

고속 다중 노출 영상을 이용한 골프공의 비행 요소 측정

김기현[†], 박현우^{**}, 주우석^{***}, 이동훈^{****}, 윤태수^{*****}

요 약

최근 체감형 스포츠 게임이 늘어나면서 실제 사용자의 동작을 인식하는 연구가 활발히 진행 중이다. 그 중에서도 골프에 관한 연구가 활발하다. 본 논문에서는 고속 다중 노출 영상의 획득이 가능한 카메라를 이용하여 골프공의 비행데이터를 측정한다. 고속 다중 노출 이미지의 획득이 가능한 카메라는 촬영 시, 한 장의 이미지에 여러 번의 노출을 이용하여 영상을 획득 할 수 있으며, 획득한 영상은 영상처리과정을 통하여 촬영된 공의 위치를 측정한다. 계산된 골프공의 위치는 물리공식을 이용하여 골프공의 비행데이터인 속도, 날아가는 방향을 계산한다. 본 시스템은 향후 비행하는 골프공뿐만 아니라, 야구, 테니스 등과 같은 구형 물체의 물리적 요소 측정이 가능하다.

The Measurement of Flight Data of Golfball with High-Speed Multi-Exposure Image

Ki Hyun Kim[†], Hyun Woo Park^{**}, Woo Suk Ju^{***}, Dong Hoon Lee^{****}, Tae Soo Yun^{*****}

ABSTRACT

Recently, while 3D sports game increases, the research that it recognizes the operation of the real user actively progresses. Most of all, the research about the golf is active. In this paper, the camera acquiring in a high-speed multi-exposure image measures the flight data of the golf ball through the image processing. While photographing, the high-speed camera, using this system, exposes an image at regular intervals. And line scan camera checks whether the golf ball passed or not. After the location information of the calculated golf ball calculates a speed and a direction by using the physical formula, it applies the golf simulation. After, this system is possible the measurement of the physical element of the spherical object.

Key words: High-Speed Multi-Exposure Image(고속다중노출영상), Screen-golf(스크린골프), The measurement Flight Data(비행데이터측정)

1. 서 론

최근의 게임들은 마치 영화를 본다는 느낌이 들 만큼 예전에는 상상 할 수 없었던 뛰어난 그래픽을 선보이는 게임이 늘어나고 있다. 또한 게임의 특성

※ 교신저자(Corresponding Author): 윤태수, 주소: 부산광역시 사상구 주례2동(617-716), 전화: (051)320-2653, FAX: (051)320-1677, E-mail: tsyun@dongseo.ac.kr
접수일: 2009년 3월 5일, 완료일: 2009년 3월 23일

[†] 준회원, 동서대학교디자인&IT전문대학원 영상콘텐츠학과 (E-mail: khkim@dit.dongseo.ac.kr)

^{**} 준회원, 동서대학교 첨단아케이드게임RIC센터 (E-mail: phw1010@gdsu.dongseo.ac.kr)

상 관람하는 것이 아니라 직접 조작하여 체험하는 것이기 때문에 영화보다 더욱 강렬한 충격을 주기도 한다.

이러한 게임 산업의 발전으로 가장 큰 혜택을 입은 장르를 꼽자면 스포츠 게임을 빼놓을 수 없다. 예

^{***} 동서대학교 디지털콘텐츠학부 전임강사 (E-mail: savrang@dongseo.ac.kr)

^{****} 정회원, 동서대학교 디지털콘텐츠학부 조교수 (E-mail: dhl@dongseo.ac.kr)

^{*****} 정회원, 동서대학교 디지털콘텐츠학부 부교수

※ 본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역 혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

전에는 막대기 같은 모습의 선수들이 뛰어다니는 모습이나 현실감 없는 배경만 볼 수 있었지만 최근에는 땀을 흘리거나 바람에 선수들의 옷이 흔들리고 실제와 같이 스포츠 경기장 환경이 모델링 되어 게임을 하는 것만으로도 가보지 않은 경기장도 숙지할 수 있을 정도로 표현이 가능하기 때문에 많은 사람들의 지지를 받고 있다. 특히 요즘 골프 인구가 급격히 증가하고 있는 가운데 스크린 골프 시뮬레이터 시스템의 보급과 활용이 커지고 있다[1].

스크린 골프 시뮬레이터 시스템은 3D제작 툴을 이용하여 3D 데이터로 모델링 된 골프 코스나 골프 연습장과, 사용자의 동작을 인식 할 수 있는 시스템이나 장치를 이용하여 실제 골프장에서 골프를 즐기는 것과 같은 재미를 실내에서 느낄 수 있는 골프 시뮬레이터이다[2]. 이러한 골프 시뮬레이터에서 중요한 것은 동작을 인식하는 시스템이다. 시뮬레이터가 3D 데이터를 정교하게 표현 한다 할지라도 사용자의 동작을 인식하여 골프공의 비행요소를 측정하지 못하면 시뮬레이터로서의 역할을 다 할 수 없다.

현재 사용자가 타격한 골프공의 비행 동작을 인식하는 시스템은 카메라 방식과 광센서 방식이 있으며 보통 스크린 골프 시스템은 광센서 방식을 사용한다.

광센서 방식을 사용하는 제품으로는 국내에는 골프존, 웨밀리 골프, X-Golf, 알바트로스 등의 제품이 있으며 국외로는 About-Golf, 핸디2 등의 제품이 상용화 되어 사용되고 있다. 하지만 이러한 광센서는 고가의 제품으로 설치비용에 막대한 영향을 끼친다.

반면, 카메라 방식으로는 미국의 골프 아치버 센서사에서 제작한 G.A. CAM 시스템(그림 1.(a) 참조) 등이 있으며, 우리가 흔히 알고 있는 일반적인 웹캠으로는 비행하는 골프공을 촬영 할 수 없다. 한 예로 세계적인 골프선수인 타이거우즈가 공을 치는 속도는 250km/h라고 한다. 이를 초단위로 환산하여 1초에 몇mm를 가는지 환산해보면, 1초에 약 69444.44mm를 간다는 계산 결과가 나온다[3]. 골프공의 지름은 약 42.67mm이므로 공이 지나갈 때의 감지 속도를 비례식을 이용하여 계산하면 약 0.6ms마다 1프레임을 찍을 수 있어야 한다. 일반 웹캠이 30fps라면 1초에 30장을 찍으므로 약 33ms의 속도로 찍기 때문에 지나가는 골프공을 촬영할 수 없고, 촬영되었다 하더라도 골프공 모습이 흐리게 촬영된다. 그리고 고속 카메라(그림 1.(b) 참조)는 수천만 원대의 고가의 장

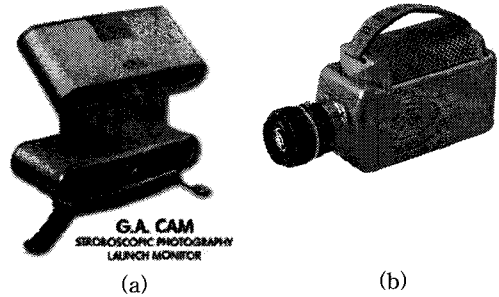


그림 1. (a) G.A. CAM (b) Vision Research, Inc 사의 Phantom v10 (3000fps)

비들이기 때문에 시스템으로 사용하기엔 적합하지 않다.

본 연구에서는 기존에 알고 있는 고가의 고속 카메라(그림 1.(b) 참조)와 다른 고속 다중 노출 영상 획득 가능한 카메라(이하 고속CCD카메라라 한다.)를 이용하여 골프공의 비행데이터(공의 속도, 공의 비행방향, 공의 떠오르는 각도, 공의 스핀)를 측정할 수 있는 카메라 시스템을 제안한다. 본 시스템에서 사용하는 고속CCD카메라는 촬영 시, 한 장의 이미지에 여러 번의 노출을 이용하여 고속으로 촬영한다. 그리고 골프공이 지나가는지를 알기 위하여 라인스캔 카메라를 이용한다. 그리고 골프공이 날아가는데 필요한 비행데이터를 이용하여 설계한 물리모델에 적용하여 제작한 골프 시스템에 직접 적용한다. 본 시스템은 향후 비행하는 골프공뿐만 아니라, 야구, 테니스 등과 같은 구형 물체의 물리적 요소의 측정이 가능하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 스크린 골프에 관하여 언급을 하고, 카메라 시스템의 설계 및 구현에 대하여 기술한다. 그리고 카메라 시스템에서 산출한 비행에 필요한 물리적 요소를 물리 시뮬레이터에 적용한 결과를 기술 한 후, 결론 및 향후과제에 대해서 기술 하겠다.

2. 관련 연구 및 연구 동기

스크린 골프 시뮬레이터 시스템은 사전적 의미로는 어느 특정한 현상에 대한 연구·훈련을 위하여 실제와 같은 조건을 재현 할 수 있도록 제작된 시뮬레이터다. 즉 현실과 가능한 비슷한 조건이 되어야 한다. 스크린 골프 시스템에서 필요로 하는 조건은 다

음과 같다[5-9].

첫째, 골퍼의 관점에서 골퍼가 골프공을 쳤을 때를 놓치지 않고, 골프공이 비행하기 위해 필요한 물리적 충격 요소를 검출해야한다. 골퍼가 골프공을 쳤음에도 불구하고 공이 비행하지 않으면 실제와 같은 조건에서의 훈련에 만족하지 않는다.

둘째, 볼에 대한 물리학적 운동 모델을 구현하는 것이다. 공은 출발 각도, 속도, 회전에 의해 날아가는 동안 바람과 양력, 공기 밀도 등의 각종 자연적 현상을 동시에 반영하여 날아간다. 골퍼를 기준으로 공을 오른쪽 방향으로 날렸다 해도 바람이 오른쪽에서 왼쪽으로 분다면 공은 오른쪽으로 날아가다가 휘어서 왼쪽으로 날아갈 것이다. 또한 공이 회전이 있다면 양력의 영향으로 공은 더 멀리 날아가거나 혹은 덜 날아간다. 뿐만 아니라 골프공이 지면이나 나무, 돌, 진흙, 물, 벙커, 도로 등의 자연 구조물과의 충돌 시 일어나는 물리적인 현상도 고려해야 한다.

셋째, 실제 지형에 대한 정교한 그래픽의 표현이다. 3차원 데이터로 뽑아낸 지형은 골퍼가 각 골프장 코스에 대한 실제감을 느끼는데 있어 많은 도움을 준다. 실제 환경에서처럼 바람에 나무가 흔들리고, 물이 흐르고, 구름이 흘러가는 등의 자연 현상의 재현 또한 실제감을 더욱 증폭시킨다.

현재 국내외에서 많이 사용하고 있는 스크린 골프 시스템은 주로 광센서방식으로 이루어져 있으며 골프존, 알바트로스, 웨밀리골프, 폴스윙, 헨디2 등이 있다.

이러한 제품들에서도 아쉬운 점은 역시 실내에서 하는 실외 운동이다 보니 현장감은 아무래도 떨어질 수밖에 없다는 것이다. 특히 슛게임에 있어서는 어프 로치 거리감과 퍼팅라이 등에서 아직까지 노력해야 할 부분이 많다. 또한 보통 설치 가격이 2500~3000 만 원 선으로 이런 고가의 가격은 외국의 센서나 로 열티 등으로 인해 결정되고 있는 실정이다.

3. 고속 다중 노출 영상 획득을 위한 카메라 시스템

3.1 카메라 시스템 흐름도

본 연구에서의 카메라 시스템의 흐름은 그림 2와 같다. 먼저 라인 스캔 카메라를 이용하여 골프공의 비행여부를 판단한다. 골프공이 비행했다고 판단되

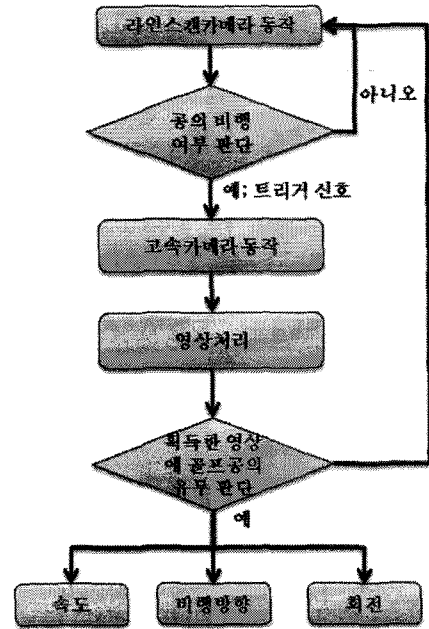


그림 2. 카메라 시스템의 전체 흐름도

면 골프공의 비행 모습을 촬영할 수 있는 고속CCD 카메라에 트리거 신호를 보낸다. 트리거 신호를 받은 고속 카메라는 한번 촬영에 0.08ms의 속도로 노출을 반복한다. 이 때 고속 카메라에서 입력 받은 영상에 골프공이 존재하지 않다면 라인스캔 카메라에서 잘못된 판단이라 여기고 다시 라인 스캔 카메라로부터 골프공의 비행 여부를 판단한다.

고속CCD카메라에서 획득한 다중 노출 영상은 영상처리 과정을 거쳐 비행 속도 및 비행 방향, 그리고 골프공의 회전 속도를 측정한다.

3.2 카메라 시스템 구성도

그림 3은 그림 2의 시스템 흐름을 토대로 구성한 카메라 시스템의 구성도이다. 본 카메라 시스템은 천정에 설치하여 바닥을 바라보게 한다. 가운데에 라인 스캔카메라를 설치하여 공의 비행여부를 판단한다. 그리고 양쪽에는 고속CCD카메라를 설치하여 골프공의 비행 상태를 측정한다[10-13]. 이 때, 골프공의 영상을 보다 확실하게 얻기 위하여 각 카메라 사이에 조명을 설치한다. 고속CCD카메라의 경우 형광등을 조명으로 사용할 경우, 형광등의 깜빡임 때문에 조도가 일정치 않게 된다. 그래서 본 논문에서는 100W의 할로겐램프 두 개를 조명으로 사용한다.

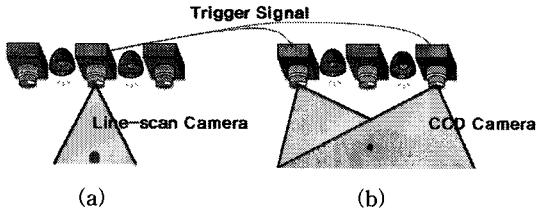


그림 3. 카메라 시스템의 구성도. (a) 라인스캔카메라를 이용한 골프공의 비행판단, (b) 고속 CCD 카메라를 이용한 비행 상태판단

본 논문에서 구성한 카메라 시스템은 바닥으로부터 천정까지의 높이는 2.70m이고 바닥에 보이는 영역의 가로의 크기가 1m이다. 카메라로 앞에서 제시한 뷰 영역을 보기 위해서는 거기에 알맞은 렌즈가 필요하다. 몇 mm의 렌즈가 필요한지 계산하기 위해 공식 1을 사용한다.

$$F = WD \times \frac{M}{(1 + M)} \quad M = \frac{Hi}{Ho} \quad (1)$$

WD(Working Distance)는 카메라 센서와 Field까지의 거리이고 F우리가 구하고자 하는 렌즈의 크기이다. 그리고 Hi는 카메라의 해상도이며, Ho는 Field의 크기이다(그림 4 참조).

본 연구에서 사용하는 카메라의 Hi는 1/4inch로, 단위를 동일 시켜주기 위해 mm로 변환하면 6.35mm이고 WD는 앞서 정의한대로 2700mm이다. 그리고 Ho는 1000mm이다. 이를 위의 공식대로 계산하면 약 17mm의 Lens를 사용하여야 한다. 하지만 Lens의 Focal Length는 4mm, 6mm, 10mm, 16mm, 20mm, 25mm, 30mm……와 같이 생산이 되므로 본 연구에서는 16mm Lens를 사용한다.

3.3 라인스캔카메라 영상 전처리

본 연구에서 사용하는 라인스캔카메라는 골프공의 지나감을 판단하기 위해 사용한다. 라인스캔 카메라

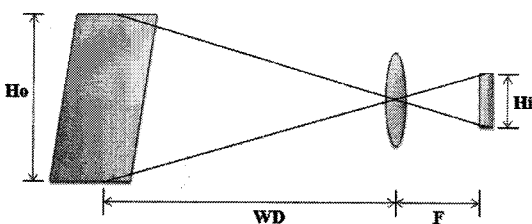


그림 4. 카메라 렌즈 계산법

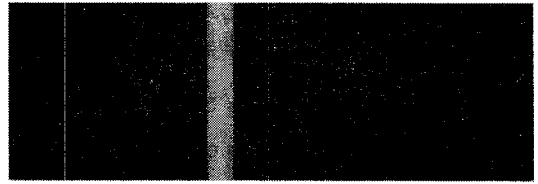


그림 5. 라인스캔카메라의 캡처 영상

라는 1024×200의 크기로 흑백 영상이며, 25KHz의 Frame Rate이다. 공이 지나가는 길목을 아주 빠르게 영상을 캡처하고 있기 때문에 골프공이 아무리 빠르다 하더라도 모두 캡처가 가능하다. 그림 5는 라인스캔 카메라에서 골프공이 지나가는 영상을 캡처한 것이다.

캡처한 영상은 골프공이 지나감의 여부를 재빠르게 판단하여 고속카메라가 촬영을 할 수 있도록 트리거 신호를 보내야 하기 때문에 간단하고 빠르게 영상 전처리를 해야 한다. 그래서 영상을 다른 전처리 과정 없이 입력된 영상의 값이 40보다 큰 값이 300개 이상이면 골프공이 지나갔다는 것을 판단하고 트리거 신호를 고속CCD카메라에 전송한다.

3.4 고속CCD카메라의 영상 전처리

본 연구에서 사용하는 고속CCD카메라는 우리가 일반적으로 알고 있는 한 컷 당 한 장의 이미지를 촬영할 수 있는 고속카메라와는 달리 한 장의 이미지에 여러 컷의 이미지를 중복 시킨다. 본 연구에서 사용하는 고속CCD카메라는 Trigger신호가 들어오면 영상을 촬영하기 시작한다. 이 때 Sensor Exposure 값은 Exposure Numbers, Exposure Duration, Exposure Interval에 의해 정의된다. 여기서 Exposure Numbers의 값은 Trigger 신호가 한번 들어왔을 때 몇 장의 이미지를 촬영할지를 정의한다. 그리고 Exposure Duration은 영상을 촬영하는 노출 시간을 의미하며 Exposure Interval은 다음 이미지를 촬영할 때까지의 기다리는 시간을 의미한다(그림 6 참조).

본 연구에서는 고속CCD카메라의 Exposure Numbers를 5로 정의하고, Exposure Duration을 0.5ms로, Exposure Interval을 0.08ms로 정의한다.

그림 7은 골퍼가 드라이버를 이용하여 골프공을 친 다음, 본 연구에서 사용하는 고속CCD카메라를 이용하여 비행하는 골프공을 촬영한 영상이다.

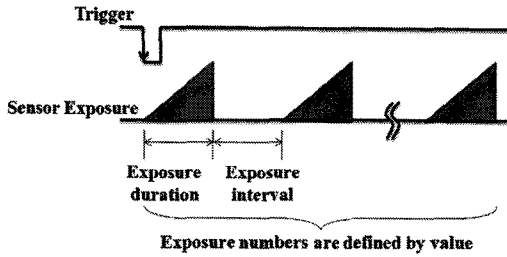


그림 6. 고속CCD카메라의 촬영 방법

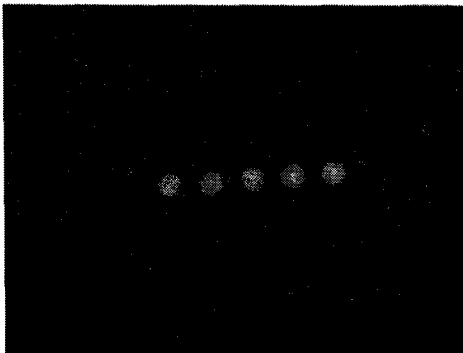


그림 7. 획득한 고속 다중 노출 영상

획득한 다중 노출 영상은 그림 8과 같은 영상 전처리 과정을 거친다. 먼저 이진화를 하기 위해 적합한 계수를 찾기 위해 평균 히스토그램의 과정을 거친 후, 구해진 계수를 기준값으로 영상을 이진화하여, 라벨링/블랍 과정을 거쳐 다섯 개의 공을 하나씩 분류한다(그림 9 참조).

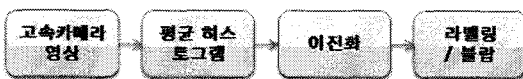


그림 8. 영상 전처리 과정

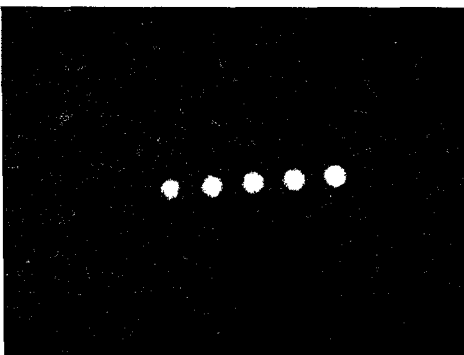


그림 9. 영상 전처리 과정

이 때, 블랍 된 영상은 오른쪽부터 차례로 라벨링 되는 것이 아니기 때문에 선택정렬을 이용하여 골프공을 다시 오른쪽부터 왼쪽의 순서로 차례로 열거한다.

3.5 획득한 고속 다중 이미지의 예외 영상 처리

골퍼가 골프공을 잘 친다 하더라도 골프공을 잘못 치거나 혹은 골프공과 홀과의 거리, 위치에 따라 골프공을 치는 골프채와 방법이 틀려진다. 이렇게 틀려진 방법은 골프공의 속도와 연관이 된다. 그림 7에서 보는 바와 같이 5개의 골프공은 항상 일정한 범위로 떨어져 있어야 한다. 하지만 모든 경우가 그림 7과 같은 영상이 촬영되는 것은 아니다.

예외적인 상황을 보면, 첫 번째, 골프공이 고속 CCD카메라가 촬영하는 속도 보다 빠른 경우에는 골프공이 5개가 촬영 되지 않는다(그림 10 참조). 이와 같은 경우는 (오른쪽을 기준으로)처음의 골프공과 두 번째의 골프공과의 시간과 거리를 이용하여 계산 하기 때문에 속도 및 각도를 산출 할 수 있다.

두 번째, 골프공이 3.4.에서 설정한 Exposure Interval보다 공의 속도가 느린 경우이다. 이러한 경우에는 골프공이 중첩된 영상(그림 11 참조)을 획득 한다. 영상이 중첩 되었을 때 그림 8과 같은 영상 전처리 과정을 거치는 경우 블랍 된 영상은 하나의 길쭉한 모양으로 처리된다(그림 12 참조).

이와 같은 경우, Exposure Numbers의 설정 값을 알고 있으므로 한 블랍의 크기 안에 몇 개의 골프공이 겹쳐져 있는지 가정 할 수 있다. 여기서 Y축 프로젝션기법을 이용하여, 블랍의 오른쪽과 왼쪽에서의 Y좌표를 구하였다. 하나의 블랍인 경우, 골프공의 진행 방향을 알 수 없을 뿐만 아니라 골프공의 대각선

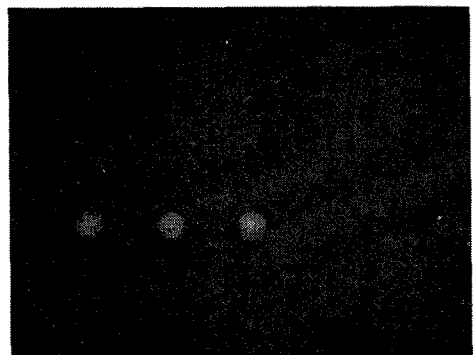


그림 10. 골프공이 빠른 경우 촬영된 영상

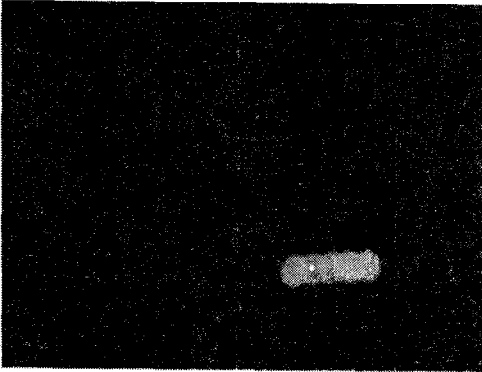


그림 11. 골프공이 느린 경우 촬영된 영상

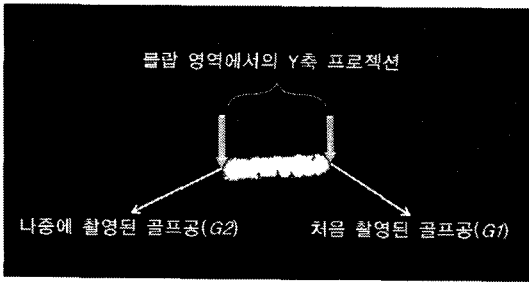


그림 12. 영상 전 처리한 후 y축 프로젝트선 기법을 이용 성분에 대해 거리를 알아야 속도를 구할 수 있기 때문이다. 이 때 Y축 프로젝트선에서 가장 처음 만나는 값이 Y축에서의 골프공의 중심으로 계산한다.

4. 획득한 고속 다중 노출 영상에서 골프공의 비행 요소 측정

그림 7에서 본 것과 같이 고속 다중 노출 영상은 그림 13과 같은 모델을 그릴 수 있다.

골프공의 위치는 영상에서의 1pixel당 실제거리를 공식 2를 이용하여 계산 한다.

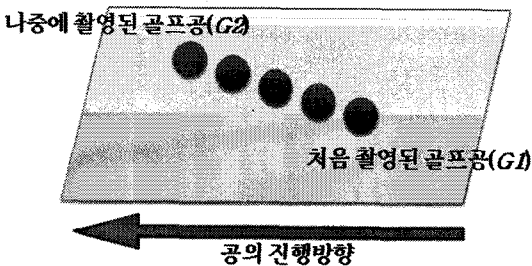


그림 13. 고속카메라에서 얻어오는 영상 모델

$$P = \frac{R}{W} \tag{2}$$

고속CCD카메라의 영상의 가로 크기W가 640이고 카메라의 뷰 영역에서 바라보는 실제의 가로 길이 R이 1m라고 한다면 1pixel당 약 1.56mm의 크기가 나온다.

거리 S는 처음 촬영된 골프공의 중심점 좌표를 G1(G1x, G1y)이라 하고 가장 나중에 촬영된 골프공의 중심점 좌표를 G2(G2x, G2y)라 한다면,

$$S = P \times \sqrt{\{(G2_x - G1_x)^2 + (G2_y - G1_y)^2\}} \tag{3}$$

공식 2에서 구한 P값을 곱하여 실제 이동 거리를 구한다(공식 3 참조).

공이 날아간 거리를 구하면 속도와 시간의 공식을 이용하여 속도를 구할 수 있다. 공의 날아간 거리S는 속력V와 시간T의 곱이므로 그 계산은 공식 4와 같다.

$$S = V \times T \quad V = \frac{S}{T} \tag{4}$$

골프공의 비행방향은 삼각함수 공식을 이용하여 구할 수 있다. 골프공의 비행방향의 각을 라고 한다면 계산은 공식 5와 같다.

$$\theta_x = \tan^{-1} \frac{G2_x - G1_x}{G2_y - G1_y} \tag{5}$$

5. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서 사용한 시스템은 라인스캔카메라 한 대와 라인스캔카메라의 영상을 받기 위한 영상캡처보드(Frame Grabber Solios-XCL)(그림 14 참조), 고속CCD카메라 두 대이다(그림 15 참조). 실험에 사용한 컴퓨터의 CPU는 Quadcore이고 메모리는 2기가이며, Geforce 8600 그래픽 카드를 사용하였다. 라인 스캔 카메라와 고속 다중 노출 이미지의 획득이 가능한 카메라, 조명을 설치할 수 있는 프레임을 제작하였고, 100W 할로젠 조명을 이용하여 비행하는 골프공이 잘 보이도록 환경을 설정하였다.

프레임 가운데에는 라인스캔카메라를 설치하고 양쪽으로 100W 할로젠 조명을 설치하였으며, 바깥쪽 양쪽에 고속CCD카메라를 설치하여 비행하는 공을 촬영하였다. 그리고 제작된 카메라 시스템은 천정

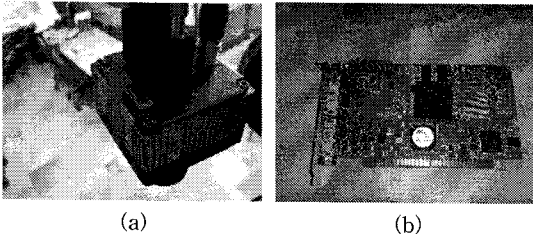


그림 14. (a)라인스캔카메라와 (b)영상캡처보드(Frame Grabber Solios-XCL)

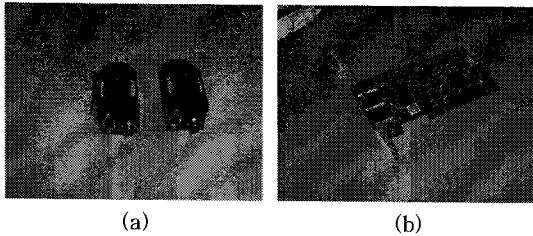


그림 15. (a)고속 다중 노출 이미지의 획득이 가능한 카메라와 (b)카메라 연결을 위한 1394 카드

에 설치하여 공의 지나감과 골프채의 영향을 받지 않도록 하였다(그림 16 참조).

라인스캔 카메라를 이용하여 공의 비행여부를 체크하여 골프공이 비행했다고 판단되면 고속CCD카메라가 비행하는 골프공을 촬영할 수 있도록 트리거 신호를 발생시켰고, 트리거 신호를 받은 고속 다중 노출 이미지의 획득이 가능한 카메라로 비행하는 골프공을 촬영하였다. 또한, 한 번의 촬영에서 노출을 여러 번 하여 얻은 영상은 고가의 고속카메라에서 촬영하는 것과 같은 목적의 결과를 얻을 수 있었다(그림 17 참조).

카메라 시스템에서 획득한 영상은 영상 처리 과정을 거쳐 골프공을 하나씩 분리 하여 4의 물리 공식에 적용하였다. 그림 6에서의 카메라의 영상의 가로 크기W는 640이고, 카메라의 뷰 영역에서 바라보는 실

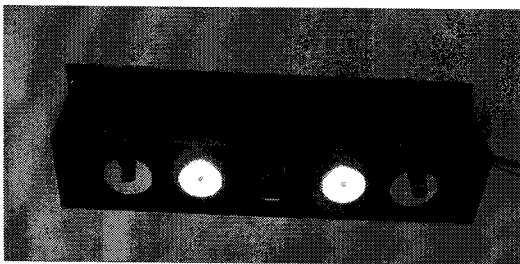


그림 16. 제작 한 카메라 시스템

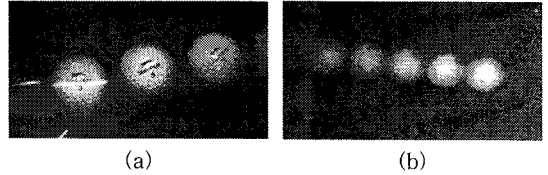


그림 17. (a) Vision Research, Inc 사의 Phantom 고속 카메라 영상, (b) 본 논문의 시스템의 고속 CCD 카메라 영상

제의 가로 길이R은 1m이므로, 1pixel당 약 1.56mm의 크기가 계산하였다. 그리고 가장 처음에 촬영된 공과 가장 나중에 촬영된 공의 좌표는 각각 (393, 134), (253, 118)로 공식 3, 4의 계산 결과 약 152.65km/h의 속도를 얻을 수 있었다. 또한 공의 진행 방향인 각도는 공식 5의 계산 결과 약 6.52°의 각도를 얻을 수 있었다.

획득한 공의 비행요소는 물리 시뮬레이터에 적용하였다. 이 때, 골프공의 비행을 완벽하게 구현하기 위해서는 골프공이 떠오르는 각과 공의 회전을 알아야 한다. 이 부분은 본 연구 이후로 진행할 내용이기 때문에 골프공의 떠오르는 각과 공의 회전은 구현하



그림 18. 비행데이터를 물리 시뮬레이터에 대입

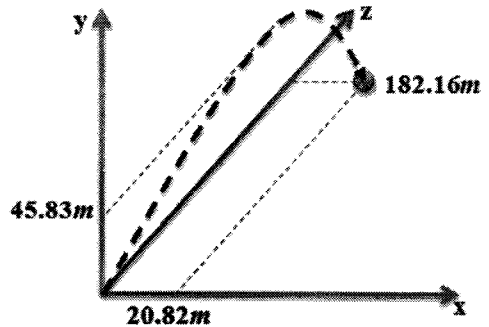


그림 19. 골프공의 비거리

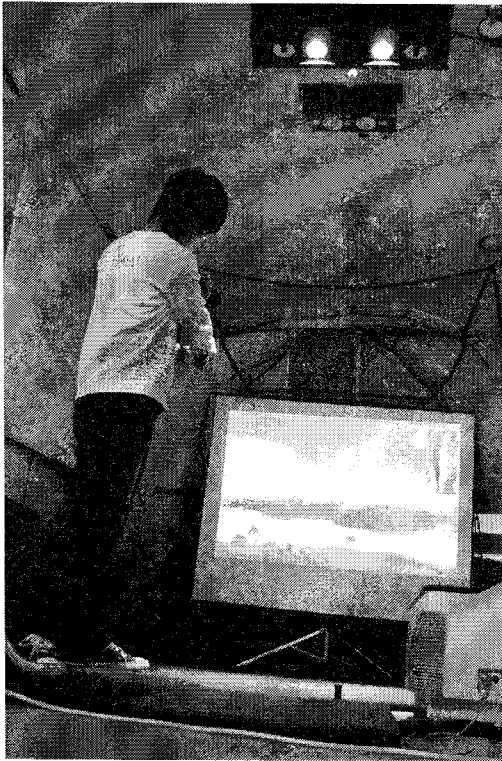


그림 20. 실제 게임을 진행하는 모습

지 않았다. 그래서 공이 떠오르는 각도는 임의로 45°이고, 바람의 영향은 전혀 없으며, 회전은 0rpm을 주었고, 측정 데이터를 제작한 물리 시뮬레이션에 결과를 대입하였다(그림 18 참조). 골프공의 비거리는 그림 19와 같다.

6. 결 론

본 연구에서는 스크린골프 시스템에서 골프공의 비행 데이터를 측정하기 위한 카메라 시스템을 설계 및 제작, 실제 골프 시뮬레이터에 적용하였다. 라인스캔카메라를 이용하여 골프공의 비행 유무를 판단하였고, 고속 다중 노출 영상의 획득이 가능한 카메라를 이용하여 골프공의 비행 상태를 촬영하였다. 그리고 영상처리 과정을 통하여 골프공의 진행방향과, 속도를 구하였다. 그리고 나온 결과 데이터를 직접 제작한 물리 시뮬레이터에 적용하여 공의 물리적 요소와 맞는 지를 확인하였다.

기존의 광센서 방식이 아니라, 카메라를 이용함으로써 골프공의 비행 상태를 영상의 분석을 통하여

물리적인 요소를 산출 할 수 있었을 뿐만 아니라 초고속 카메라를 사용하지 않고도 초고속 카메라보다 저렴한 가격의 고속CCD카메라를 이용함으로써, 보다 저렴한 가격으로 공의 비행 요소를 획득할 수 있는 시스템을 제작 할 수 있었다. 본 시스템은 현재 상용화 진행 중에 있으며, 향후 비행하는 골프공뿐만 아니라, 야구, 테니스 등과 같은 구형 물체의 물리적 요소의 획득이 가능하다.

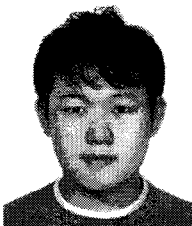
향후 골프공의 완벽한 비행 상태를 구현하기 위해 스테레오 매칭 알고리즘을 이용하여 골프공의 떠오르는 각의 구현과, 획득한 영상에서 골프공의 회전을 계산하는 방법에 대하여 연구할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 안상혁, “체감형 3D 골프 게임을 위한 시뮬레이터의 개발,” 한림대학교, 석사논문, 2006.
- [2] 강기범, “물리기반 모델링을 이용한 골프 퍼팅의 구현,” 한림대학교 석사논문 2007.
- [3] 김신웅, “골프, 원리를 알면 10타가 준다.” : 대경북스.
- [4] 박무영, “골프에서 드라이브 시 충돌 조건에 따른 골프 공 탄도에 대한 실험적 측정,” KAIST, 석사논문, 2006.
- [5] David M. Bourg, “Physics for Game Developers” : O’Reilly.
- [6] 이준용, “골프의 기초적인 메커니즘,” 전기전자재료학회 제 19권 제 11호, pp. 46~50, 2006. 11.
- [7] 노우진, “유한요소법에 의한 골프 공의 충격 시스핀 메커니즘 해석,” KAIST, 석사논문, 2007.
- [8] 노우진, 이종원, “골프 공의 충돌 시 스펀 생성 원리 연구,” 한국소음진동공학회, 한국소음진동공학회논문집, Vol.17, No.5, Startpage 456, Endpage 463, Totalpage 8, 2007.
- [9] 한태종, 김용선, “스핀된 골프공의 동역학적인 연구,” 전주대학교 예술 문화 연구소, 예술문화, 5권, 0호, pp.111~119, 2003.
- [10] 문창기, “그레디언트 히스토그램을 이용한 자동적인 스테레오 정합 창틀 생성 기법에 관한 연구,” 극동대 대학원 석사논문 2008.
- [11] Zhengyou Zhang, “A Flexible New Technique for Camera Calibration”, Microsoft Research,

One Microsoft Way, Redmond, WA 98052-6399, Dec. 2, 1998.

- [12] Watanabe Yoshihiro, Komuro Takashi, Kagami Shingo, Ishikawa Masatoshi, "Real-time Visual Measurements Using High-speed Vision," Machine Vision and its Optomechatronic Applications. Edited by Kaneko Shun'ichi, Cho Hyungsuck, Knopf George K., Tutsch, Rainer. Proceedings of the SPIE, Volume 5603, pp. 234-242, 2004.
- [13] Christian Theobalt, Irene Albrecht, Jörg Haber, Marcus Magnor, Hans-Peter Seidel, "Pitching a Baseball-Tracking High-Speed Motion with Multi-Exposure Images," Proceedings of the 2004 SIGGRAPH Conference pp. 540-547, 2004.
- [14] http://en.wikipedia.org/wiki/Golf_simulator
- [15] <http://cafe.naver.com/visionsystem/456>
- [16] <http://www.golfachiever.com/web/index.html>
- [17] <http://www.familygolf.co.kr/>
- [18] <http://www.golfzon.com/>
- [19] <http://www.albatrosskorea.com/>
- [20] <http://www.vectorgolf.com/>
- [21] <http://www.handi2.com/>
- [22] <http://www.aboutgolf.co.kr/>
- [23] <http://www.xgolf.co.kr/>
- [24] <http://www.vrgolf.kr/>
- [25] <http://www.visionresearch.com/>



김 기 현

2007년 동서대학교 게임&멀티 미디어공학과 학사
 2009년 동서대학교 영상콘텐츠 학과 석사
 2009년~현재 동서대학교 첨단아케이드게임 RIC센터 연구원

관심분야 : Stereo Vision, 가상현실, Touch-Display

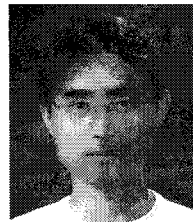


박 현 우

2002년 동서대학교 정보통신공학과 학사
 2004년 동서대학교 소프트웨어공학과 석사
 2004년~2008년 동서대학교 유비쿼터스 어플라이언스 RIC센터 연구원

2008년~현재 동서대학교 첨단아케이드게임 RIC센터 연구원

관심분야 : Stereo Vision, 가상현실, 3D Display



주 우 석

2005년 동서대학교 소프트웨어공학과 석사
 2009년 부산대학교 영상정보협동과정 박사과정
 2005년~현재 동서대학교 디지털콘텐츠학부 전임강사

관심분야 : Game Programming, Computer Graphics



이 동 훈

1999년 동서대학교 컴퓨터공학과 학사
 2001년 경북대학교 컴퓨터공학과 석사
 2005년 경북대학교 컴퓨터공학과 박사
 2004년~현재 동서대학교 디지털콘텐츠학과 조교수

관심분야 : 컴퓨터 그래픽스, 3D Vision, 가상현실, 영상기반 모델링 및 렌더링



윤 태 수

1991년 경북대학교 컴퓨터공학과 학사
 1993년 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
 2001년 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
 2001년~현재 동서대학교 디지털콘텐츠학과 부교수

관심분야 : Machine Vision, 멀티미디어, 게임 개발