

# 골프 퍼팅용 무선 악력 측정 시스템의 개발

## Development of Wireless Putting Grip Sensor System

\*김형식, 이세훈, 최진승, 이정환, #탁계래

\*H. S. Kim, S. H. Lee, J. S. Choi, J. H. Yi, #G. R. Tack([grtack@kku.ac.kr](mailto:grtack@kku.ac.kr)),  
건국대학교 의료생명대학 의공학과

Key words : Golf, Putting stroke, Putter, Grip force

### 1. 서론

골프(golf) 경기에서 퍼팅(putting)은 40%이상의 큰 비중을 차지하고 있어 경기 결과와 직접적인 연관성을 가지고 있다[1][2]. 퍼팅이 다른 스트로크(stroke)와 구별되는 큰 차이점은 순발력이나 조건 반사적인 운동신경, 근력 등을 이용하는 것 보다 꾸준한 집중력과 세심한 판단력을 많이 이용한다[3][4]. 이를 위하여 퍼팅에 관련된 많은 서적과 문헌 자료들이 이용되고 있다. 이와는 별도로 퍼팅 스트로크를 향상시키기 위한 여러 보조 기기들이 제작되어 판매되고 있다. 그러나 그러한 보조 기기들은 동작의 자세 수정과 보조, 스트로크의 궤적 추적, 반복연습 장치가 대부분으로 이를 분석하고 반복 연습하여 경기력 향상에 도움을 주고 있다. 하지만 퍼팅 스트로크를 위한 힘의 원천인 그립을 잡는 악력(grip force)에 대한 측정과 분석 장치는 그 개발 정도가 미미하고, 스윙 동작에만 국한되어 있다[5]. 최근에는야 골프 퍼팅용 무선 악력 측정 시스템을 개발하고 퍼팅 시 악력과 3차원 동작분석을 동시에 측정하여 퍼팅스트로크에 대한 과학적 분석이 진행되고 있다[6]. 하지만 기존에 개발된 퍼팅 무선 악력 측정 시스템은 피험자의 특정 부분에 악력 측정 센서를 부착하고 신호 획득 및 무선통신을 위한 장치를 임의의 팔부위에 부착하기 때문에 피험자의 측정 시 불편함이 보고되고 있어 이로 인한 측정 상에 오차를 유발할 수 있다고 판단된다.

본 논문에서는 기존 무선 악력 측정 장치에서 보고된 단점을 개선하기 위하여 골프 퍼터의 샤프트(shaft) 안에 삽입될 수 있는 골프 퍼팅용 무선 악력측정 장치를 개발 하였다.

### 2. 측정 장치

본 논문을 통하여 개발된 무선 악력 측정 장치는 크게 센서부와 신호수집부로 구성 되었다.

센서부의 악력 측정하기위한 센서는 FSR #400모델(Interlink Electronics, USA)을 사용하였으며, 정확한 악력측정을 위하여 분동(E2급 stainless steel)을 이용하여 캘리브레이션(calibration)을 수행 하였다.

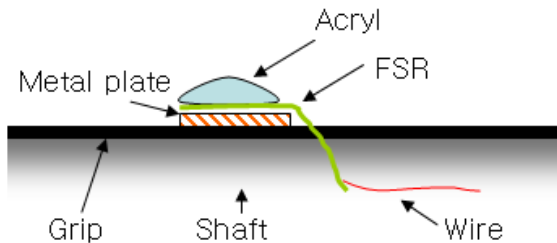


Fig. 1 Grip sensor

제작된 센서의 센싱부는 퍼터의 그립(grip)을 통과하여 특정 위치에 부착되었다. 특정 위치는 사전 연구를 통하여 얻어진 결과를 바탕으로 스트로크시의 악력 변화의 차이가 많이 발생하는 8곳을 선정 하였다. 센서와 신호보드의 결선은 0.25mm 굵기의 웨핑(warping)선을 이용하였다. 수직방향의 힘을 측정하기 위하여 아크릴(acryl)재질의 원형으로 구성된 8x2mm의 미끄럼 방지용품을 이용하여 센싱부분에 부착 하였고 센서의 뒷면에 금속판을 이용하여 그립에 의한 영향을 최소화할 수 있도록 하였다.

측정 장치 구성에서 악력센서의 신호를 무선으로 전송하기

위하여 AD(analog to digital)변환을 하여야하며 퍼터의 샤프트 안으로 삽입될 수 있도록 작은 크기의 부품을 이용하여한다. 본 논에서 사용된 퍼터의 샤프트 규격은 전체 길이가 85cm 이며 그립 끝 쪽의 직경은 1.35cm, 측정 장치의 아래쪽 끝이 위치하게 될 약 55cm 지점의 직경은 약 1.1 cm이다. 적어도 폭 1cm 의 범위 안에 부품이 실장 되어야 하므로 이에 적합한 크기의 마이크로 프로세서로 nRF24E1(Nordic semiconductor, Norway) 선정하였다. 선정된 마이크로프로세서는 6x6mm의 36pin QFN(Quad Flat No-lead)규격이므로 퍼터 내에 실장 될 수 있고, 9채널 12bit 100kSPS AD성능을 가지며 1.9V~3.6V의 동작 전압 외 기타 8051 급의 성능을 가지고 있다. 또한 2.4GHz 규격(nRF2401)의 무선통신 기능을 내장하고 있는 장점을 가지고 있다. 무선 통신은 nRF2401의 Shockburst™ 모드를 이용하여 송신시 소모 전류를 많이 감소하였다.

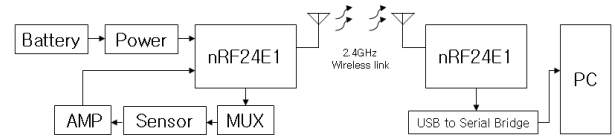


Fig. 2 System block diagram

센서의 신호 수집은 마이크로프로세서로 부터의 제어 신호가 외부에 부착된 멀티플렉서(multiplexer)를 제어하는 방식으로 하여 8채널을 이용하였다. 수집된 신호는 AD(analog to digital)변환 되어 2.4GHz의 무선주파수를 이용하여 PC로 전송 된다. 데이터 수집 프로그램은 LabVIEW7.1 (National Instrument, USA)를 이용하여 구성하였다. 구성된 프로그램은 실시간 악력 데이터에 대한 변동을 표시 할 수 있으며 후처리를 위하여 엑셀 파일 형식으로 데이터를 저장 할 수 있도록 하였다. 수집된 악력 데이터는 MATLAB6.5(Mathworks, USA)를 이용하여 분석하였다.

수신부도 nRF24E1을 사용하여 구현하였으며 시리얼데이터를 USB 통신방식으로 바꾸어주는 bridge를 이용하여 USB2.0규격을 이용하여 PC로 전송 하였다.

### 3. 결과

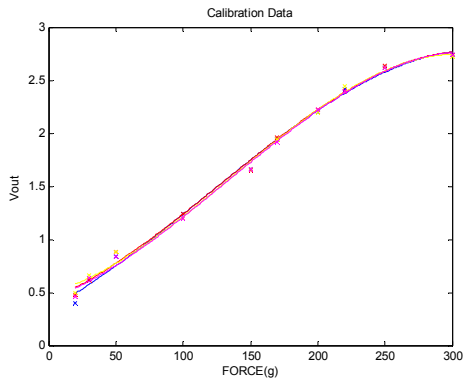
개발된 측정 장치는 기존의 장치보다 개선된 성능을 표1에 나타내었다. 동작시간에서 AAA NiMH 충전지 1개를 사용하여도 40시간 이상의 연속 동작이 가능하다. 새롭게 개발된 측정 장치와 기존에 개발된 측정 장치[7][8]의 성능비교를 하였다.

Table 1. Comparison between previous and newly designed system

	Previous system	Newly designed system
Micro processor	ATMEGA128(AVR)	nRF24E1(8051)
wireless link	Bluetooth	nRF2401
Dimension	8.5 x 5 x 1.4 cm	1.1 x 20 x 0.08 cm
Weight	37.18 gram	4.8 gram
DC current consumption	120mA	19mA
Battery	4 AAA NiMH re-chargeable batteries	1 AAA NiMH re-chargeable battery

캘리브레이션을 통하여 대표적인 힘과 전압간의 관계를 도출 하였다. 캘리브레이션은 분동을 이용하여 20~300gram 범위를

측정하였으며 측정 범위는 사전연구를 통하여 얻어진 결과를 바탕으로 선정하였다



.Fig. 4 Measured data

$$f(x) = 0.001x^2 + 0.0033x + 0.4944$$

$f(x)$ : output voltage  
 $x$ : applied force(weight of weight)

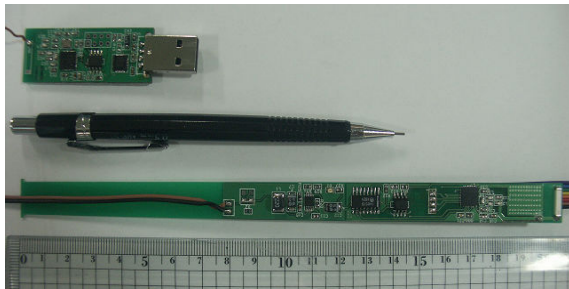


Fig. 5 Receiver(upper) and Developed measurement board(bottom)



Fig. 6 Putting pose(left) and Sensing points(right)

#### 4. 결론

본 논문에서는 기존에 개발되었던 악력 측정 장치의 단점을 개선하는 새로운 악력 측정 장치를 개발하였다. 측정 장치를 퍼터의 샤프트 안으로 넣음으로서 피험자에게 영향을 주지 않고 효과적으로 퍼팅 스트로크시에 악력의 변동을 측정할 수 있었다. 또한 새롭게 개발된 측정 장치는 표 1에서와 같이 기존의 장치보다 크기, 무게, 소모 전류의 측면에서 많이 향상되었다. 측정실험에서 악력을 기존의 실험과 동일하게 수행 하였으며 효율적으로 악력을 측정 할 수 있었다. 하지만 악력의 측정 부위가 작아

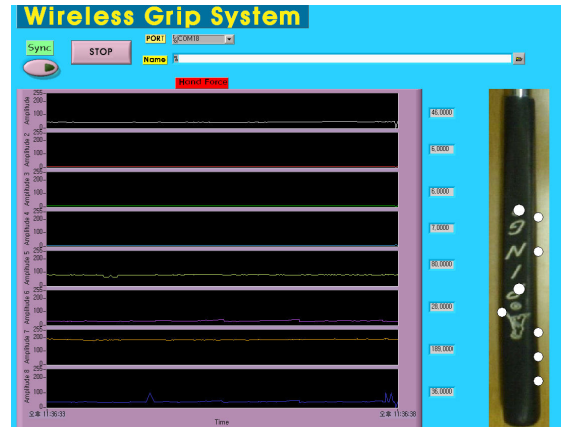


Fig. 7 User Interface

악손 전체를 분석하기에는 다소 부족한 점이 있다. 또한 배터리 방전시 이를 교체하기 위하여 측정 장치를 다시 꺼내어야하는 단점이 있다. 이를 개선하기 위하여 좀 더 많은 센싱 포인트를 설정하고 이를 인터페이스 하기위한 부분을 보완하여야 하며, 충전 회로를 추가하여야 한다고 생각한다.

추후 3차원 동작분석 장치와 동시에 계측하여 운동학적(kinematic)인 분석과 함께 비교 분석하면 좀 더 많은 유용할 결과를 얻을 수 있을 것이라 기대되며, 프로 골퍼와 초보자에 대한 비교 실험을 진행하면 초보자의 퍼팅 패턴을 향상 시키고 경기력 향상에 도움을 줄 수 있을것이라 생각한다.

#### 참고문헌

1. 이근택 (2003), 퍼팅 메커닉, 가림출판사.
2. 김해천(2005), 파세이브 숯게임, 넥서스 BOOKS
3. Gwyn, R.G., and Patch, C. E. (1993). Comparing two putting styles for putting accuracy. *Perceptual and Motor Skills*, 76(2), 387-390
4. Delay, D., Nougier, V., Orliaguet, J.P., and Coello, Y. (1997). Moment control in golf putting, *Human Movement Science*, 16(5), 597-619
5. Schmidt, E., Roberts, J., and Rothberg, S., (2006) *The Engineering of Sports 6* In Moritz, Eckehard., Haake, Steve., (Eds.), *Time-Resolved Measurements of Grip Force During a Golf Shot*, Springer, 57-62
6. 최진승, 김형식, 임영태, 이정환, 탁계래(2007), “그립악력과 각 운동학을 이용한 골프 퍼팅 분석”, 한국운동역학회 춘계학술대회 논문집, P-97
7. 김형식, 탁계래, 최진승, 임영태, 이정환 (2005), “골프 퍼팅의 그립과 스윙 동작 분석을 위한 악력과 가속도의 무선 측정 장치 개발”, 대한의용생체공학회 추계 학술대회, P-37.
8. Hyung shik, Kim, Jeong han, Yi, Gye rae, Tack, Jin seong, Choi, Young tae, Lim, *Wireless Grip and Acceleration Measurement System for Putting Stroke Analysis*, WC2006, 2006, P-2578