평면구조 센서를 이용한 골프 공 구질 측정

박근태*, 배지은*, 김진욱*, 김항준* *경북대학교 컴퓨터공학과 e-mail: {gtpark, jibae, jwkim, hjkim}@ailab.knu.ac.kr

Measurement of Golf Ball Flight based on Planar Structure Sensor

Geun-Tae Park*, Ji-Eun Bae*, Jin-Wook Kim*, Hang-Joon Kim*
*Dept. of Computer Engineering, Kyungpook National University

요 으

본 논문은 가상 골프 시스템에서 골프 공의 구질을 찾기 위한 새로운 센싱시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 2 개의 수평 센싱라인과 한 개의 광원으로 구성된 간단한 구조이다. 센서 위에 드리워진 공과 클럽의 그림자 정보를 0,1 의 binary 형태로 만들어 놓은 원시데이터는 PC로 보내지게 되고 PC는 원시 데이터에서 공과 클럽의 영역들을 구분한다. 구분된 각각의 그림자 영역에서 속도나초기 움직임 방향, 각도 등이 계산된다. 그리고 계산된 특징 정보를 이용해서 골프 공의 구질을 측정하고 제안된 센싱시스템의 효율성을 보인다.

1. 서론

최근 골프는 대중들에게 각광 받는 스포츠 중에 하나가 되었다. 이로 인해 실내에서도 골프를 즐길 수있는 가상 골프 시장의 확장은 눈에 띄게 늘어났고 골프 공을 측정할 수 있는 센서에 대한 연구도 중요시되었다. 가상 골프 시스템의 기본적인 작동 원리는 골퍼가 친 공에 대해 정확한 궤도를 분석하여 실제친 공의 구질대로 결과를 화면에 표현해 주는 것이다[1]. 공의 구질대로 정확한 결과를 표현하기 위해서는 고속으로 움직이는 골프 공을 센서가 파악할 수 있어야 하고 또한 센서를 통해 측정된 정보가 시뮬레이션하기 용이한 형태로 전달 될 수 있어야 한다[2].

현재 국내에서 도입된 가상 골프 시스템의 센성 원리는 크게 3 가지로 분류되는데, 360 도 모든 방향 에서 센싱하는 방식과 수평과 수직 방향으로 센싱하 는 방식, 그리고 수평으로만 센싱라인을 두어 공의 구질을 파악하는 간단한 방식이 있다. 본 논문에서는 저가의 비용으로 공의 구질을 파악할 수 있는 고성능 센싱시스템을 제안하고자 한다. 제안된 시스템은 간단 한 구조의 평면 센서를 사용하여 골프 공의 궤적을 패턴으로 인식하여 추정한다.

2. 제안된 시스템

본 논문에서 제안하는 센싱시스템은 2 개의 수평 센싱라인을 가진 평면 광 센서와 한 개의 광원으로 구성된다. 제안된 시스템의 각 단계는 그림 1 과 같다. 센싱라인이 센서 위에 드리워지는 공과 클럽의 그림 자를 고속으로 스캔하면서 그림자들의 변화를 감지하여 0 과 1 로 표현된 원시 데이터를 생성한다. 생성된 원시 데이터는 PC 로 전송되어 공과 클럽의 영역으로 구분된다. 구분된 영역에서 추출된 초기 움직임 방향과 속도 등의 정보는 공의 구질에 사용된다.

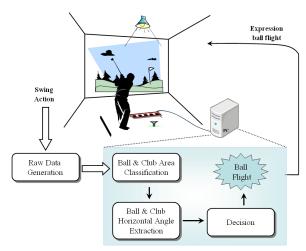


그림 1. 제안된 시스템 단계

3. 수평 각도 검출 및 공의 구질 측정

그림 2 는 임팩트된 공과 센서 그리고 클럽과의 관계를 나타낸 것이다. 센서는 2 개의 센싱라인 A_1 , A_2 를 가지고 있고, 각 라인은 간격이 1 cm 인 48 개의 센싱소자 E 를 가지고 있다. 골프 공이 클럽으로 인해임팩트 되면 광원의 빛으로 인해공과 클럽의 그림자가 센싱라인 A_1 , A_2 에 드리워지게 된다. 그로 인해공과 클럽의 그림자는 a1, a2 그리고 b1, b2 위치에 각각생기게 되며 그 결과 공과 클럽의 수평 각도는 식(1)과 같이 구할 수 있다.

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{(M_1 - a_2) \times d_1}{D_1} \right), \quad \theta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{(M_2 - b_2) \times d_1}{D_1} \right)$$
 (1)

또한 그림자의 크기에 변화가 생기면 센서의 시간 타이머가 시간 정보를 저장하게 된다. 그림 3은 원시 데이터의 예이고 그림 2 의 공과 센서와의 관계를 binary 형태로 표현한 결과이다. A, B, C,...는 48 개센싱소자를 나타내는 인덱스로써 어떤 센싱소자 위로 공이나 클럽의 그림자가 드리워지면 그 인덱스의 원시 데이터가 '1'로 세팅 된다.

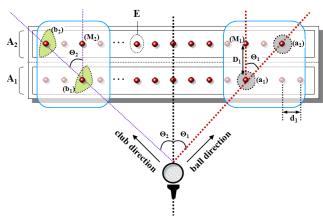
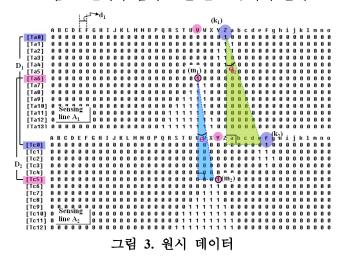


그림 2. 센서와 임팩트 된 골프 공과의 관계



원시 데이터에서 공의 구질을 측정하기 위해서는 공과 클럽의 영역 구분이 필요하다. 원시 데이터에서 클럽의 그림자는 가장 큰 영역의 그림자이고 공의 그림자보다 크며 종단으로 긴 특징을 가지고 있고, 공의 그림자는 클럽 그림자를 기준으로 하여 3 사분면에서 나타나지 않는 특징이 있다. 위와 같은 공과 클럽의 특징들을 이용하여 각각의 영역을 구분한다. 그림 3 에서 k_1 과 m_1 은 센싱라인 A_1 에서 공과 클럽의 그림자가 처음 생긴 곳이며 k_2 과 m_2 는 공과 클럽이센싱라인 A_2 를 지나면서 그림자가 생긴 결과 이다. TaO 는 그림자가 변한 시점이며, d_1 은 센싱소자 간의 간격으로 미리 값이 정해져있다. 공과 클럽의 그림자영역이 구분 지어지면, 식 2 를 사용하여 공과 클럽의수평 각도를 구한다.

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{(Z - f_2) \times d_1}{D_1} \right) \qquad \theta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{(V - Y) \times d_1}{D_1} \right)$$
 (2)

본 논문에서는 공과 클럽의 각각의 수평 각을 사용 하여 공의 구질을 측정한다. push slice, pull hook 을 제외한 7 개의 구질 별로 100 번의 스윙을 하여 공과 클럽의 평균 수평 각과 편차를 구하였고 구질별 임계 각도 결과는 표1과 같다.

<표 1> 각 구질별 공과 클럽의 평균 수평 각과 편차

공의구질	Ball Avg.	Ball SD.	Club Avg.	Club SD.
Straight	0.15	0.67	-0.84	0.92
Slice	2.90	0.57	-11.01	2.04
Fade	-2.35	0.90	-5.61	1.81
Hook	-2.91	0.55	-3.43	0.61
Draw	2.82	0.58	4.27	0.62
Pull L	-2.93	0.58	-1.88	0.63
Push R	2.90	0.54	1.99	0.96

또한 표 1 에서 나타난 각 구질별 임계 값을 토대로 7 개의 구질 결정은 다음과 같은 K-mean 알고리즘을 사용하였다.

알고리즘 1. 공 구질 측정을 위한 알고리즘

```
Int GetBallFlight(float ballAngle, float clubAngle)
{
    int         i, dist, flight; minDist = MAX_DIST;
    for(i=0; i<Num of Ball Flight; i++) {
        dist=Distance(ballAngle,clubAngle,ballCenter[i],clubCenter[i]);
        if(dist < minDist)
            minDist = dist; flight = i;
    }
    return flight;
}</pre>
```

4. 실험결과 및 결론

표 2 는 그림자 영역에서 클럽과 공의 분류성공률을 각 클럽별로 실험한 것으로 드라이버, 7 번 아이언, 그리고 P/W 의 3 개의 클럽을 사용하여 100 개의 원시 데이터에 대한 분류 결과이다. 또한 표3 은 각 구질별 인식률을 나타낸 것으로 500 개의원시데이터에 대한 결과 이다.

<표 2> 클럽 별 분류 성공률(%)

	아이언 7	·이언 7 웻지(P) 우드(V		
인식률(%)	98.2	95.3	99.3	

<표 3> 각 구질별 인식률(%)

공의구질	Straight	Slice	Fade	Hook	Draw	Pull	Push
Recognition	95	98	90	91	91	81	83

몇몇 구질에 대해서는 낮은 수치가 나타나는데 이것은 어떤 구질들끼리는 경계가 모호하기 때문이며 향후 연구할 과제이다

참고문헌

- [1] Watanabe, K., Hokari, M.: Measurement of 3-D loci and attitudes of the golf driver head while swinging. J. IEEE Trans. System, Man, and Cybernetics. vol. 36, no. 6, pp. 1161-1169 (2006)
- [2] Kadowaki, T., Kobayashi, K., Watanabe, K.: Rotation angle measurement of high-speed flying object. In: SICE-ICASE, vol. 4, pp. 5256-5259. Busan (2006)