

# 스테레오 카메라 기반 트윈 카메라 모듈 시스템 설계 및 구현

김태연\*

## Design and Implementation Stereo Camera based Twin Camera Module System

Tae-Yeun Kim\*

**요약** 본 논문에서는 휴대하기 편하고 3D 콘텐츠 제작이 용이한 트윈 카메라 모듈 시스템을 구현하고자 하였다. 제안한 트윈 카메라 모듈 시스템은 2D 스테레오 카메라로 부터 입력되는 영상을 변환하여 3차원 영상으로 출력할 수 있는 시스템이다. 본 논문에서 제안한 시스템의 성능평가를 위해 Test Platform을 이용하여 좌, 우 두 개의 렌즈로 촬영된 스테레오 입체 영상의 좌, 우 영상 간의 시차에 따른 회전(Rotation), 기울기(Tilt)에 대한 보정을 평가하였다. 또한 SIFT(Scale Invariant Feature Transform) 알고리즘을 이용하여 3D 입체 영상의 거리오차(Depth Error)를 검증하여 트윈 카메라 모듈 시스템의 효율성을 검증하고자 하였다. 본 논문에서 제안한 트윈 카메라 모듈 시스템은 촬영된 영상을 3D 입체 영상과 준비 영상으로 변환하여 외부에 출력하면 각기 다른 3D 입체 영상 제작 방식에 따른 출력장치에 맞춰 디스플레이가 가능하다. 또한 생성된 영상을 준비 영상과 입체 영상을 각기 다른 채널을 통해 출력하여 많은 제품에 적용하기 쉽고 간편하게 3D 입체 영상 콘텐츠를 제작하는데 이용할 수 있을 거라 기대한다.

**Abstract** The paper actualizes the twin camera module system that is portable and very useful for the production of 3D contents. The suggested twin camera module system is a system to be able to display the 3D image after converting the inputted image from 2D stereo camera. To evaluate the performance of the twin camera module suggested in this paper, I assessed the correction of Rotation and Tilt created depending on the visual difference between the left and right stereoscopic image shot by the left and right lenses by using the Test Platform. In addition, I verified the efficiency of the twin camera module system through verifying Depth Error of 3D stereoscopic image by means of Scale Invariant Feature Transform(SIFT) algorithm. I think that if the user utilizes the suggested twin camera module system in displaying the image to the external after converting the shot image into the 3D stereoscopic image and the preparation image, it is possible to display the image in a matched way with an output device fit respectively for different 3D image production methods and if the user utilizes the system in displaying the created image in the form of the 3D stereoscopic image and the preparation image via different channels, it is possible to produce 3D image contents easily and conveniently with applying to lots of products.

**Key Words** : Stereo Camera, Stereoscopic, 3D Calibration, Camera Module, Depth Range, SIFT

### 1. 서론

최근 3D 입체 영상 기술은 사용자들의 니즈와 맞물려 게임, 영화, 디지털 TV, 디지털 콘텐츠, 광고,

인터넷, 모바일 영역, 가상현실 등의 다양한 산업분야와 결합되어 새로운 부가가치 및 부가산업들을 파생시키는 등 빠르게 발전하고 있다.

특히 영화 등의 영상을 3D 입체 영상으로 디스플

This study was supported by research funds from Chosun University, 2019.

\*Corresponding Author : SW Convergence Education Institute, Chosun University (tykim@chosun.ac.kr)

Received November 17, 2019

Revised November 21, 2019

Accepted November 21, 2019

레이 하는 경향이 증가하고 있는데 이는 일반적인 사람의 두 눈이 평균적으로 약 6.5cm 정도 간격이 벌어져 두 눈의 간격으로 인해 발생하는 시차에 의해 공간의 깊이감 등의 인식이 가능함을 이용하는 것이다[1]. 즉, 입체감을 느낄 수 있는 생리적 요인으로 양안 시차의 원리를 이용한다. 좌우 양안에 보이는 상이 눈에 가까울수록 차이가 많이 나며 멀어질수록 차이가 적어진다. 두 눈은 모양체의 근육을 긴장시키거나 혹은 이완시켜 초점을 조절한다. 이때 근육의 긴장이 거리감을 주게 된다. 사람은 좌우 양안에 투영되어지는 상의 차이에 따라 3차원 공간 속의 장면과 사물에 대해 입체감을 인식하게 된다 [2][3].

3차원 디스플레이(3D display)는 사용자에게 3차원 화상을 제시하는 디스플레이 장치로서 사람의 두 눈에 대해서 각각 다른 화상을 제시하고 양안 시차에 의해 영상을 입체로 보이게 한다. 이는 서로 다른 두 장의 이미지를 각각 왼쪽 눈과 오른쪽 눈에서만 볼 수 있는 영상을 촬영하고 이를 스테레오 방식으로 출력함으로써 영상을 3D 입체 영상으로 출력시키고 있다.

이러한 스테레오 방식의 3D 입체 영상은 다양한 방식으로 제작되고 있는데 크게는 일안식 카메라 방식과 양안식 카메라 방식으로 구분할 수 있다. 양안식 카메라 방식은 두 대의 카메라를 이용하여 3D 입체 영상을 제작하는 것으로, 두 대의 카메라 광축(Rig)을 서로 평행하게 맞추고, 두 카메라 사이의 일정한 거리만을 유지하도록 수평 배열하여 3D 입체 영상을 촬영한다. 촬영된 3D 입체 영상을 3D 입체 영상 출력장치를 통해 LCD 등의 디스플레이 장치로 출력함으로써 3D 입체 영상을 디스플레이 한다 [4][5].

양안식 카메라 방식인 스테레오 카메라는 다양한 3차원 영상 처리 기술 분야에서 활용되어지고 있는 영상 획득 장치이다. 최근 스테레오 영상 기술을 이용하여 3차원 영화와 방송 관련 산업이 급속도로 발전함에 따라 스테레오 콘텐츠를 제작하는 장비 및 기술에 대한 수요 또한 증가하고 있다. 이와 같이 기존의 2차원 영상의 경우와 마찬가지로 사용자가

직접 스테레오 영상을 제작 및 공유하는 시대가 멀지 않았음을 보여주며 3차원 영상 산업의 지속적인 발전을 위해서는 휴대 및 사용이 간편한 소형 스테레오 카메라를 연구하는 것은 매우 중요한 일이라 할 수 있다[6].

기존의 3D 입체 영상을 출력할 때 이용되는 스테레오 카메라는 동일한 제품에 동일한 특성을 가지는 카메라를 이용하여 영상을 촬영하고 이를 이용하여 3D 입체 영상을 제작하고 있다. 하지만, 이러한 기존의 스테레오 카메라를 이용한 3D 입체 영상 변환 장치는 서로 동일한 특성을 가진 카메라 두 대를 사용해야함으로 제품의 단가가 비싸고 휴대와 사용이 쉽지 않다. 또한 서로 다른 특성을 가진 카메라를 사용 시에는 두 대의 카메라에 다른 특성으로 인해 동작을 하지 않거나 3D 이미지의 질이 떨어지는 단점이 있다. 또한 이를 가지고 일반적인 2D 영상 제작 시 활용하기에는 크기 면이나 부피 면에서 불편하고 비용적인 소모가 크다는 단점이 있다.

이와 같은 문제점 및 제약 사항을 해결하기 위해서 본 논문에서는 단안 디지털 카메라에 특성과 크기가 같은 두 대 카메라 모듈을 이용한 소형 3D 카메라 모듈인 트윈 카메라 모듈 시스템을 구현하고자 한다. 즉 사용자가 휴대하기 쉽고 3D 콘텐츠를 쉽게 제작할 수 있도록 모듈을 구현하고 그 효율성을 검증하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안하는 시스템의 구성 및 설계에 대해서 살펴보고 3장에서는 시스템 구현 결과, 4장에서는 구현한 시스템의 성능평가를 기술하며, 5장에서는 연구의 결론 및 향후의 연구 방향을 기술한다.

## 2. 시스템 구성 및 설계

### 2.1 시스템 개념도

본 논문에서 구현하고자 하는 트윈 카메라 모듈 시스템은 인간이 가지는 두 개 눈의 망막의 상에 차이를 발생하여 입체감을 느낄 수 있게 하는 방법으로 다른 두 장의 이미지를 촬영하여 스테레오 방식으로 출력하는 방법으로 영상을 3D 입체 영상으로

생성한다[7].

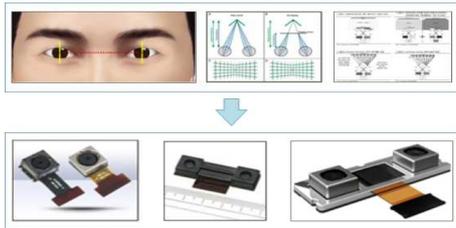


그림 1. 트윈 카메라 모듈 시스템의 개념도  
Fig. 1 Concept Mapping of Twin Camera Module System

그림 1과 같이 제안한 트윈 카메라 모듈 시스템은 2D 스테레오 카메라로 부터 입력되는 영상(광축을 서로 평행하게 맞추고 카메라 사이의 일정한 거리가 유지되도록 수평 배열하여 촬영)을 변환하여 3차원 영상으로 출력할 수 있는 시스템이다. 제안한 트윈 카메라 모듈 시스템은 촬영된 영상을 3D 입체 영상과 준비 영상으로 변화하여 외부에 출력하면 각기 다른 3D 입체 영상 제작 방식에 따른 출력장치에 맞춰 디스플레이가 가능하며 생성된 영상을 준비 영상과 입체 영상으로 각기 다른 채널을 통해 영상을 출력하면 많은 제품에 적용하여 아주 쉽고 간편하게 3D 입체 영상 콘텐츠를 제작하는데 이용할 수 있을 거라 기대한다.

2.2 트윈 카메라 모듈 시스템

본 논문에서 제안한 트윈 카메라 모듈 시스템은 그림 2와 같이 좌측 2D 영상을 출력하는 좌 카메라와 우측 2D 영상을 출력시키는 우 카메라, 좌 카메라 및 우 카메라에서 촬영된 2D 영상이 입력되는 3D 입체 영상 입력부, 영상 입력부로부터 입력되는 각각의 2D 영상을 보정하여 3D 입체 영상으로 변환한 후 디스플레이장치 측으로 출력할 수 있는 3D ISP FPGA로 구성되어 있다. 만약 3D 입체 영상 입력부측으로 좌·우 카메라 중 어느 하나에서만 2D 영상이 입력되면 3D ISP FPGA는 3D 입체 영상 입력부로 입력된 2D 영상을 그대로 출력하도록 하였다[8][9].

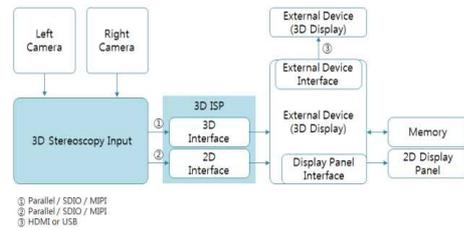


그림 2. 시스템 구성도  
Fig. 2 Configuration of System

3D ISP FPGA에서 좌·우 카메라의 영상이 입력될 때 좌·우 카메라의 영상의 입력을 같은 크기의 화소수로 자동으로 조절 및 변환하여 입력받도록 하였으며, 좌·우 카메라의 두 대의 카메라간 거리, 회전(Rotation), 틸트(Tilt), X축 및 Y축에 대한 차이에 대한 보정 값은 내부 및 외부 저장 공간에 저장하여 그 값을 실제 영상에 반영하여 보정되도록 하였다.

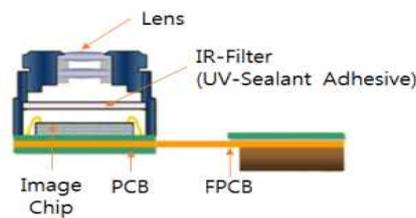


그림 3. 2D 카메라 모듈 설계 과정  
Fig. 3 Design Process of 2D Camera Module

트윈 카메라 모듈 시스템에 적용할 2D 카메라 모듈은 그림 3과 같은 과정으로 구현하였다. 2D 카메라 모듈은 이미지 센서, IR Cut-filter, 렌즈 모듈, 렌즈 홀더, 보드 등으로 구성되며, 보드에 이미지센서 및 수동소자를 부착한 후 렌즈 홀더를 부착하고 고정시킬 수 있도록 설계하였다. 그리고 렌즈홀더에 IR Cut-filter 및 렌즈 모듈을 부착하고 포커싱 한 후 렌즈 모듈을 고정시키도록 설계하였다[10].

그림 4와 같이 트윈 카메라 모듈 시스템은 좌 카메라 모듈, 3D ISP FPGA, 우 카메라 모듈을 하나의 PCB에 부착하여 부착면적을 최소화 할 수 있도록 설계하였다.

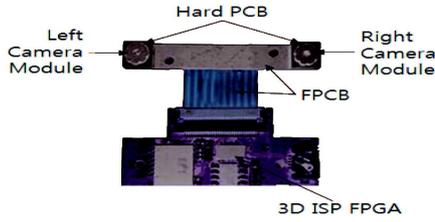


그림 4. 트윈 카메라 모듈 설계  
Fig. 4 Design of Twin Camera Module

### 2.3 SIFT(Scale Invariant Feature Transform)

#### 알고리즘

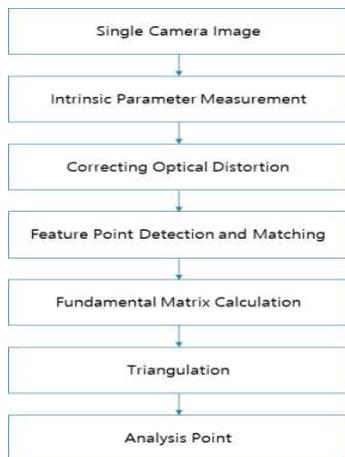


그림 5. 트윈 카메라 모듈의 3D 영상 특징 분석 과정  
Fig. 5 3D Image Feature Analysis Process of Twin Camera Module

본 논문에서 제안된 트윈 카메라 모듈의 3D 입체 영상의 특징점을 추출하고 분석하기 위해 그림 5와 같이 좌·우 카메라의 영상을 가져와 영상의 특징점을 찾는다. 이를 바탕으로 매칭 과정을 거친 후 기본 행렬을 계산하여 삼각 측량을 수행한다[11].

영상의 특징점 추출은 다양한 방법들이 있다. 본 논문에서는 SIFT(Scale Invariant Feature Transform)[12] 알고리즘을 이용하여 특징점을 추출하였다. 이는 모든 영상 프레임에서 추출의 수가 많고 일정하기 때문에 3D 공간을 복원하는데 유리하기 때문이다. SIFT 알고리즘은 영상에서 코너점 등 식별이 용이한 특징점들을 선택한 후 각 특징점

을 중심으로 로컬 패치에 대하여 그림 5와 같이 특징 벡터를 추출하는 것을 말한다. SIFT 알고리즘은 영상의 이동, 회전, 스케일링, 투영 변환 및 부분 조명 변화에 불변인 특징을 가지고 있다. 그림 6은 SIFT 알고리즘을 이용하여 영상에서 특징점을 추출하여 크기와 함께 표현한 것을 나타낸다.

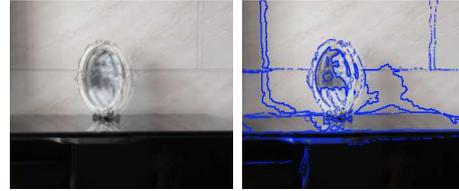


그림 6. 영상의 특징점 추출  
Fig. 6 Feature Point Extraction of Image

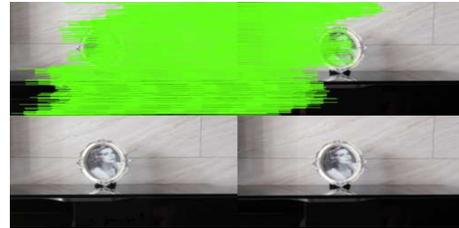


그림 7. 두 영상의 매칭점 연결  
Fig. 7 Link Matching Point of Two Images

SIFT 알고리즘을 이용하여 두 영상간의 매칭 쌍을 찾을 수 있으며 매칭 되는 점의 위치 값을 통하여 기본 행렬(Fundamental Matrix)을 구할 수 있다. 이는 카메라 파라미터를 포함하는 두 영상의 픽셀 좌표 사이의 기하학적인 관계를 표현한다. 매칭한 후 연산속도 증가를 위해서 RANSAC[13]를 통하여 불필요한 데이터를 걸러낸다. 그림 7은 두 영상 사이의 매칭점을 선으로 연결한 것이다.

Triangulation[14][15]은 식1에 의하여 두 영상 평면 사이의 기하학적인 관계가 주어지고 두 영상의 평면상의 매칭쌍  $p, p'$  이 주어지면 이로부터 원래의 3D 공간좌표  $P$ 를 결정할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} P_1 - x_1 & 0 \\ P_2 & 0 - x_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix} = 0 \tag{1}$$

표 1은 Triangulation 과정을 코드로 나타내며 좌·우 카메라의 영상인 P1과 P2에 매칭 되는 점 x1와 x2를 SVD로 계산한 후 3D point X를 구할 수 있다.

표 1. Triangulation 코드  
Table. 1 Triangulation Code

```
def triangulate(x1, x2, P1, P2):
    M1 = zero((6,6))
    M1[:3, :4] = P1
    M1[3:, :4] = P2
    M1[:3, 4] = -x1
    M1[3:, 4] = -x2

    U, S, V = linalg.svd(M1)
    X = V[-1, :4]

    return X /X[3]
```

### 3. 시스템 구현 결과

#### 3.1 트윈 카메라 모듈 시스템 구현 과정

트윈 카메라 모듈은 HYSONIC사의 HD급 이미지 센서인 OV5640 센서와 렌즈 및 렌즈 홀더를 사용하여 2D 카메라 모듈을 제작한 후 트윈 카메라 모듈 조립지그를 이용하여 트윈 카메라 모듈로 구현하였으며, 그 과정은 다음과 같다.

먼저 구현된 2D 카메라 모듈 및 3D 카메라 홀더를 트윈 카메라 모듈 조립지그를 이용하여 그림 8과 같은 과정으로 트윈 카메라 모듈을 구현하였다.

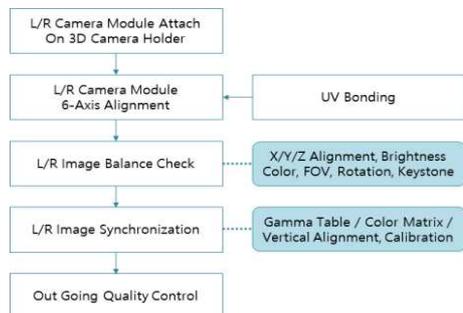


그림 8. 트윈 카메라 모듈 시스템의 구현 과정  
Fig. 8 Implementation Process of Twin Camera Module

#### System

- ① 좌 카메라를 3D 카메라 홀더에 우선 부착 후, 우 카메라를 좌 카메라와 일치하게 6축 정렬을 한다.
- ② 좌·우 카메라의 광축이 일치하도록 카메라 영상을 보면서 우 카메라를 6축 정렬한다.
- ③ 좌·우 카메라의 수직 오차, 수평 오차, 회전 오차, 크기 오차가 발생하지 않도록 영상을 보면서 우 카메라를 6축 정렬한다. 이때, 3단 3D 공간차트를 이용하여 X, Y, Z의 광축 정렬 오차를 최소화 한다.
- ④ 구현된 3D 카메라는 원거리를 촬영하여 좌·우 카메라의 정렬오차가 발생하는지 평가한다.

#### 3.2 3D ISP FPGA

좌·우 카메라에서 출력되는 2D 영상을 3D 입체 영상으로 생성하기 위한 3D ISP FPGA를 구현하였다. 우수한 3D 입체 영상을 획득하기 위해서는 좌·우 카메라 간의 노출 시간, 밝기, 색상, Frame Sync 등이 마치 하나의 카메라처럼 일정해야한다. 그러나 동일한 센서, 동일한 렌즈를 사용한 동일한 카메라 모듈이라도 오차가 발생하므로 이러한 오차를 줄이기 위해 그림 9와 같이 3D ISP FPGA를 구현하였다.

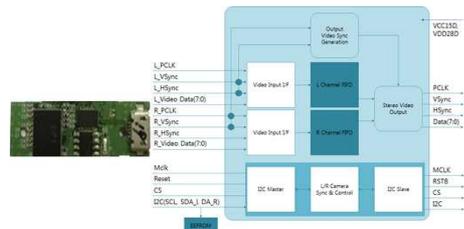


그림 9. 3D ISP FPGA 구현  
Fig. 9 Implementation of 3D ISP FPGA

좌·우 카메라 간의 노출시간, 밝기, 색상 등이 마치 하나의 카메라처럼 일정하기 위해서는 우선 외부에서 입력해야하는 파라미터는 좌·우 이미지 센서에 동일한 파라미터를 입력하고 이미지 센서에서 자동으로 실행하는 파라미터는 L/R Camera Sync & Control Block에서 기준이 되는 좌측 카메라의

AWB, AE 등의 파라미터를 읽어 우측 카메라에 좌측 카메라와 동일한 파라미터를 입력하여 좌·우 카메라의 영상 출력을 일치시킨다.

좌·우 카메라의 Frame Sync는 그림 10과 같이 Host CPU에서 이미지 센서를 제어할 때, 좌·우 이미지 센서가 동시에 시작하도록 12C 브릿지를 구현하여 좌·우 카메라의 Frame Sync를 일치하도록 하였다.

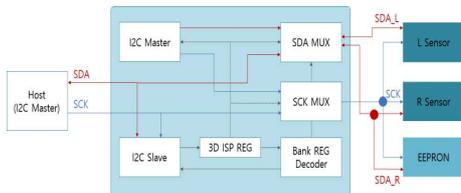


그림 10. 좌·우 카메라의 Frame Sync  
Fig. 10 Frame Sync of Left/Right Camera

또한, 트윈 카메라 모듈의 Full HD 30 frame 의 영상을 전송하기 위하여 MIPI CSI2 라는 시리얼 통신방식으로 출력하기 때문에 그림 11과 같은 MIPI Receiver를 추가하여 Full HD급 3D ISP FPGA를 구현하였다.

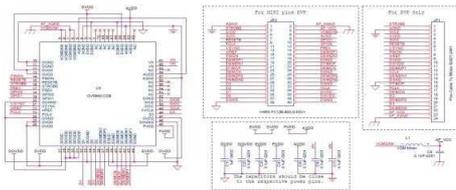
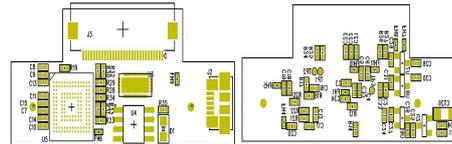


그림 11. MIPI 회로 설계  
Fig. 11 Design of MIPI Circuit

### 3.3 트윈 카메라 모듈 시스템 구현 결과

본 논문에서 구현된 트윈 카메라 모듈 시스템은 인간의 양안 거리를 이용한 소형 3D 카메라 모듈로 다양한 분야에서 적용이 가능하며 사용이 간편하고 다양한 장치에 장착이 가능한 카메라 모듈로 추가 장치의 장착 없이 카메라 모듈만으로 사용자가 콘텐츠 제작이 가능하도록 구현하였다. 또한 Full HD(1920X1080)와 30fps를 지원하며 좌·우 영상간의 차이에 따른 회전(Rotation) 3 도, 기울기(Tilt)

5도에 대한 보정이 가능하도록 구현하였다. 그림 12는 트윈 카메라 모듈 PCB 설계 그림이며, 표 2는 구현된 트윈 카메라 모듈의 제작 사양이다.



(a) Top (b) Bottom  
그림 12. 트윈 카메라 모듈 보드 PCB 설계  
Fig. 12 Design of Twin Camera Module Board PCB

표 2. 트윈 카메라 모듈 시스템 제작 사양  
Table. 2 Production Specification of Twin Camera Module System

1. Sensor Feature		
Sensor type	CMOS	
Pixel array	2592 * 1944	
Sensor size	1/4 inch	
Sensor pitch	1.4um	
Dynamic Range	TBD	
Signal-to-noise ratio	TBD	
Operating Temp.	-30℃~70℃	
2. BOM		
PKG	COB	
Sensor	OV5640	
Lens	MQS4134	
Actuator	HYSONIC	
Substrate	Rigid FPCB	
3. Electrical Feature		
Operating Voltage	AVDD	2.8V
	I/O VDD	1.8V
	DVDD	1.2V
Power Consumption	TBD	
Input clock	6 ~ 27MHz	
Pixel clock max.	96MHz	
Frame rate	15fps @ full resolution 2D	
	30fps @ 1080P 2D/3D	
4. Function		
Interface	MIPI	
2D Data output	RAW RGB	
	RGB565/555/444	
	CCIR656, YUV/422/420 YCbCr422	
3D Data Output	YUV422 8,10 bit	
	RAW 8,10 bit	

또한, 사용자가 사용 및 휴대하기 편하도록 그림 13과 같이 WebCam을 지원하는 Micro USB 위

한 커넥터를 설계하였다. 그림 14는 트윈 카메라 모듈의 Case 설계이며, 그림 15는 제안한 트윈 카메라 모듈의 구현된 결과이다.

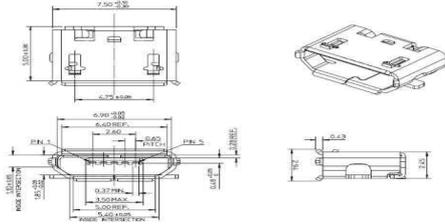


그림 13. WebCam을 지원하는 Micro USB 위한 커넥터  
Fig. 13 Connector for Micro USB that supports WebCam

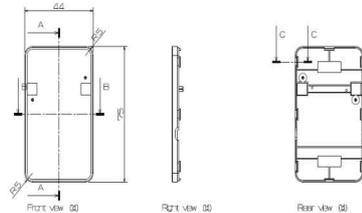


그림 14. 트윈 카메라 모듈의 Case 설계  
Design of Twin Camera Module Case

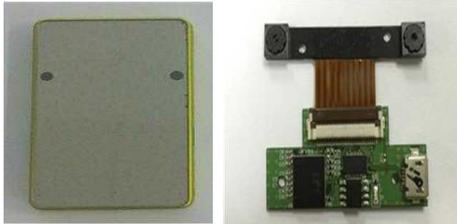


그림 15. 트윈 카메라 모듈 시스템 구현 결과  
Fig. 15 Implementation Result of Twin Camera Module System

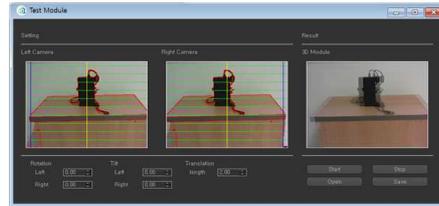
#### 4. 성능평가

본 논문에서 제안한 트윈 카메라 모듈의 성능을 평가하기 위해 Visual C++로 구현한 Test platform을 이용하여 windows 10 환경에서 Translation, Tilt, Rotation 등의 성능평가를 실시하였다.

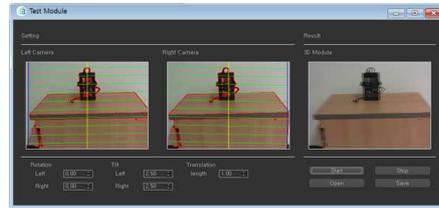
좌, 우 두 개의 렌즈로 촬영된 스테레오 입체 영상은 좌, 우 영상 간의 시차에 따른 회전(Rotation), 기울기(Tilt)에 대한 보정이 가능하도록 설계 되어야

한다. 좌·우 카메라의 정렬오차가 발생하면 3D 입체 영상의 품질이 저하되므로 사용자의 어지러움 증상 등을 발생시킬 수 있다.

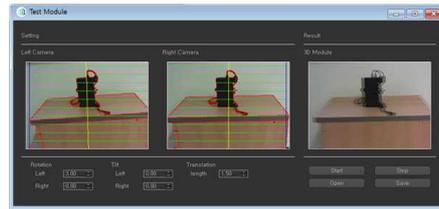
그림 16의 성능평가 결과와 같이 회전(Rotation) 3도와 기울기(Tilt) 5도에서도 보정이 되는 결과를 보여준다.



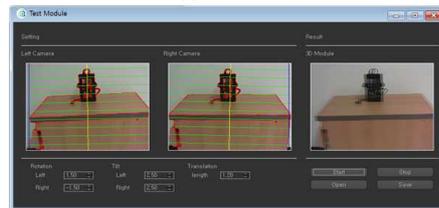
(a) Translation



(b) Tilt



(c) Rotation



(d) Calibration Support Optimization

그림 16. 트윈 카메라 모듈 시스템 성능평가  
Fig. 16 Performance Evaluation of Twin Camera Module System

또한, SIFT 알고리즘을 이용하여 Depth 변화 따른 오차를 통해 트윈 카메라 모듈의 성능을 비교하였다. Z(Depth)값을 성능평가의 오차율 원인이라고 보고 이를 확인하기 위하여 실험을 수행하였다. 두

물체를 나란하게 세운 뒤 오른쪽 물체를 일정 길이 만큼 Z(Depth)를 변경하여 두 물체 사이의 깊이의 오차를 본 논문에서 제안한 트윈 카메라 모듈로 측정하였다.

표 3은 제안한 트윈 카메라 모듈을 이용한 깊이 오차 (Depth Error) 결과이다. 실험 분석 결과 두 물체가 나란히 서 있는 경우 즉, Z(Depth) 좌표의 차이가 없는 경우 작은 오차로 3D 입체 영상을 생성할 수 있었다. Z(Depth)값이 차이가 증가하면 비례적으로 오차가 증가하는 것은 아니지만 실제 깊이와의 오차가 증가하였으며 값들의 편차도 늘어났다.

X, Y의 좌표는 실제 깊이와 유사한 결과를 얻을 수 있었으며, Z의 좌표도 실제 거리와의 차이가 X, Y 좌표 보다는 크게 나타났지만 실제 깊이와 거의 유사한 결과를 보여주었다. 그림 17과 같이 본 논문에서 구현한 트윈 카메라 모듈 시스템의 X축, Y축, Z축의 평균 오차율이 보여주듯이 3D 입체 영상 생성에 대한 충분한 효율성을 나타냈다.

표 3. 트윈 카메라 모듈 시스템을 이용한 깊이 오차  
Table. 3 Depth Error using Twin Camera Module System

	Depth Difference (cm)	Test Average (cm)	Error Factor(%)
	4.00	4.06	1.50
	6.00	5.91	1.63
	10.00	10.17	1.70
	12.00	12.22	1.83

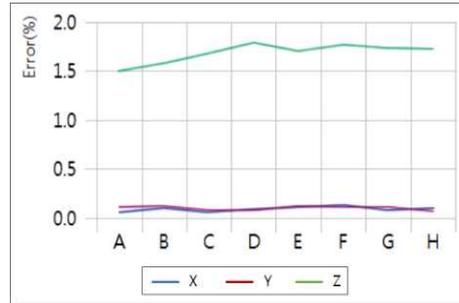


그림 17. X, Y, Z 평균 오차율  
Fig. 17 X, Y, Z Average Error Rate

### 5. 결론

본 논문에서는 휴대하기 편하고 3D 콘텐츠 제작이 용이한 트윈 카메라 모듈 시스템을 구현하고자 하였다. 제안한 트윈 카메라 모듈 시스템은 2D 스테레오 카메라로부터 입력되는 영상을 변환하여 3차원 영상으로 출력할 수 있는 시스템이다. 제안한 시스템의 성능평가를 위해 Test Platform을 이용하여 좌, 우 두 개의 렌즈로 촬영된 스테레오 입체 영상의 좌, 우 영상 간의 시차에 따른 회전(Rotation), 기울기(Tilt)에 대한 보정을 평가하였다. 또한 SIFT 알고리즘을 이용하여 3D 입체 영상의 깊이 오차 (Depth Error)를 검증하여 트윈 카메라 모듈 시스템의 효율성을 검증하고자 하였다.

본 논문에서 제안한 트윈 카메라 모듈 시스템은 촬영된 영상을 3D 입체 영상과 준비 영상으로 변환하여 외부에 출력하면 각기 다른 3D 입체 영상 제작 방식에 따른 출력 장치에 맞춰 디스플레이가 가능하다. 또한 생성된 영상을 준비 영상과 입체 영상으로 각기 다른 채널을 통해 영상을 출력하여 많은 제품에 적용하기 쉽고 간편하게 3D 입체 영상 콘텐츠를 제작하는데 이용할 수 있을 거라 기대한다.

향후 제안한 시스템의 성능을 향상시키며 입체감 효과의 극대화를 통해 제한된 시차의 한계성을 넘을 수 있는 단안 요인들에 대한 연구가 이루어져 한다. 또한 고품질의 3D 입체 영상을 구현할 수 있는 알고리즘과 다양한 카메라 모듈의 대한 연구가 필요할 것이다.

## REFERENCES

- [1] Jae Hoon Jung, "Object Tracking Method Based on Optimized 3D Trajectory and Normalized Size Information Using Camera Calibration," Doctorate Thesis, Chaun-Ang University, 2017.
- [2] Byung Wan Han and Sung Jun Lim, "Development of HD Resolution Stereoscopic Camera and Apparatus for Recognizing Depth of Object," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 14, No. 1, pp. 351-357, 2013.
- [3] Jong sub Park, June Seok Hong, and Woo Ju Kim, "A Study on Intuitive IoT Interface System using 3D Depth Camera," The Journal of Society for e-Business Studies, Vol. 22, No. 2, pp. 137-152, 2017.
- [4] Cheon Lee, Hy ok Song, Byeong ho Choi, and Yo Sung Ho, "Multi-view Generation using High Resolution Stereoscopic Cameras and a Low Resolution Time-of-Flight Camera," The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences, Vol. 37, No. 4, pp. 239-249, 2012.
- [5] Young soo Prak, Nam bo Hur, Kyung soo Pyo, and Chung kun Song, "A Method of Stereoscopic 3D Image Quality Assessment," Journal of broadcast engineering, Vol. 16, No. 2, pp. 321-330, 2011.
- [6] Hyoung chul Shin, Sang hoon Kim, and Kwang hoon Sohn, "Hybrid Stereoscopic Camera System," Journal of broadcast engineering, Vol.16, No. 4, pp. 602-613, 2011.
- [7] Jung Hyun Kim, "3D graphic-based stereoscopic camera considering visual fatigue," Journal of The Korean Society for Computer Game, Vol. 24, No. 4, pp. 89-98, 2011.
- [8] Seon Min Rhee, Jog Moo Choi, and Soo Mi Choi, "A Method for Reproducing Stereo Images to Adjust Screen Parallax on a 3D Display," Journal of the Korea computer graphics society, Vol. 16, No. 4, pp. 1-10, 2010.
- [9] Chang Yoon Kim and Woo Sik Lee, "Developing Stereo-vision based Drone for 3D Model Reconstruction Structures in Disaster Sites," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 17, No. 6, pp. 33-38, 2016.
- [10] S. Michalik, S. Michalik, J. Naghmouchi, and M. Berekovic, "Real-time smart stereo camera based on FPGA-SoC," 2017 IEEE-RAS 17th International Conference on Humanoid Robotics (Humanoids), pp. 311-317, 2017.
- [11] Oh-Young Kwon, and Kyoung-Taek Seo, "3D Reconstruction Using a Single Camera," Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 19, No. 12, pp. 2943-2948, 2015.
- [12] A. Y. Rahman, S. S. Sumpeno, and M. H. Pumomo, "Arca Detection and Matching Using Scale Invariant Feature Transform (SIFT) Method of Stereo Camera," 2017 International Conference on Soft Computing, Intelligent System and Information Technology (ICSIIT), pp. 66-71, 2017.
- [13] T. Sattler, B. Leibe, and L. Kobbelt, "Efficient & Effective Prioritized Matching

for Large-Scale Image-Based Localization,”  
IEEE Transactions on Pattern Analysis &  
Machine Intelligence, Vol. 39, No. 9, pp.  
1744-1756, 2017.

[14] S. Avidan and A. Shashua, “ Trajectory  
Triangulation: 3D Reconstruction of  
Moving Points from a Monocular Image  
Sequence,” IEEE Transactions on Pattern  
Analysis & Machine Intelligence, Vol. 22,  
No. 4, pp. 348-357, 2000.

[15] Ji Jung Jung, Gwang Lee, and Bong  
Keun Kim, “A Study on Stable Service of  
Marker based Augmented Reality Using 3D  
Location Measurement of Beacons,” The  
Journal of the Korea Institute of Electronic  
Communication Sciences, Vol. 12, No. 5,  
pp. 883-890, 2017.

---

## 저자약력

---

김 태 연 (Tae-Yeun Kim)

[중신회원]



- 2012~2015년 신한시스템즈(주) 연구  
소장
- 2012~2017년 광주보건대학교 겸임교수
- 2018~현재 조선대학교 SW융합교육원  
조교수

〈관심분야〉

인공지능, 빅데이터, 감성공학, IoT