

## 승마용 헬스케어 로봇의 승마 자세 판단 및 의지추론 알고리즘 개발에 관한 연구

박창우\*, 임미섭\*\*, 임준홍\*\*\*  
 한양대학교\*, 경기공업대학\*\*, 한양대학교\*\*\*

### Algorithm for Estimating Riding Position and Volition in Health-care Riding Robots

Chang-Woo Park\*, Mee-Seub Lim\*\*, Joonhong Lim\*\*\*  
 Hanyang University\*, Kyunggi Institute of Technology\*\*, Hanyang University\*\*\*

**Abstract** - We develop a riding robot system named as "RideBot" for health-care and entertainments. An algorithm for estimating riding position and volition is proposed by using bio-signals. We analyze the riding position and volition in real-horse riding environments and build up the database. With this database and sensor informations, standard positions are made. For the volition estimation, we use the acceleration and deceleration sensor information and bridle information for direction change.

We propose a hybrid control algorithm in which discrete-state and continuous-state controls are combined. The efficiency of the proposed algorithm is evaluated thru various experiments.

#### 1. 서 론

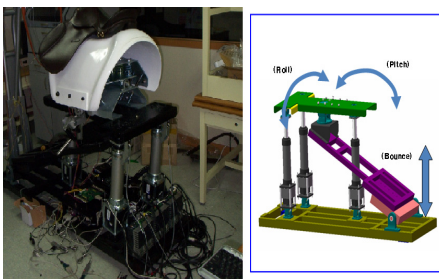
RideBot는 실제 승마와 유사한 모션을 생성하여 사용자가 실제 승마 느낌을 받게 하였고 또한 사용자의 의지에 따른 모션의 변화를 가능하도록 하였다. 최근 지능형 로봇에 대한 관심의 증가와 로봇 기술의 발전으로 여러 분야에서 사용되는 로봇의 개발이 한창 진행되고 있으며, 그 중에서도 특히 헬스케어용 로봇은 의료산업의 발전 동향과 맞닿아 더욱 관심이 집중되어 가고 있다. 첨단 헬스 케어 개발은 기술혁신을 통해서 의료기기 관련 의료시설에 연구인력 및 첨단 장비를 지원할 수 있으며, 또한 다양한 정보를 지원하여 국내 의료기기 산업의 국제 경쟁력을 확보할 수 있다. 그리고 의료 기기 기술은 국가적 공동개발 개념으로 확산되어 국내 의료기기 산업을 국제 수준으로 발전시킬 수 있을 것이다.

본 논문에서는 승마용 로봇인 RideBot system에서 승마자의 승마의지에 따른 현재의 승마자세를 판단하고 안장에서의 승마 패턴을 분석하여 승마자의 의지를 추론할 수 있는 추론 알고리즘을 제안 하였다. 본 논문은 2장에서는 승마의 걸음새 패턴 분석과 동작제어 알고리즘, 3장에서는 의지추론 알고리즘 그리고 4장에서는 실험 결과를 제시하였다.

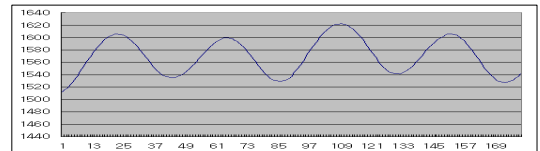
#### 2. 승마 걸음새와 동작제어

##### 2.1 승마걸음새

기존 승마형 헬스기구의 가장 큰 단점은 탑승자 의지와 무관하게 일정한 움직임만 반복한다는 것이다. 대부분이 1자유도 모션으로 8자 운동을 하고 있다. 사용자의 모션 피드백 기능이 없고 모션 패턴 및 자유도의 단순함으로 지속적 흥미 유발 효과가 미비하고 운동효과도 감소되는 단점이 있다. 또한 오락적 요소가 부족하고 신체상황에 따라 체계적인 헬스케어도 어렵다. RideBot은 실제 말과 유사한 크기와 모션을 생성하고 동작의지까지 인식하는 차세대 승마형 로봇이다. RideBot은 3자유도를 이용하여 모션을 생성하고 12개의 모션 라이브러리를 생성하였다. 그림 1.은 승마로봇의 구조와 동작 메카니즘을 보여주고 있다.

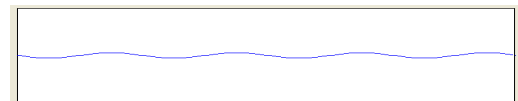


<그림 1> 승마 로봇의 구조와 동작 메카니즘

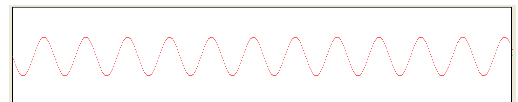


<그림 2> 실제 승마 모션 패턴(y축)

승마 모션을 생성하기 위해서 실제 승마의 모션을 분석하고 승마 모션 제적 자료 조사를 통해 모션 생성용 Actuating Structure를 설계하였다. 실제 말이 경속보로 움직일 경우의 데이터를 아래와 같이 그래프로 나타내었다. 말의 움직임 자세는 땅의 상태에 따라 다르게 나타난다고 가정한다면 그래프의 파형은 사인파형과 같다. 이 데이터를 기반으로 다음 그림과 같은 패턴을 생성 하였다.

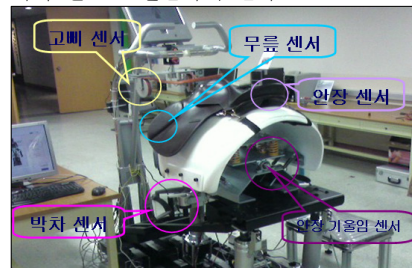


<그림 3> 승마 모션(평보)시 안장 모션 패턴(y축)



<그림 4> 승마 모션(좌속보)시 안장 모션 패턴(y축)

<그림 1>에 주어진 승마로봇은 고삐와 박차로 승마자의 의지를 반영할 수 있으며, 안장과 고삐 그리고 박차에는 <그림 5>에 나타난 것과 같이 다양한 센서로 승마자의 의지와 상태를 측정할 수 있다. 즉, 사용하는 센서는 고삐 센서, 박차 센서, 무릎 센서, 안장 센서, 안장 기울기 센서를 사용하고 있다. 고삐, 박차, 안장 기울기 센서는 포토센서미터를 사용하고 무릎, 안장 센서는 디지털 ON/OFF 센서를 사용하였다. 고삐나 박차 센서는 실제 말을 타는 것과 비슷하게 고삐를 당김으로서 신호를 전달하고 박차 센서는 사용자의 발을 위로 올렸다가 내려치는 부분에서 신호를 전달하게 된다.



<그림 5> RideBot에 사용된 센서의 구조

각각의 센서 신호는 MCU를 통하여 10Bit A/D 변환하게 되며 컨버터 된 디지털 신호는 MCU와 컴퓨터간의 RS-232통신을 이용하여 컴퓨터 쪽으로 전달되게 된다. 전달된 신호에 따라 기준 설정된 D/B와 비교하여 실시간으로 사용자에게 피드백을 줄 수 있도록 모션이 바로 변화되도록 하였다. 고삐와 박차의 센서신호에 따른 승마동작은 <그림 6>과 같이 정의하였다.

기존의 탑승형 헬스 기구의 사용자는 메카니즘의 모션 패턴에 따라 수동적으로 몸의 Balancing을 유지하도록 하며 인간 의지

에 무관한 일방적인 단방향 모션을 제공하였지만 RideBot는 Balancing을 유지함과 동시에 인간 모션, 의지 등의 피드백하고 해석하여 적절한 운동 모션을 생성하여, 능동적인 양방향 모션을 제공한다.

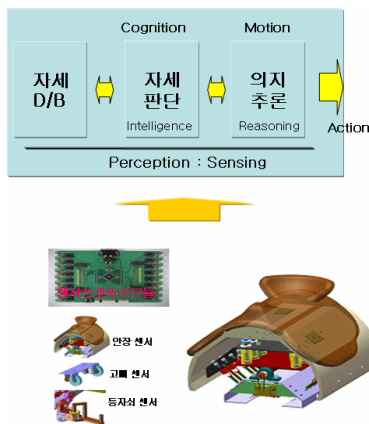
▶ 승마자 모션 : 팔과 손 동작 - 밀기, 당기기, 비틀기 다리와 발 동작 - 밀리기, 배차기			
고배 상태	고배센서 좌 우 센서 값	등자쇠에 발이 놓리지 않는 힘	등자쇠 좌 우 센서 값
고배를 당기지 않았을 때		등자쇠에 힘을 가하지 않을 때	
고배를 평행하게 당겼을 때		등자쇠에 힘을 동시에 가할 때	
고배를 오른쪽으로 당겼을 때		등자쇠에 힘을 오른쪽만 가할 때	
고배를 왼쪽으로 당겼을 때		등자쇠에 힘을 왼쪽만 가할 때	

[센서값에 의한 고배, 등자쇠 상태 파악]

〈그림 6〉 고배와 등자쇠(박차)에 따른 센서 변화

## 2.2 승마 자세 판단과 의지추론

RideBot를 이용한 사용자 자세 판단 및 의지 추론은 실제 승마자세를 기준으로 여러 번의 모의 테스트를 하여 특정한 자세에 대한 승마자세를 표준 D/B로 설정하여 사용자의 센서 정보를 통합하여 현재의 자세를 판단하도록 하며 각각의 센서의 값에 따라 로봇의 모션을 변화 시키도록 하였다. 〈그림 7〉은 승마 자세의 판단과 의지추론 과정을 설명하고 있다.



〈그림 7〉 승마자세 판단과 자세추론 개념도

승마 의지 추론을 위한 알고리즘을 위한 퍼지 제어 알고리즘을 개발하였다. 제어시스템의 제어 특성에 따라 제어 규칙을 생성할 수 있다. IF~THEN 형식의 퍼지 제어 규칙의 조건 명제는 다음과 같이 나타낼 수 있으며 이로써 논리적인 추론이 가능하다.

$$R_i: \text{If } x \text{ is } A_i \text{ and } y \text{ is } B_i \text{ then } z \text{ is } C_i \quad (\text{식 1. 1})$$

의지 추론 부분에서는 승마자의 미래 동작에 대한 의지를 추론하기 위해 안장의 센서들을 이용하였다. 먼저 경속보에 대한 간단한 설명을 하면 경속보는 말의 움직임에 맞춰 사용자의 상체도 같이 움직이는 동작으로 안장의 ON/OFF 센서를 이용하여 만약 엉덩이 자세를 뺏다 붙였다 하면 평보에서 경속보로 바로 동작이 변화되도록 하였다. 기본 평보 모드에서 경속보 모션으로 넘어가기 위해서는 좌속보를 거친 후 경속보 동작으로 되지만 사용자의 의지를 추론하였을 경우에는 좌속보 과정 없이 바로 경속보 과정으로 가도록 한 것이다.

안장의 기울임을 읽을 수 있는 센서인 포텐서미터는 사용자가 시승하면서 각 동작 모드에 따라 사용자의 기울임을 검출하여 데이터를 획득하였다. 데이터를 분석하여 의도적인 기울임과 모션 자체의 움직임을 구별하여 만약 오른쪽으로 일정 값 이상 즉, 의도적인 기울임이 있을 경우에는 사용자의 의지는 오른쪽으로 향하는 것으로 판단하여 동작하도록 하였다.

〈표 1〉과 같이 안장의 기울임 센서 값을 수집 후 D/B를 만들었다. 각각의 모션들은 Hybrid Automata로 정의 하였다. 각 모

션에 따른 값은 10개의 값을 Sampling 한 값으로  $\Delta$ 값의 범위를 줄였다.

〈표 1〉 안장 기울임 센서 D/B

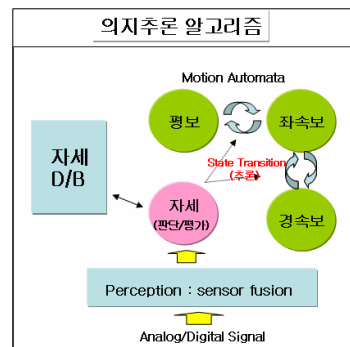
왼 쪽	중 앙	오른쪽
$P_1 - \Delta \leq P_1 \leq P_1 + \Delta$		
정지		
C7	D1	E7
평균		
CB	D1	DB
좌속보		
C9	D5	DD

## 3. 승마 모션 제어

동작 모드는 박차 값을 이용하여 기본적인 평보, 좌속보, 경속보로 구현 하였고 고배를 이용하여 속도의 감속 및 정지, 좌, 우를 구별 하였다. 전체 모드는 정지에서 경속보까지 움직일 수 있도록 하였으며 경속보를 최고 속도로 설정하였다. 〈표 2〉는 각각의 입력 값에 따라 모션의 변화에 대해 나타내고 있다.

〈표 2〉 센서에 따른 기본 모션

현재 모드	입 력	모 션
정 지	박 차	평 보
평 보	박 차	좌속보
	고 배	정 지
좌속보	박 차	경속보
	고 배	평 보
경속보	박 차	경속보(속도 유지)
	고 배	좌속보



〈그림 8〉 의지 추론 제어기의 구조

〈표 2〉의 기본 모션 외에 자세 판단을 위해 무릎 센서를 이용하여 무릎이 붙어 있는지 떨어져 있는지의 유무에 따라 속도를 느린 속도와 평균 속도 모션 나눌 수 있도록 ON/OFF 센서를 사용하고 있다. 느린 속도의 경우는 각 동작 모드에 따라 속도를 늦추는 모드로 안장의 무릎 센서 부분에 사용자의 무릎이 붙어 있지 않을 경우에는 잘못된 자세로 인식 하고 속도를 줄이도록 하였다. 다시 무릎을 붙였을 경우에는 평균 속도로 움직임을 준다.

## 4. 결 론

본 논문에서는 승마로봇에서의 승마자의 자세 판단과 의지추론 제어 알고리즘을 제안하고 실험을 통하여 그 성능을 분석 평가 하였다. 실제 말 움직임 동작을 다각도로 분석하여 구현을 하였으나 현실감을 높이기 위해 여러 가지 Effect나 Sound 등의 효과를 추가해야 할 것이다. 또한 본 연구를 바탕으로 보다 다양한 센서와 생체 신호 기술을 접목한다면 헬스케어 뿐만 아니라 각종 의료 분야 및 entertainment 분야에서도 활용 될 수 있을 것이다.

## [참 고 문 헌]

- [1] Gomez, J.; Dasgupta, D.; Nasraoui, O.; Gonzalez, F.; "Complete Expression Trees for Evolving Fuzzy Classifier Systems with Genetic Algorithms", Fuzzy Information Processing Society, 469-474, 2002. 06.