

# 골프공 회전 인식을 위한 고속 영상 시스템 개발 Development of High Speed Imaging System for Golf Ball Rotation

\*정서희<sup>1</sup>, #고국원<sup>2</sup>, 박용길<sup>3</sup>

\*Seo Hee Jung<sup>1</sup>, #Kuk Won Ko<sup>2</sup>, Young Kil Park<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 선문대학교 제어계측학과, <sup>2</sup> 선문대학교 정보통신공학부, <sup>3</sup>(주) DMBH

Key words High Speed Imaging system, Golf Ball, Rotation detection

## 1. 서론

최근 스포츠의 대중화로 인하여 스크린 골프 연습장 대중화 되고 있다. 스크린 골프는 골프공의 속도를 감지하여 미리 시뮬레이션으로 스크린에 골프공의 궤적을 나타내어 골프 연습자가 골프장에 가지 않더라도 좁은 공간에서도 연습이 가능하도록 개발된 시스템이다. 스크린 골프에서 골프공의 궤적을 알아내기 위해서는 레이저나 적외선 센서를 이용하여 골프공의 속도와 비행 각도를 알아내어 동역학 해석을 통하여 골프공의 착지 지점을 예측하는 것이다. 이러한 방법은 90~95%정도의 착지 지점의 예측률을 보이지만, 골프공에 회전이 걸리도록 치는 경우에는 회전에 의한 동역학적 현상을 예측할 수 없으므로 보다 정확한 예측을 위해서는 공의 회전을 감지하는 영상 획득 시스템이 필요하다. 통상적으로 골프공의 속도는 드라이브를 사용하여 공을 칠 경우에 70m/sec 의 속도를 가지므로 이에 적합한 영상 획득 시스템의 개발이 필요하다. 또한 대중화를 위해서는 저가의 카메라를 사용해야 하므로 본 연구에서는 최근 많이 적용되고 있는 USB 카메라를 사용하여 고속 영상 획득 시스템을 개발하였다.

## 2. 영상 획득 시스템

### 2.1 영상 획득 시스템

Camera 는 고속으로 Capture 할 수 있도록 하기 위하여 Mightex 사의 USB2.0 monochrome CMOS Camera 를 사용하였다. 사용된 카메라는 pixel size 5.2 x 5.2 $\mu$ m 이고 640x480 에서 초당 60frame 이상의 영상 획득이 가능하다. 또한, 외부 동기 신호를 위한 Free run Mode 와 Trigger Mode 의 기능이 있다. Camera Frame Rates 는 Resolution 은 스펙에 따라 fps 가 정해진다.



Fig. 1 Camera & Frame Rates

영상 획득에 사용된 Camera Lens 는 초점거리 25mm, F0.95~16 렌즈를 사용하였으며, 근접한 거리에서도 넓은 화각을 가져 많은 영역을 측정할 수 있도록 선정하였다. 또한 고속 영상 획득을 위해서 영상 획득시 밝기와 관련된 F 넘버를 충분한 밝기 획득이 가능하도록 선정하였다.

### 2.2 조명 회로 설계

고속 영상 획득을 하기 위해서 초당 100 번 이상의 스트로빙이 조명이 가능하도록 고휘도 LED(white)를 그림 2 와 같이 직렬 하여 6x6 형태로 구성 하였다. 고휘도 LED 는 충분한 밝기를 구성 3W 급의 LED 를 사용하였으며,

충분한 밝기를 짧은 시간내에 낼 수 있도록 짧은 허용된 전류 보다 많이 흘릴 수 있도록, 전류 feedback 이 가능하도록 제어 회로를 구성하였으며 그림 3 에 회로를 나타내었다. OP amp 의 전류 feedback 을 통하여 미리 정해진 전류만을 흘리도록 구성하였다.

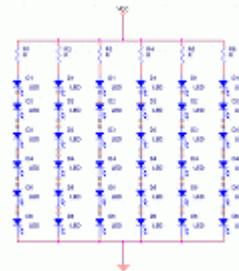


Fig. 2 조명 LED 구성 회로

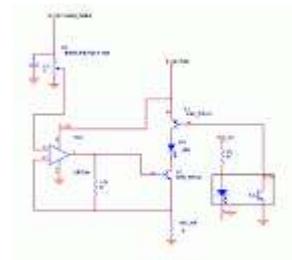


Fig. 3 LED Controller

조명의 광량을 조절 할 수 있도록 하기 위해 PNP, NPN Transistor 원리를 이용하여 Trigger Board 로부터 신호를 입력 받을 시 전류를 흘려주는 원리이고, 광량을 조절 할 수 있도록 Opamp 로 전류를 증폭시켜 Feedback 하도록 구성 하여 결과를 볼 수 있다. 그림 4 에는 각 회로의 전류 특성을 나타내었다.

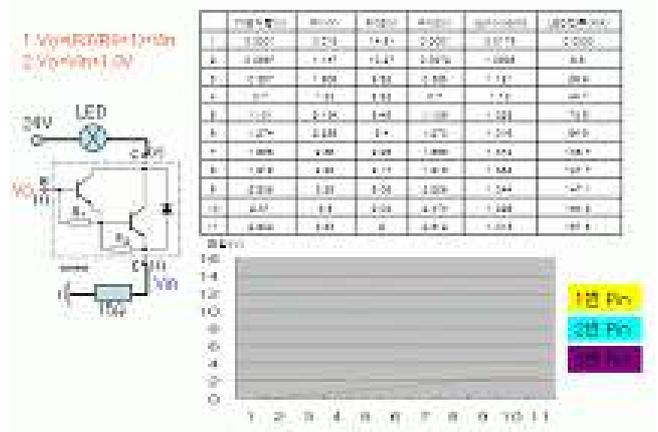


Fig. 4 LED 전류 측정 데이터

### 2.3 Trigger Board 제작

고속 영상을 얻기 위하여 일정한 신호를 카메라로 주기 위한 Trigger 장치는 ATmega128 을 사용하여 I/O port 를 이용하여 구성하였다. Camera Trigger 신호는 초당 100 번 영상이 획득이 가능하도록 최대 10msec 주기로 발생하며 조명 Trigger 신호는 카메라 신호보다 앞서 1~5msec 정도 빨리 발생이 되어 광원이 충분한 밝기에 다 달했을 때 카메라에서 영상을 획득 할 수 있도록 시간을 조정하였다. Trigger 신호의 발생은 골프공이 주어진 위치를 떠나면서 획득이 되도록 하였다. 이때 사용된 센서는 Kyence 사의 레이저 포토 센서를 사용하였으며, 그림 6 에 나타내었다.

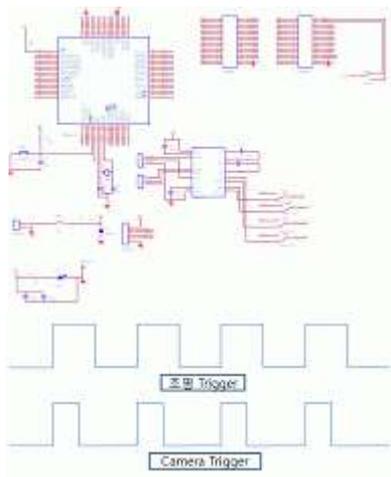


Fig. 5 Trigger Board

포토센서 직접 반사형을 사용하여 레이저가 공에 반사되어 센서에 들어갈 때 볼이 센서에 검출 되어 있는 시점을 High 상태로 파악하고 Low 상태로 떨어지는 시점으로 볼의 움직임을 알 수 있다. 검출거리는 700mm 로 골프공 파악에는 오차가 없으며 응답속도 1ms 이하 이다.

센서의 OutPut 신호를 Trigger Board 로부터 입력 받아 Camera 및 조명을 동작하도록 구성되어 있다.

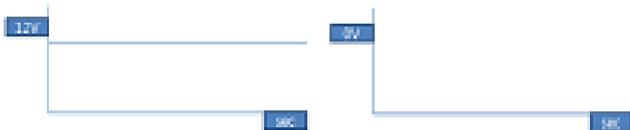
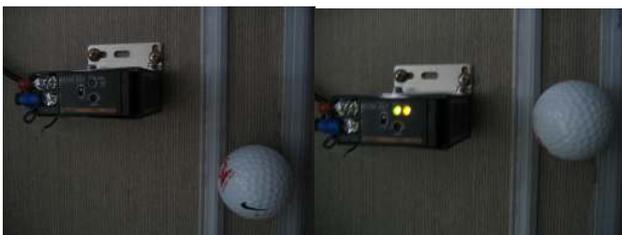


Fig. 6 센서 감지에 따른 Signal

2.5 GUI 설계

공의 회전 위치 인식을 위한 프로그램은 윈도우즈 프로그래밍 기반으로 설계 되었으며, Camera 의 Device 정보와 Resolution, Exposure Time, Gain, Gamma 등 여러 가지 기능을 수행 할 수 있으며, 골프공이 포토 센서에서 출발하는 순간 Camera 및 조명에 Trigger 신호가 입력되어 동작이 되면서 Camera Capture 로 영상을 BMP 파일 형식으로 이미지가 저장이 된다.



Fig. 5 GUI design

이때 Resolution 은 320 x 240 설정에 따라 180fps 로 영상을 Capture 할 수 있다.

3. 실험

주어진 고속 영상 획득 시스템을 이용하여 골프공이 센서에서 움직이는 순간 Capture 한 결과를 그림 8 에 나타내었다. 획득된 영상으로부터 영상처리를 통하여 골프공의 위치를 검출하고 골프공에 있는 무늬의 위치를 감지할 경우 볼의 회전수 및 회전 방향을 분석 할 수 있다.

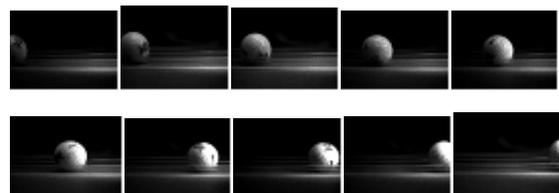


Fig. 8 Golf Ball Capture

4. 결론

본 연구에서는 골프공 회전 검출을 위하여 고속 영상획득을 위한 카메라와 렌즈 선정과 이를 구동하기 위한 Trigger 장치의 주기를 고려하고 Camera 의 Exposure Time 과 LED Control 를 사용하여 조명의 광량을 조절하여 골프공을 고속으로 영상할 수 있었다. 이러한 장비를 바탕으로 영상처리 알고리즘을 보완하고 두개의 카메라를 이용하여 초당 200frame/sec 이상의 영상 획득을 현재 진행 중이다. 이러한 장비의 개발이 완료되면 골프공의 회전 및 속도까지 측정함에 따라 스크린 골프의 정확한 골프 궤적이 예측이 가능함으로써, 향후 골프 산업계에 좋은 전망이 될 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 (주)DMBH 의 연구 지원에 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Roman, "Event-Triggered and Time-Triggered Control Paradigms by Roman Obermaisser" [electronic resource] Obermaisser, Springer Science, pp.65-92, 2005
2. 명환춘, "Optimal design of inspection algorithm for various defects considering compensation of illumination distortion", 한국과학기술원, pp.19-22, 1996