, y_0) 와 수평 중심축 상의 샘플 좌표 (x_0, y_i) 를 지나는 수직 및 수평선의 교차점을 (x'_i, y'_i) 라 하면, (x'_i, y'_i) 및

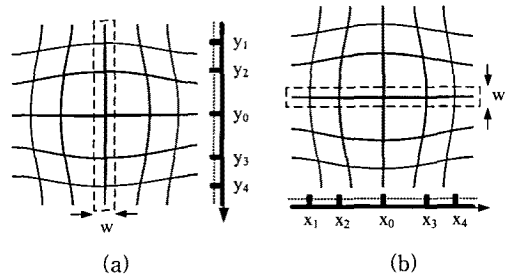


그림 5. 수직 및 수평의 중심축 상의 샘플 좌표 추출

(x_0, y_0) 를 이용하여 왜곡 교차점 (x_i, y_i) 를 추출한다.

마지막으로 제안한 방법에서의 왜곡 교차점 (x_i, y_i) 을 추출하는 방법은 그림 6에서와 같다. 제안한 방법에서는 x'_i 와 x_i 의 거리 및 y'_i 과 y_i 의 거리를 각각 $\Delta x_i, \Delta y_i$ 라고 하면

$$\Delta x_i = S_a |x'_i - x_0| + S_b |y'_i - y_0| \quad (8)$$

$$\Delta y_i = S_c |x'_i - x_0| + S_d |y'_i - y_0| \quad (9)$$

와 같이 얻을 수 있는데, 이는 가장자리로 갈수록 왜곡의 양이 증가한다는 것을 의미한다. 여기서 S_a, S_b, S_c 및 S_d 는 왜곡에 따른 변환 계수 값이라 할 수 있다. 이는 렌즈의 각도에 따라 왜곡의 양이 변화되어 값이 결정됨을 의미한다. 식 (8)과 식 (9)의 $|x'_i - x_0|$ 를 \tilde{x}_i 로 $|x_i - x_0|$ 를 \tilde{y}_i 로 치환하여 다시 나타내면

$$\begin{pmatrix} \Delta x_i \\ \Delta y_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_a & S_b \\ S_c & S_d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \tilde{x}_i \\ \tilde{y}_i \end{pmatrix} \quad (10)$$

과 같고, 여기에서 각 렌즈의 각도에 따른 샘플 영상의 좌표를 이용하여 계수 값 S_a, S_b, S_c 및 S_d 를 구할 수 있다. S_a 와 S_b 는 식 (7)에서와 동일한 방법으로 얻을 수 있고, S_c 와 S_d 는 식 (8)에서와 동일한 방법으

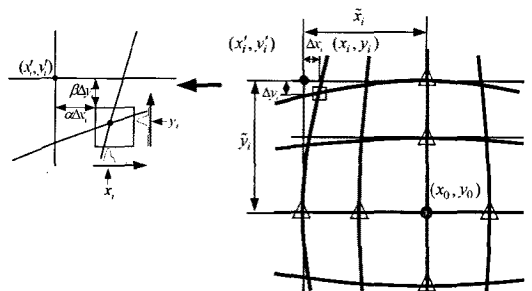


그림 6. 왜곡 교차점 추출

로 얻을 수 있다. 제안한 방법으로 찾은 (x'_i, y'_i) 로부터 $\alpha\Delta x_i, \beta\Delta y_i$ 만큼 떨어진 위치에 탐색 영역 (search area)으로 설정하고, 탐색 영역 내에서 수평 및 수직 방향의 히스토그램을 이용하여 왜곡 교차점 (x_i, y_i) 를 얻는다. 여기서 α 및 β 는 1보다 작게 설정 하여야 한다.

4. 실험 결과 및 고찰

제안한 방법의 성능을 평가하기 위하여 실험을 행하였다. 실험에는 90° 및 120°의 렌즈 각을 가지는 CCD카메라를 사용하였고 이로부터 얻은 왜곡 영상은 그림 7과 같다. 이에서 보는 바와 같이 120°렌즈로 획득한 영상이 많이 왜곡되어 짐을 알 수 있다.

체스판 모양의 기준 영상과 120° 카메라로부터 획득 영상은 그림 8에서와 같다.

이렇게 획득한 왜곡된 영상에 대하여 에지 검출 및 모폴로지 처리를 수행하고, 수직 및 수평 방향에 대하여 각각 히스토그램을 이용하여 얻은 중심좌표 및 이 중심좌표를 지나는 수직 및 수평축 상의 인접 화소는 w만큼의 인접한 화소를 이용하여 샘플 좌표는 그림 9에서와 같다. 이때 w는 11로 설정하였고, 임계치는 8로 설정하였다. 이에서 보는 바와 같이 에지 교차점을 정확하게 추출함을 알 수 있다.

이렇게 구한 수직 및 수평축 상의 샘플 좌표를 이

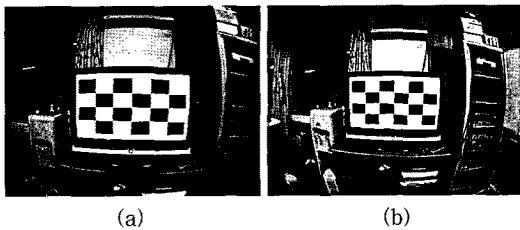


그림 7. 왜곡 영상. (a)90° 렌즈, (b)120° 렌즈

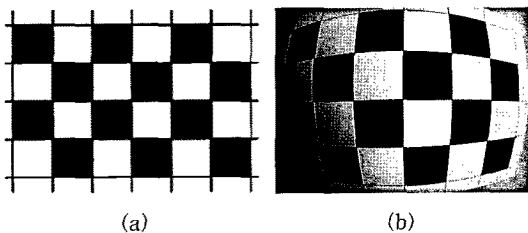


그림 8. 기준영상 및 왜곡 영상. (a) 기준영상, (b) 획득영상.

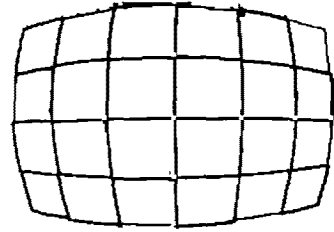


그림 9. 중심 좌표와 수직 및 수평 축 상의 샘플 좌표 추출 영상

표 1. 렌즈 각에 따른 변환 계수

	S _a	S _b	S _c	S _d
90°	0.00063	0.05589	0.06425	0.00000
120°	0.00103	0.05703	0.06141	0.00026

용하여 수직 및 수평선의 교차점을 추출하였고, 나머지 왜곡 좌표를 얻기 위하여 계산한 식 (10)의 변환 계수 값은 표 1에서와 같았다.

마지막으로 수직 및 수평선의 교차점 (x'_i, y'_i) 로부터 $\alpha\Delta x_i, \beta\Delta y_i$ 만큼 떨어진 위치에 탐색 영역 내에서 추출한 왜곡 교차점 (x_i, y_i) 는 그림 10에서와 같다. 여기서 왜곡 교차점 (x_i, y_i) 를 추출하기 위한 탐색 영역의 크기는 20×20, $\alpha=\beta=0.5$ 로 설정 하였다. 이에서 보는 바와 같이 왜곡좌표는 교차점위에 존재함을 확인 할 수 있다.

테스트 영상에 대하여 90° 렌즈 카메라로 획득한 왜곡 영상에 대하여 수작업과 제안한 방법을 이용하여 왜곡 교차점을 찾고, 식 (3)의 3차 왜곡 보정 식을 이용하여 보정한 결과는 그림 11과 같고, 120° 렌즈에 대한 결과는 그림 12와 같다.

이에서 보는 바와 같이 제안한 알고리즘은 수작업을 통하여 얻은 영상과 비교하여 매우 유사하게 보정되었다.

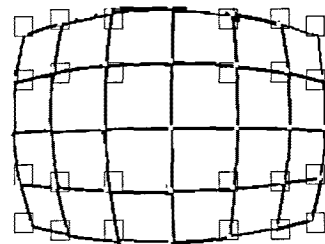


그림 10. 탐색 영역 내에서의 샘플 좌표 추출 영상

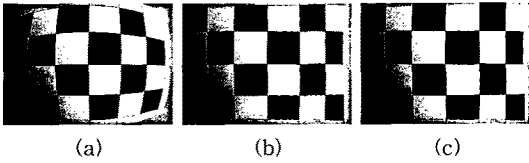


그림 11. 테스트 영상 (90°). (a) 왜곡 영상, (b) 수작업에 의한 보정 영상, (c) 제안한 방법에 의한 보정 영상

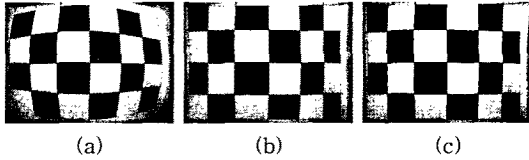


그림 12. 테스트 영상 (120°). (a) 왜곡 영상, (b) 수작업에 의한 보정 영상, (c) 제안한 방법에 의한 보정 영상

표 2는 수작업 및 제안한 방법에 대하여 기준 영상의 좌표 (U, V) 와 왜곡 영상에서 추출한 좌표 (X, Y) 의 SSD(sum of square differences)를 나타내었다. 여기서 수작업을 통한 방법에서 왜곡 좌표 추출 시 발생하는 오차를 줄이기 위하여 10회 실험하여 구한 SSD를 평균하여 나타내었다. 이에서 보는 바와 같이 제안한 알고리즘이 수작업을 통하여 얻은 값과 비교하여 오차가 적음을 알 수 있다.

그림 13과 그림 14는 90° 및 120° 카메라로 획득한 실제 영상에 대하여 수작업을 통한 방법 및 제안한 방법을 적용하여 얻은 결과이다. 이에서 보는 바와 같이 다양한 왜곡 영상에 대하여 제안한 방법을 적용한 결과를 볼 때 렌즈의 각이나 왜곡의 정도 여부에 관계없이 유사한 결과를 보임으로써 기존의 수작업

표 2. 제안한 방법 및 수작업을 통한 방법의 SSD

	수작업을 통한 방법	제안한 방법
90°	2.250907	1.972853
120°	1.978654	1.972853

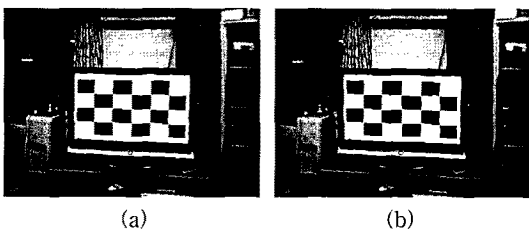


그림 13. 테스트 영상 (90°). (a) 수작업에 의한 보정 영상, (b) 제안한 방법에 의한 보정 영상

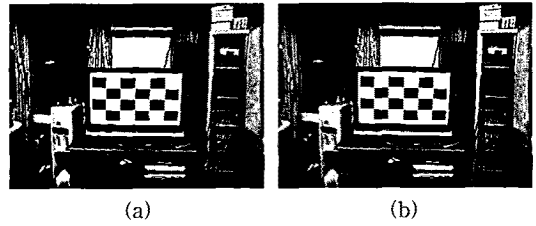


그림 14. 테스트 영상 (120°); (a) 수작업에 의한 보정 영상; (b) 제안한 방법에 의한 보정 영상

에 의한 것과 유사한 샘플좌표를 추출하였음을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문은 광각 렌즈를 가지는 CCD 카메라로부터 얻은 왜곡 영상의 보정에 필요한 샘플좌표의 좌표들을 자동으로 추출하는 알고리즘을 제안한다. 제안한 방법은 광각 렌즈를 통하여 획득한 왜곡된 영상에 대하여 노이즈를 제거한 후 에지 영상을 구한다. 그 후, 수평 방향과 수직 방향에 대한 히스토그램을 이용하여 중심점 좌표로 설정한 다음, 이 중심점을 지나는 수평축과 수직축 상의 샘플 좌표들을 추출한다. 마지막으로 샘플 좌표들을 이용하여 나머지 왜곡 교차점을 구하는 방법이다. 따라서 제안한 방법은 왜곡 영상의 좌표를 자동으로 추출함으로써 사용자가 수동으로 찾는 번거로움을 없앨 수 있는 장점을 가진다. 제안한 방법의 성능을 평가하기 위하여 체스판 모양의 기준영상을 실험에 사용하였으며, 수작업을 통하여 샘플 좌표 추출 후 왜곡 보정 결과와 비교하였다. 그 결과 제안한 방법은 수작업으로 인한 번거로운 작업과 부정확한 샘플 좌표로 인한 오류 없이 자동으로 샘플 좌표를 추출하고 보정한 결과 영상을 얻을 수 있었다. 또한 렌즈 각과 왜곡 형태에 상관없이 적용 가능함을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] C. Slama, *Manual of photogrammetry*, American Society of Photogrammetry, Falls Church, VA, USA, 4th edition, 1980.
- [2] G. Vass and T. Perlaki, "Applying and removing lens distortion in post production," Second Hungarian Conference on Computer Graphics

and Geometry, 2003.

- [3] R. Y. Tsai, "A Versatile Camera Calibration Technique for High-Accuracy 3D Machine Vision," *International Journal of Robotics and Automation*, pp. 323-344, Aug. 1987.
- [4] A. Goshtasby, "Correction of Image Deformation Form Lens Distortion using Bezier Patches," *Graphics and Image Processing*, pp. 385-394, 1989.
- [5] R. Swaminathan and S. K. Nayar, "Non-Metric Calibration of Wide-Angle Lenses and Polycameras," *Preceeding Computer Vision and Pattern Recognition '99*, pp. 413-419, 1999.
- [6] M. Ahmed and A. Farag, "Non-Metric Calibration of Wide-Angle Lens Distortion : Differential Methods and Robust Estimation," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol.14, No.8, pp. 1215-1230, Aug. 2005.
- [7] G. T. Han, K. J. Lee, Y. K. Kim, and W. Y. Kim, "Simplified auto calibration method for wide angle CCD lens," *The Collection of 1998 Autumn Conference's Paper of Korea Information Processing Society*, Oct. 1999.



김 병 익

2004년 2월 동양대학교 정보통신 공학부 학사
 2008년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
 2008년 3월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터 공학부 박사과정

관심분야 : 신호처리, 영상처리, 영상통신



김 대 현

2008년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
 2008년 3월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터 공학부 석사과정

관심분야 : 적외선 영상처리, 신호처리, 영상처리



배 태 욱

2004년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
 2006년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
 2006년 9월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터 공학부 박사과정

관심분야 : 적외선 영상처리, 신호처리, 영상처리



김 영 춘

1991년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
 1993년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
 1997년 2월 경북대학교 전자공학과 박사

1998년 2월 현재 영동대학교 정보통신사이버경찰학과 교수

관심분야 : 컴퓨터 구조, 데이터 통신, 적외선 영상처리, IRCM



심 태 은

1988년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
 1991년 8월 경북대학교 전자공학과 석사
 1995년 3월~현재 경북대학교 전자공학과 박사과정
 1993년 3월~현재 경북도립대학 IT특약계열 교수

관심분야 : 전자공학, 통신공학



김 덕 규

1973년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
 1977년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
 1990년 2월 동경대학교 전기공학과 박사
 1995년 3월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 교수

관심분야 : Audio 및 Video 공학, DTV 신호처리