

# 열화상 카메라와 광학카메라를 이용한 영상 조정 시스템 구현

임수창\*, 김도연\*\*

\*순천대학교 컴퓨터학과

\*\*순천대학교 컴퓨터공학과

e-mail:suchangLim@sunchon.ac.kr\*

dykim@sunchon.ac.kr\*\*

## Implementation of Image Rectification System with Thermal Imaging Cameras And Optical Camera

Su-Chang Lim\*, Do-Yeon Kim\*\*

\*Dept. of Computer Science, Sunchon National University

\*\*Dept. of Computer Engineering, Sunchon National University

### 요 약

본 논문에서는 일반적인 동일 기종의 카메라를 사용한 스테레오 카메라 시스템이 아닌, 서로 다른 화각 및 해상도를 가진 이기종 카메라를 이용하여 스테레오 카메라를 설계한다. 본 논문에서 설계하는 스테레오 카메라는 카메라의 수평오차 및 화각, 해상도가 다르다. 따라서 해당 스테레오 카메라를 통해 송출되는 1:1 매칭 되지 않는 영상을 본 논문에서 제시한 코너점 좌표와 기하학변환 방법으로 교정하고 매칭되는 영역을 잘라내는 조정의 과정을 제안한다. 해당 교정 및 조정에는 컴퓨터 비전 라이브러리인 OpenCV를 이용하고 사용자에게 볼 수 있는 프로그램을 MFC를 이용하여 제작한다. 해당 시스템을 통해 교정 및 조정된 영상은 최소한의 픽셀 오차율을 보여 동일한 영역의 감시활동에 효과적임을 보여준다.

### 1. 서론

일반적인 스테레오 비전 카메라 시스템에서 이론적으로 가장 이상적인 환경은 동종의 카메라를 이용하여 화각과 해상도, 그리고 카메라가 위치한 베이스라인이 수직, 수평으로 완전하게 평행 시켜주는 것이다. 하지만 카메라 렌즈 제조 과정 및 스테레오 카메라 설치 과정에서 발생한 왜곡 및 오차 때문에 완벽하게 정렬된 환경으로 제작하기는 어렵다. 따라서 두 대의 카메라 사이의 관계를 나타내는 파라미터를 획득하는 교정을 진행하고[1], 이 파라미터를 이용하여 왜곡을 제거하고 영상이 행·열 정렬 되도록 하는 것이 일반적인 조정의 과정이다[2]. 하지만 본 논문에서는 동일 기종이 아닌 서로 다른 특성이 있는 열화상 카메라와 광학 카메라를 이용하여 스테레오 카메라를 설계한다.

제작한 스테레오 카메라에서 실시간으로 기준이 되는 체스 영상을 획득한 후 교정 및 조정을 진행한다. 하지만 광학 카메라와 열화상 카메라의 영상획득 특성상 기존의 체스보드를 이용해서는 원하는 기준 영상을 획득할 수 없다. 따라서 광학 카메라와 열화상 카메라에서 촬영 가능한 체스보드를 새로 제작한다. 설계된 카메라를 통해 획득한 영상은 스테레오 시스템을 구축하며 발생한 해상도 및 영상 행·열 정렬 불일치 오류를 포함하고 있다. 따라서 이러한 오류를 제거하는 교정을 진행해야 한다.

동일 카메라로 구성된 일반적인 스테레오 카메라에서

실시하는 교정의 과정을 거치지 않고, 이 논문에서 제시하는 체스보드에서 획득한 코너 점 좌표와 기하학적 변환 방법으로 영상을 교정한 후 매칭된 영상을 잘라내어 최종 영역을 획득하는 조정과정을 진행한다. 본 연구에서는 영상을 교정 및 조정의 과정에서 사용할 Computer Vision 라이브러리인 OpenCV[3]와 교정된 영상을 사용자에게 보여주는 프로그램을 MFC(Microsoft Foundation Class)[4] 라이브러리를 이용하여 제작한다. 또한, 해당 스테레오 카메라 시스템은 고정영역을 감시하는 것이 아닌 상황에 따라 다른 영역을 감시하도록 영역을 이동하기 위해 팬틸트에 장착하여 사용자가 직접 컨트롤 할 수 있도록 환경을 구성하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 이기종 스테레오 카메라 시스템의 설계 및 보정과정을 설명한다. 3장에서는 결론을 다룬다.

### 2. 이기종 스테레오 카메라 시스템 제작

본 논문에서는 일반적으로 동종의 카메라를 이용하여 스테레오 시스템을 구성하는 것이 아닌, 열화상 카메라와 광학 카메라를 이용한 이기종의 카메라를 이용하여 스테레오 카메라 시스템을 설계한다.

열화상 카메라는 영상을 획득하는 방법이 일반적인 광학 카메라와 다르다. 광학 카메라는 렌즈를 통해 받아들인

빛을 CCD 또는 CMOS 센서를 통해 영상을 획득하지만, 열화상 카메라는 렌즈를 통해 빛이 아닌 적외선 열에너지를 받아들여 영상으로 변환하여 사용자에게 시각적으로 표현해준다[5].

스테레오 시스템 환경의 구성은 화각 35mm의 열화상 카메라와 3.9mm~46mm의 광학 카메라를 카메라 하우징에 수평으로 배치하여 설치한다. 수평 베이스라인의 기준은 각 카메라의 렌즈 중양을 기준으로 배치하며, 각 카메라 간의 거리는 5cm 거리로 배치한다.

그림1은 설계된 스테레오 카메라 시스템이다. 각 카메라의 크기가 다르므로, 우측의 열화상 카메라를 좌측의 광학 카메라 렌즈 중심을 기준으로 배치하기 위하여 6.5cm의 지지대를 사용하여 고정했고, 사용자가 본 논문에서 제작한 프로그램을 이용하여 스테레오 카메라를 PTZ 컨트롤하기 위해 스테레오 카메라가 장착된 하우징을 카메라 팬 틸트에 장착한다.



(그림 1) 이기종 스테레오 카메라 설계

각 카메라는 네트워크 비디오 인코더와 연결한 후 프로그램에서 네트워크 접속을 통해 각 영상 버퍼데이터를 획득할 수 있다. 스테레오 카메라를 통해 획득한 영상은 OpenCV[3]함수의 CvtColor를 이용하여 네트워크를 통해 전송된 영상 버퍼 데이터를 MFC의 picture control로 영상을 띄워준다.

MFC로 제작한 프로그램의 영상 재생영역에 영상이 재생되는데, 설치 과정에서 렌즈 기준의 카메라 수평 정렬의 오차와 각 카메라의 다른 화각으로 인해 화면에서의 물체가 행·열 방향으로 정렬이 되어있지 않고, 영상이 기울어져 있다. 따라서 화각이 좀 더 좁은 열화상 카메라 영상을 기준으로 광학 카메라의 영상을 교정할 필요가 있다.

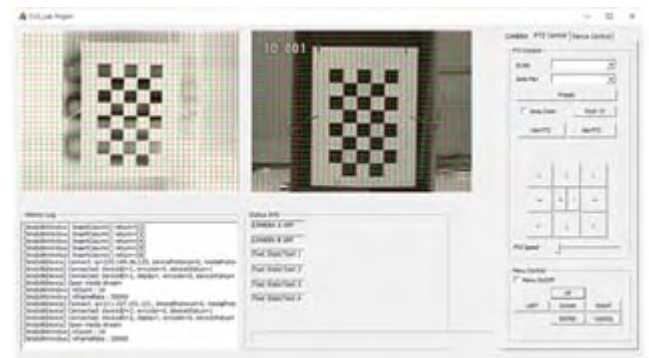
일반적인 카메라 교정에 필요한 방법은 Zhang[6]이 제시한 체스보드 검출 방법을 이용한다. 하지만 그림 2처럼 일반 체스보드를 사용한 경우, 빛을 받아들여 영상을 획득하는 광학 카메라에서만 나타나고, 물체에서 방사되는 적외선 열에너지를 영상으로 보여주는 열화상 카메라에서 촬영한 영상에서는 나타나지 않는다.



(그림 2) 일반 체스보드를 촬영한 영상

따라서 본 논문에서 제작한 스테레오 카메라에서 동시에 영상을 획득할 수 있는 체스보드를 제작해야 한다.

제작된 체스보드의 후면부엔 열원과 검은색 타일을 배치하였고, 전면부의 체스보드는 열화상 카메라에서 열원을 감지할 수 있도록 타공 하여, 구멍을 통해 열이 나오도록 하였다. 광학 카메라는 타공된 구멍을 통해 검은색 타일을 촬영 하도록 했다. 따라서 제작한 체스보드를 이용하면 열화상 카메라와 광학 카메라를 통해 그림3과 같이 영상을 획득할 수 있다. 최초 획득한 영상의 행·열 평행 정도를 판단하기 위해 선분을 삽입하였다. 각 선분이 삽입된 이미지를 비교하면 눈으로 보기에 카메라의 화각이 달라 영상의 체스보드의 크기가 다르고 평행이 되지 않음을 알 수 있다. 따라서 공통의 영역을 자르는 조정의 전 과정으로 두 이미지를 평행화 시키는 교정의 과정이 필요하다.



(그림 3) 제작된 공통 체스보드

영상 교정은 스테레오 카메라 시스템 제작 과정에서 화각, 설치환경 및 행·열 정렬 베이스라인 차이로 인해 발생하는 물리적 오차를 소프트웨어적으로 제거하며 보정하는 과정이다[7].

기존의 스테레오 카메라 교정 및 조정의 과정은 스테레오 카메라를 이용하여 촬영한 다수의 이미지를 이용하여 각각의 카메라를 교정하여 영상과 카메라 사이의 관계변수를 획득하는 것이다. 관계변수는 두 종류의 파라미터를 획득할 수 있다. 먼저 내부파라미터는 초점거리, 주점, 비대칭계수, 왜곡계수 등을 포함하고 있고, 외부 파라미터는

각 카메라 사이의 위치 관계를 나타내는 이동 벡터와 회전벡터를 포함하고 있다[8]. 획득한 두 파라미터를 이용하여 영상에서 왜곡을 제거하는 교정의 과정을 거치고, 행·열을 정렬 후 매칭되는 영역을 잘라내는 조정의 과정을 마지막으로 한다.

그림 4는 기존의 스테레오 교정과 조정 과정을 적용한 영상이다. 하지만 본 논문에서 제작한 특성이 다른 스테레오 카메라의 환경의 차이로 인해 행 방향으로만 정렬되었고, 이미지가 회전되어 본 논문에서 요구하는 기준을 만족하지 못한다. 따라서 기존의 방법을 사용하지 않은, 요구 사항을 만족하는 교정, 조정방법을 제안한다.



(그림 4) 일반적인 스테레오 교정 및 조정을 적용한 이미지

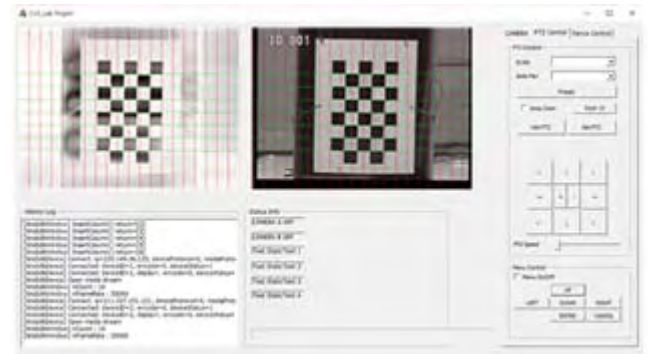
영상 보정의 과정은 컴퓨터 비전 전문 라이브러리 OpenCV를 사용하여 진행한다. 스테레오 카메라로 촬영 중인 비디오 스트림의 한 프레임 버퍼를 저장 후, 저장된 한 프레임의 체스보드 이미지에 해리스코너 검출 알고리즘을 이용하는 OpenCV함수의 cvFindChessboardCorners을 사용하였다. 그림 5은 해당 함수를 이용하여 코너를 검출한 영상 이미지이며, 각 영상 이미지엔 시각화를 하기 위해 코너 점마다 cvDrawChessboardCorners을 이용하여 색을 입혀주었다.



(그림 5) 제작한 체스보드를 통해 획득한 코너점 이미지

검출된 코너에서 픽셀 좌표를 배열에 저장한 후, 좌표가 저장된 배열 값을 이용하여 영상의 기울기를 구한다. 기울기 값을 통해 영상의 회전각을 찾고, 같은 배열을 이

용하여 광학 카메라 영상의 코너 좌표 배열과 열화상 카메라 배열의 좌표의 거리에 따른 비율을 구한다. 열화상 이미지에 회전각을 적용하고 획득한 크기 비율을 이용하여 어파인 변환을 적용하여 교정을 완료한다.



(그림 6) 스테레오 카메라 영상 교정 알고리즘

그림6은 교정이 완료된 이미지에, 행·열의 평행 정도를 보기위해 선분을 삽입하였다. 이미지는 행·열 정렬이 완료된 것을 알 수 있다. 교정된 체스보드 이미지의 코너점의 좌표를 획득 한 후 각 행의 첫 번째 좌표를 비교하여 오차를 계산한 수치가 표 1과 같다.

체스보드의 검출된 행을 기준으로 좌, 우 영상의 교정 결과는 X 좌표 0.08px ~ 1.1px 의 오차를 보이고, Y 좌표 0.2px ~ 1.3px의 최소한의 오차를 보여준다.

<표 1> 교정된 두 영상에서 검출한 코너점 좌표의 매칭 오차율

행	좌표	
	X	Y
1	0.2243 px	1.2066 px
2	0.4702 px	0.3911 px
3	0.3416 px	0.2388 px
4	0.4718 px	0.4314 px
5	0.9429 px	0.3075 px
6	0.0897 px	1.3086 px
7	1.1298 px	0.6827 px

교정이 완료된 영상은 영상이 회전하고 스케일이 변하는 과정에서 그림6처럼 우측 영상의 검은색 영역으로 제외되는 부분이 발생하였다. 따라서 해당 영역을 열화상 카메라와 광학카메라의 영상에서 자르는 조정과정을 적용한다.

조정 과정은 제외된 영역이 발생한 우측의 광학 영상 이미지를 기준으로 진행한다. 우선 제외 영역이 아닌 일반 영상 영역의 상단, 하단의 좌, 우 모서리의 좌표를 획득한다. 좌측의 상, 하단 x축 좌표의 값을 비교하여 값이 큰 좌표를 구하고, 우측의 상, 하단 x축 좌표의 값을 비교하여 값이 작은 값을 저장한다. 하단의 좌, 우측 y축 좌표를 비교하여 값이 작은 좌표를 저장한다.

획득한 상단, 하단의 기준 좌표를 이용하여 실제 출력할 영역을 열화상 이미지와 광학 카메라 이미지에 적용하여 잘라낸다.



(그림 7) 조정이 완료된 스테레오 카메라 영상 이미지

조정의 과정을 적용한 영상 이미지는 그림7과 같이 최종결과로 출력이 되었다. 교정 및 조정 과정을 진행하며 획득한 값을 변수에 저장 후, 해당 변수 값을 이용하여 실시간으로 영상프레임을 획득하고, 각 프레임에 적용하여 자동 교정된 영상을 재생하도록 하였다. 따라서 그림4의 일반 교정 및 조정 방법을 통해 획득한 영상보다 본 논문에서 제시한 방법을 통해 1:1 매칭된 영상이 실시간으로 변환되어, 동일영역 감시의 목적에 부합된다.

### 3. 결론

본 논문에서는 새로이 서로 다른 특성을 가진 이중의 카메라를 이용하여 스테레오 카메라 환경을 구성하였다. 제작한 스테레오 카메라의 영상을 교정하고 조정해야 동일 영역 감시를 위한 목적에 적합하다. 따라서 체스보드를 이용하여 교정 및 조정 과정을 진행해야 하지만, 영상을 촬영하는 방법이 다른 카메라 환경으로 기존의 체스보드는 영상 획득이 불가하여, 해당 실험 환경에서 사용이 가능한 전용 체스보드를 제작하였다. 제작한 체스보드를 이용하여 열화상 카메라 및 광학카메라에서 획득한 영상을 이용하여 교정을 진행해야 하지만, 일반적인 스테레오 카메라 환경에 사용되는 방법을 사용하지 않고, 코너 점 좌표를 이용, 기술기 및 영상의 회전각, 각 영상에서 획득한 각각 대응되는 좌표 사이의 거리 비율을 구하여 기하학적 변환 중 하나인 어파인 변환을 이용하여 영상을 교정하였다. 영상의 교정과정에서 발생한 제외된 검정 픽셀로 채워진 영역을 제외한, 매칭되는 영역으로 잘라내는 조정의 과정을 거쳐 최종 영상화면을 제작하였다. 조정된 영상화면을 이용하여 컴퓨터비전 기술을 이용한 객체 검출 및 인식 등을 동일한 영상 평면에 적용하기에 효율적으로 판단된다.

### 사사의 글

본 연구는 원자력안전위원회의 재원으로 한국방사선안전재단의 지원을 받아 수행한 원자력안전연구개발사업의 연구결과입니다. (No. 1403025)

### 참고문헌

[1] 이재영, “카메라 캘리브레이션과 왜곡 보정,” 로봇공학회지, 제10권, 제1호, pp.22-29, 2013.

[2] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle, “Image Processing, Analysis, and Machine Vision,” 4th Ed. Cengage Learning.

[3] Open Source Computer Vision Library, <http://opencv.org/>

[4] MFC desktop Application <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/d06h2x6e.aspx>

[5] 김원태, “”적외선 열화상의 원리 및 기기 구성,” 비파괴검사학회지, 제31권, 제2호, pp.181-188, 2011.

[6] Zhang et al, “A flexible new technique for camera calibration”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, , vol 22, No. 11, pp1330-1334, 2000.

[7] 서자원, 김창익, “스테레오 카메라 영상처리 기술 및 동향,” 전자공학회지, 제38권, 제2호, pp.31-36, 2011.

[8] G. Bradski, A. Kaehler, “Learning OpenCV”, 1th ed, CA:O’Reilly Media Pub, 2008.