creative commons

COMMONS DEED

저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000264741
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2014년 2월

석사학위논문

실시간 승마 코칭을 위한 3차원 모션분석과 승마 보법분류

조 선 대 학 교 대 학 원

제어계측공학과

이 재 능

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

실시간 승마 코칭을 위한 3차원 모션분석과 승마 보법분류

3D Motion Analysis and Classification of riding types for Real-time Horse Riding Coaching

2014년 2월 25일

조 선 대 학 교 대 학 원

제 어 계 측 공 학 과

이 재 능

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

실시간 승마 코칭을 위한 3차원 모션분석과 승마 보법분류

지도교수 곽 근 창

이 논문을 석사학위신청 논문으로 제출함.

2014년 10월

조 선 대 학 교 대 학 원

제어계측공학과

이 재 능

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

이재능의 공학석사학위논문을 인준함

위원장 조 선 대 학 교 교수 장 순 석 인

위 원 조 선 대 학 교 교수 반 성 범 인

위 원 조 선 대 학 교 교수 곽 근 창 인

2014년 11월

조선대학교 대학원

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

제1장 서론 ····· 1
제2장 승마모션 DB구축 및 모션분석방법 ····· 3
제1절 승마모션 DB구축 ····· 3
제2절 실 승마 자세분석을 위한 방법 ····· 8
제3장 모션 분류방법 ····· 14
제1절 웨이블릿 ····· 14
제2절 신경망네트워크 ····· 16
제3절 나이브베이즈 ····· 18
제4장 실험 및 결과분석 ····· 19
제1절 승마모션분석 ····· 19
제2절 승마보법분류 ····· 25
제3절 실험결과 ····· 38
제5장 결론 ····· 40
참고문헌 ····· 41

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 목차

표 4-1. 수치적비교 ····· 23
표 4-2. 입력 데이터 크기 ····· 27
표 4-2. 웨이블릿 특징 입력 데이터 크기 ····· 34
표 4-4. 분류기의 성능 비교 ····· 39

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 목차

그림 2.1 모션 데이터 취득과정 ····· 3
그림 2.2 모션 캡쳐 슈트 및 BVH 인체 구조도 ····· 4
그림 2.3 MTX 3축 인간모션 취득 센서 ····· 4
그림 2.4 데이터 구축 환경 ····· 5
그림 2.5 더러브렛 ····· 6
그림 2.6 웜블러드 ····· 6
그림 2.7 17개의 관성센서 부착위치 ····· 6
그림 2.8 평보 데이터 취득과정 ····· 7
그림 2.9 좌속보 데이터 취득과정 ····· 7
그림 2.10 경속보 데이터 취득과정 ····· 7
그림 2.11 구보 데이터 취득과정 ····· 8
그림 2.12 mvn stdio software의 팔꿈치각도 및 방법 제시 ····· 9
그림 2.13 mvn stdio software의 무릎각도 및 방법 제시 ····· 10
그림 2.14 mvn stdio software의 팔꿈치간 거리 및 방법 제시 ····· 11
그림 2.15 mvn stdio software의 무릎간 거리 및 방법 제시 ····· 11
그림 2.16 mvn stdio software의 등각도 및 방법 제시 ····· 12
그림 2.17 mvn stdio software의 엉덩이 y축 위치 ····· 13
그림 3.1 웨이블릿과 웨이블릿 패킷의 분해구조 ····· 15
그림 3.2 데이터 중복 ····· 16
그림 3.3 신경망의 기본구조 ····· 17
그림 3.4 나이브베이즈 정의 ····· 18
그림 4.1 웜블러드 경속보 특징값 ····· 19
그림 4.2 웜블러드 구보 특징값 ····· 20
그림 4.3 더러브렛 경속보 특징값 ····· 21
그림 4.4 더러브렛 구보 특징값 ····· 21

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 4.5 경속보의 최대, 최소값 비교 ····· 24
그림 4.6 구보의 최대, 최소값 비교 ····· 24
그림 4.7 평보 데이터 ····· 25
그림 4.8 좌속보 데이터 ····· 26
그림 4.9 경속보 데이터 ····· 26
그림 4.10 구보 데이터 ····· 27
그림 4.11 학습 평보 데이터 ····· 28
그림 4.12 학습 좌속보 데이터 ····· 28
그림 4.13 학습 경속보 데이터 ····· 29
그림 4.14 학습 구보 데이터 ····· 29
그림 4.15 학습 데이터 ····· 30
그림 4.16 검증 평보 데이터 ····· 30
그림 4.17 검증 좌속보 데이터 ····· 31
그림 4.18 검증 경속보 데이터 ····· 31
그림 4.19 검증 구보 데이터 ····· 32
그림 4.20 검증 데이터 ····· 32
그림 4.21 웨이블릿 패킷 분해 단계 ····· 33
그림 4.22 검증 평보 특징 데이터 ····· 34
그림 4.23 검증 좌속보 특징 데이터 ····· 35
그림 4.24 검증 경속보 특징 데이터 ····· 35
그림 4.25 검증 구보 특징 데이터 ····· 36
그림 4.26 학습 평보 특징 데이터 ····· 36
그림 4.27 학습 좌속보 특징 데이터 ····· 37
그림 4.28 학습 경속보 특징 데이터 ····· 37
그림 4.29 학습 구보 특징 데이터 ····· 38

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

3D Motion Analysis and Classification of riding types for Real-time Horse Riding Coaching

Lee, Jae Neung
Advisor : Prof. Kwak, Keun Chang, Ph. D.
Dept. of Control and Instrumentation Eng.,
Graduate School of Chosun University

This paper constructed a professional horse-rider database by wearing a motion-capture suit attached with 16 inertial sensors, then made a visual comparative analysis through a few methods (graphical and statistical) on the values of all motion features (elbow angle, knee angle, knee-elbow distance, backbone angle and hip position) classified depending on horse types (using two horses named Warm-blood and Thoroughbred) and footpace types (at a trot and a canter) and obtained by various methods of calculating Euclidean distance, the second cosine, maximum and minimum values, and made a comparative analysis depending on motion features of a horse-rider by using MVN studio software. also we classified footpace type for real-time coaching, we obtained classification rate. in the study, the experimental results confirmed the validity of the proposed method of obtaining the motion feature database of a horse-rider in the wireless sensor network environment and making an analytical system.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제1장 서론

현대 사회는 급격한 산업발달로 인해 활동시간보다는 의자에서 업무를 보는 시간이 많이 지고 있다. 이에 따라 운동부족 현상이 나타나며 이는 육체적, 정신적 건강까지 해치고 있다는 것이다. 본 논문에서는 승마에 대해서 소개하고자 한다. 승마란 생명이 있는 말과 사람이 일체가 되어야 하는 특수한 성격을 지닌 운동으로서 신체를 단련하고 기사도 정신을 함양하여 호연지기를 기르는 스포츠이다. 즉, 승마는 신체의 평형성과 유연성을 길러 올바른 신체발달을 돕는 전신운동이며, 대담성과 건전한 사고력을 길러주는 정신운동과 동물 애호정신으로 인한 인간애의 함양을 주는 운동이다. 승마의 효과를 정리하면, 정신적 효과로는 동물과의 대화를 통해 얻어지는 자신감으로 대인기피증에 효과가 있고 승마활동과정에서 질서를 배우며 인내력을 배양할 수 있다. 또한 신체적 효과로는 근육과 관절을 사용하는 전신운동으로 혈액순환이 증진되고 여러 부위의 신경을 자극하여 기능회복 및 균형감각, 속도 변화에 대한 적응력 및 유연성이 향상된다. 또한 심리적 효과로는 큰 동물을 다루면서 느끼는 성취감과 생명의 존엄성을 느끼고, 적극성이 향상되어 대인과의 관계개선이 향상된다. 마지막으로 신체 교정, 장 기능 강화, 폐활량 증가, 관절염, 빈혈, 변비 예방, 담력증가, 허리 유연성 증가, 신체 리듬향상, 골반 강화 등이 있다[2~3].

이 같은 장점을 바탕으로 승마에 대한 다양한 연구들이 진행되고 있는데, 그 중 치매노인의 균형 향상에 미치는 효과[4], 만성 요통환자의 균형능력에 미치는 영향[5], 노인의 균형능력에 미치는 영향[6], 고체중에 미치는 영향[7], 시각장애 족저압에 미치는 영향[8], 신체적, 심리적, 사회적 요인에 미치는 영향[9], 승마 평보와 속보시 기승자세의 운동학적 비교분석[10], 비뇨기 위축과 부작용에 대한 효과[11], 재활승마에 관련된 연구동향 분석 및 고찰[12], 문제행동 아동의 자기조절능력에 미치는 영향[13], 혈관 평활근세포 증식에 대한 효과[14]등 승마에 대한 연구들이 이루어지고 있다.

앞에 승마에 장점과 승마의 많은 연구들을 거론하였는데, 승마는 유익하지만, 올바른 자세로 승마를 타지 않으면 악영향을 줄 수 있기 때문에 효과적인 운동효과를 얻기 위해서는 사용자의 움직임이나 자세가 잘못되었는지 확인하는 코칭이 필요하다. 코칭은 관성센서기반의 센서를 이용하여서 사용자의 움직임을 파악한

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

다.

최근에 관성센서를 이용해 많은 연구들이 이루어지고 있다. 그 중에서 Luinge[15]는 관성센서와 각속도 센서를 이용하여 사람의 치수에 대한 정확한 측정법을 제안했다. Zhou[16] 관성센서를 이용하여서 인간의 움직임을 추측했다 Lee[17] 가속도계를 사용하여서 모션캡쳐를 위한 교정법과 센서 융합을 제안했다. Zhu[18] 실시간 움직임 추적을 연구했다. Venkatraman[19] 패턴인식 알고리즘과 신경망을 사용하여 동물의 움직임을 연구했다. Ghasemzadeh[20] 골프 스윙 훈련 시스템을 제안했다. Mariani[21] 젊은 노인을 대상으로 보행평가를 연구했다. Yujin[22]는 관성센서를 이용하여 상체 모션 추척을 제안했다. Lijun[23] MEMS 자이로스코프센서의 실용 교정방법을 제안했다. Wei[24] MEMS 교정을 연구했다. Cao[25]는 골프의 풀 스윙에 대해서 연구하였다. PyeongGook[26] 관성센서기반 스마트 슈즈에 대해 연구하였다. Chan[27]은 코칭을 위해 댄싱 훈련 시스템을 개발하였다. 또한 관성센서를 이용한 스포츠 분석 및 코칭으로는 셀프-코칭을 위한 관성센서 기반 인체모션 취득 시스템 구현[28], 동작분석기법을 활용한 골프코칭시스템 개발[29], 척추질환 예방용 4개 관절 기반 모션캡쳐 연구[30], 무선 관성센서를 사용하여 운동학적 코칭 분석[31]. 테니스 스트로크 분류[32], 골프 훈련시스템[33]을 개발하였다. 이러한 조사를 바탕으로 본 논문에서는 관성센서기반의 구성된 슈트를 착용하고 승마 전문가의 DB를 통해서 말의 종류별(더러브렛, 웜블러드)과 보법별(구보, 경속보)로 각각 특징(팔각도, 무릎각도, 허리각도, 엉덩이 y축 위치, 양 무릎사이의 거리, 양 사이의 거리 계산을 통해 실제 승마자의 모션을 교정 및 코칭을 한다.

본 논문은 1장은 승마의 대한 장점 및 승마가 우리에게 미치는 요인, 관성센서 연구, 코칭에 대한 연구이며, 2장은 승마모션 DB구축 및 모션분석 방법이며, 3장은 기존 분류방법들(웨이블릿, 신경망네트워크, 나이비베이즈)이며, 4장은 실험 및 결과 분석으로 모션 분석, 보법분류, 실험 결과등을 보여준다. 마지막으로 결론이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제2장 승마모션 DB구축 및 모션분석방법

제1절 승마모션 DB구축

1. 모션캡쳐

모션 캡처란 몸에 센서를 부착시키거나, 적외선을 이용하는 등의 방법으로 인체의 움직임을 디지털 형태로 기록하는 작업을 말한다[1]. 데이터베이스를 구축을 위해 실 승마자는 무선 관성센서기반인 MTX센서로 구성된 슈트를 입고, 모션 데이터를 컴퓨터로 수신을 받은 후, 데이터를 각각 비교를 한다. 슈트의 특징으로는 칼리브레이션과, 실시간 캡쳐 화면 확인이 가능하며, 동시적인 측정과 확인 및 이전 측정 모션 데이터 확인이 가능하다. 다음 그림 2.1은 모션 데이터 취득 과정을 보여준다.

그림 2.1 모션 데이터 취득과정

모션 캡쳐로 받은 데이터의 형식으로는 일반적인 모션캡쳐 파일 형식인 .BVH와 .FBX등으로 출력이 가능하며, BVH 파일을 공개 소프트웨이인 BVHviewer를 이용하여 .3d 파일 형식으로 저장가능하다. 3d 파일은 모든 측정 부위의 좌표가 프레임 따라 저장이 되어있고, 아래 그림 2.2처럼 인체 측정부위가 모두 28개의 점으로 표시 되어있다. 데이터 배열에서 행은 프레임이고, 열은 84개로 28개 부위에 대한 3개의 축의 위치(x,y,z)를 각각 나타낸다.

28개의 측정 부위 명은 엉덩이(id=0), 가슴(id=1), 가슴2(2), 가슴3(3), 가슴4(4), 목(5), 머리(6), 머리 끝(7), 오른쪽 목덜미(8), 오른쪽 어깨(9), 오른쪽 팔꿈치(10), 오른쪽 손목(11), 오른쪽 손목 끝(12), 왼쪽 목덜미(13), 왼쪽 어깨(14), 왼쪽 팔꿈치(15), 왼쪽 손목(16), 왼쪽 손목 끝(17), 오른쪽 엉덩이(18),

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

오른쪽 무릎(19), 오른쪽 발목(20), 오른쪽 발가락(id=21), 오른쪽 발가락 끝(22), 왼쪽 엉덩이(23), 왼쪽 무릎(24), 왼쪽 발목(25), 왼쪽 발가락(26), 왼쪽 발가락 끝(id=27)이다.

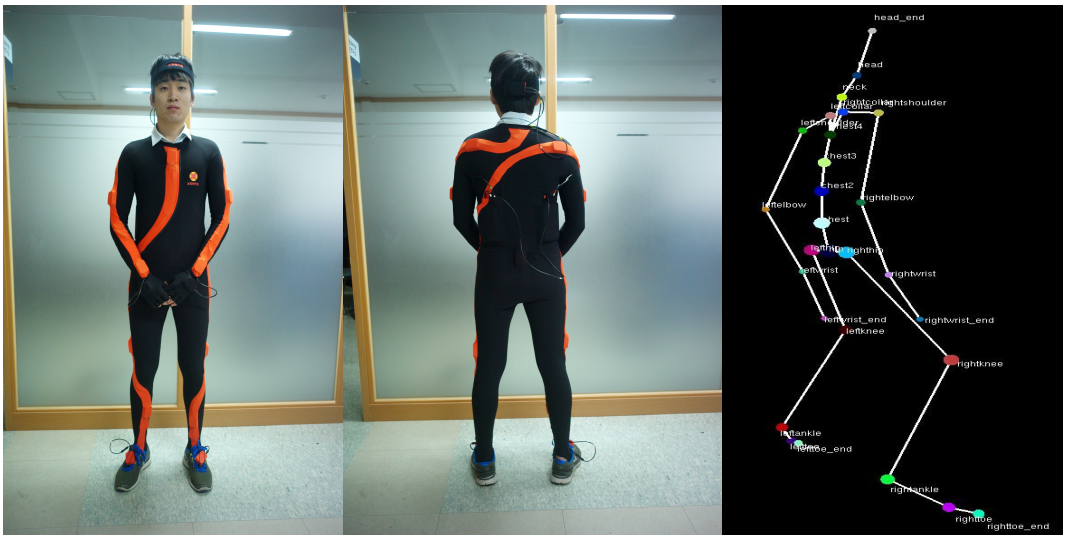


그림 2.2 모션 캡쳐 슈트 및 BVH 인체 구조도

데이터를 구축하기 위해 사용된 MTX 센서는 작고 가벼운 3DOF Human Orientation Tracker로, 정밀한 3축 가속도, 3축 자이로 및 3축 지자기 값을 제공하는 3D Orientation을 제공한다. 다음 그림 2.3은 DB를 구축하기 위해 사용한 센서를 보여준다.

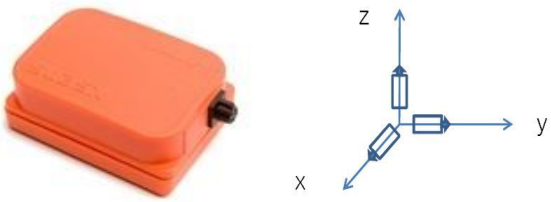


그림 2.3 MTX 3축 인간모션 취득 센서

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 실승마 환경의 데이터 구축 환경

약 가로 20m 세로10m의 타원형의 운동장에서 승마전문가가 모션 캡쳐슈트를 착용하고 보법당 약 한바퀴에서 두바퀴 정도 움직이면서 취득하였다. 아래 그림 2.4는 데이터 구축환경을 보여준다.

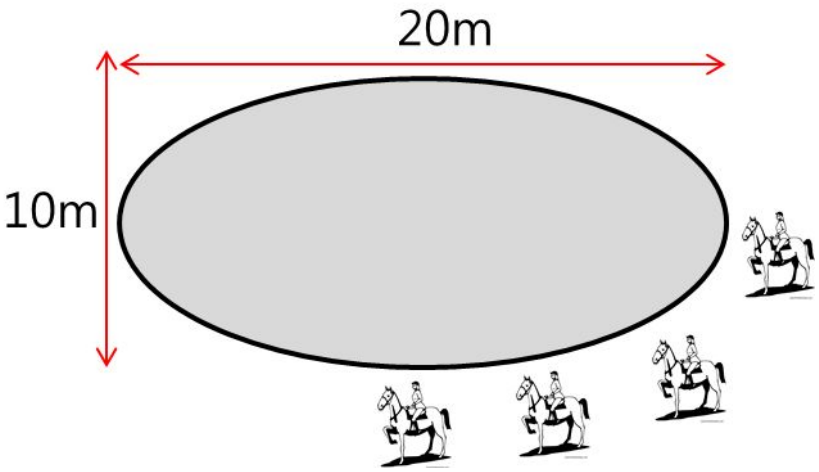


그림 2.4 데이터 구축환경

데이터베이스에 대해 세밀히 열거하자면 국가대표 경력이 있는 전문가로서 성별은 여자이고, 키는 164cm, 발 사이즈는 235mm이다. Xsens의 관성센서기반 3D모션 캡쳐 슈트 장비인 MVN을 입고, 체고가 160cm인 더러브렛, 체고가 150~173cm인 웜블러드 순으로 데이터를 추출하였다. 하나의 파일의 측정 시간은 1분~2분 정도이며, 보법별로 15개의 데이터를 받았다. 말의 보법에는 평보, 속보, 구보 습보 등 4가지가 있다. 평보는 1분에 130m, 1시간에 약 8km 이동이 가능하며, 속보 중에 좌속보는 1분에 220m, 1시간에 약 13km 정도 이동이 가능하며, 구보는 1분에 350m , 1시간에 약21km 이동이 가능하며, 습보는 1분에 1000m, 1시간에 60km 이동이 가능하며 최고 속도 72km까지 가능하다. 실험의 사용된 보법은 평보, 좌속보, 경속보, 구보이며, 총 4가지이다. 측정 프레임 레이트는 100 frames/sec이다. 다음 그림 2.5은 실제 DB를 구축하고 있는 실제 승마자 말의 종류 더러브렛이며, 2.6은 웜블러드이다. 2.7은 17개의 관성센서의 위치를 보여 주고 있다. 뒤쪽 앞쪽, 측면은 센서가 부착된 위치에 대한 설명이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 2.5 더러브렛

그림 2.6 웜블러드

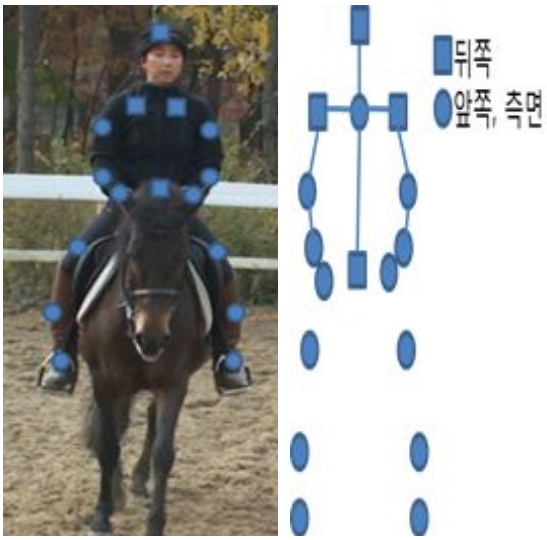


그림 2.7 17개의 관성센서 부착위치

3. 실승마 환경의 보법별 움직임

보법별 전문가 움직임의 주기성을 BVH 모션분석 프로그램을 이용하여서 프레임 순서대로 나타내었다. 아래 그림 2.8-2.11은 평보, 좌속보, 경속보, 구보 움직임 데이터 취득 과정을 보여주고 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

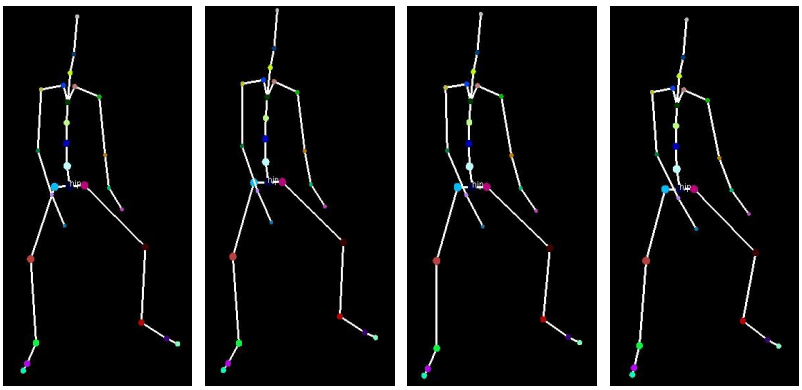


그림 2.8 평보 데이터 취득과정

아래 그림 2.9은 좌속보 움직임 데이터 취득 과정을 보여주고 있다.

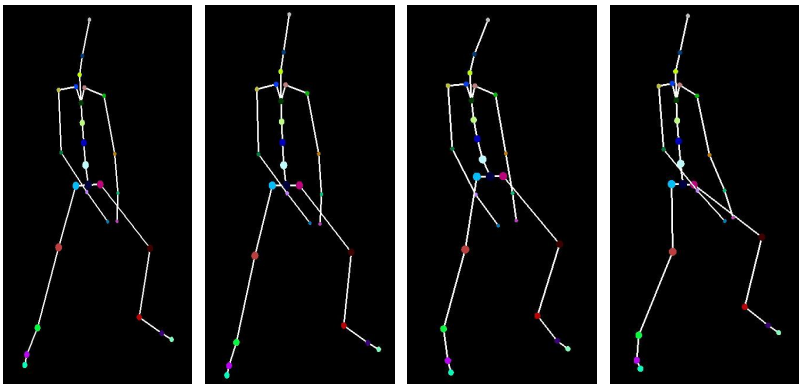
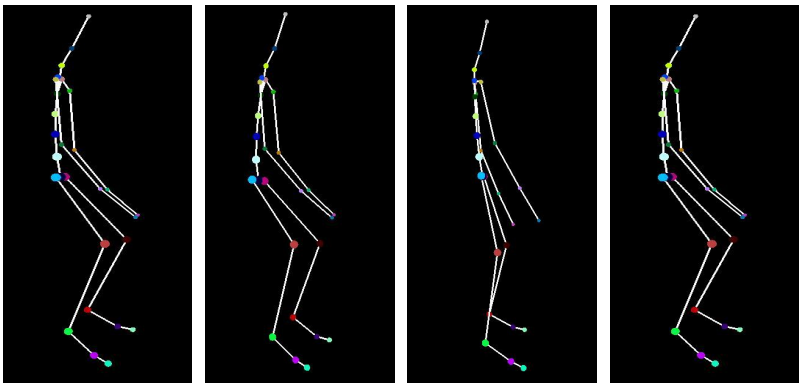


그림 2.9 좌속보 데이터 취득과정

아래 그림 2.10은 경속보 움직임 데이터 취득 과정을 보여주고 있다.



Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 2.10 경속보 데이터 취득과정

아래 그림 2.11은 구보 움직임 데이터 취득 과정을 보여주고 있다.

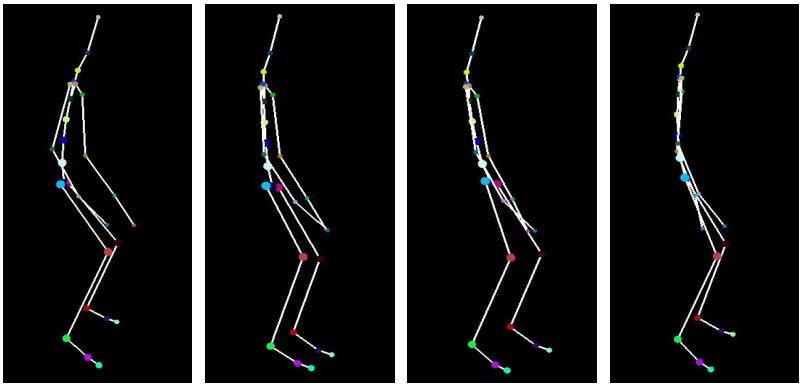


그림 2.11 구보 데이터 취득과정

제2절 실 승마 자세분석을 위한 방법

올바른 자세로 승마를 타지 않으면 승마의 장점에 대한 효과를 얻기 보다는 오히려 좋지 않은 결과를 얻기 때문에 사용자의 움직임이 잘못되었는지 확인하기 위해 자세에 대한 분석이 필요하다. 다음 설명 할 5가지의 분석 방법(팔꿈치 각도, 무릎 각도, 팔꿈치, 무릎간 거리, 등 각도, 힙의 위치)을 통하여 비교 분석 하기 위해 다음과 같은 방법을 제시한다.

1. 팔꿈치 각도

센서로부터 얻은 DB를 통하여서 신체의 특징 점 A(wrist), B(elbow), C(shoulder)의 값을 추출하여서, 식 (2-1~2-3)를 통해 3개의 좌표 A,B,C가 다음과 같이 정의된다. 그림 2.12은 mvn stdio 모션 캡쳐 프로그램 및 팔꿈치 각도 계산 방법을 제시한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

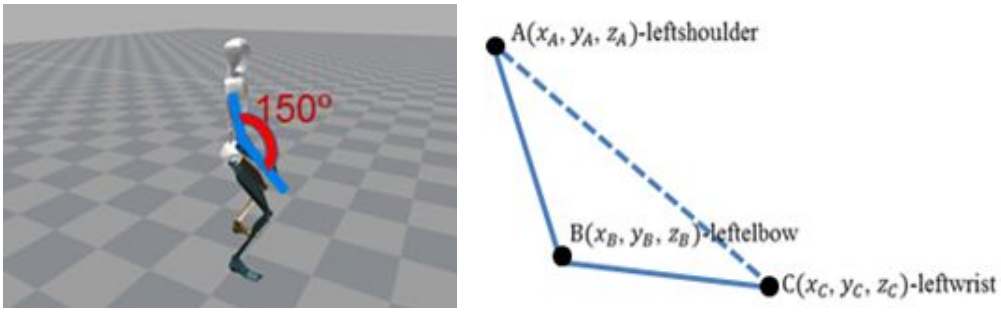


그림 2.12 mvn stdio software의 팔꿈치각도 및 방법 제시

$$A = x_A, y_A, z_A \tag{2-1}$$

$$B = x_B, y_B, z_B \tag{2-2}$$

$$C = x_C, y_C, z_C \tag{2-3}$$

또한 식 (2-4~2-6)을 통하여 유클리디안으로 A(wrist), B(elbow), C(shoulder) 특징 점 사이의 거리를 구한다.

$$\overline{AB} = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2 + (z_A - z_B)^2} = c \tag{2-4}$$

$$\overline{BC} = \sqrt{(x_B - x_C)^2 + (y_B - y_C)^2 + (z_B - z_C)^2} = a \tag{2-5}$$

$$\overline{CA} = \sqrt{(x_C - x_A)^2 + (y_C - y_A)^2 + (z_C - z_A)^2} = b \tag{2-6}$$

각각의 특징 점에 대해서 길이가 구해지면, 식 (2-7~2-9)에 대입한다.

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc\,Cos\,A \tag{2-7}$$

$$b^2 = c^2 + a^2 - 2ca\,Cos\,B \tag{2-8}$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\,Cos\,C \tag{2-9}$$

각도를 구하기 위해 식을 변형(2-10)을 하면 팔꿈치의 관절을 계산 할 수 있다.

$$\text{팔꿈치각도} = \cos^{-1}\left(\frac{c^2 + a^2 + b^2}{2ca}\right) \tag{2-10}$$

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 무릎 각도

센서로부터 얻은 DB를 통하여서 신체의 특징 점 A(left hip), B(left knee), C(left ankle)의 값을 추출하여서, 팔꿈치와 동일하게 식 (2-1~2-3)를 통해 3개의 좌표 A,B,C가 다음과 같이 정의된다. 또한 식 (2-4~2-6)을 통하여 유클리디안으로 A(left hip), B(left knee), C(left ankle) 특징 점 사이의 거리를 구하고, 각각의 특징 점에 대해서 길이가 구해지면, 식 (2-7~2-9)에 대입하고 각도를 구하기 위해 식을 식 (2-11)와 같이 정의하면 무릎의 관절을 계산 할 수 있다.

$$\text{무릎각도} = \cos^{-1}\left(\frac{c^2 + a^2 + b^2}{2ca}\right) \qquad (2-11)$$

그림 2.13는 mvn stdio 모션 캡쳐 프로그램 및 무릎각도 계산 방법을 제시한다.

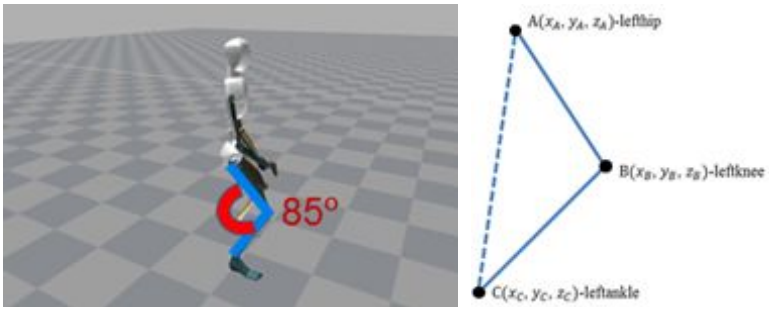


그림 2.13 mvn stdio software의 무릎각도 및 방법 제시

3. 팔꿈치간 거리

센서로부터 얻은 DB를 통하여서 신체의 특징 점 A(left elbow), B(right elbow)의 값을 추출하여서, 식 (2-1~2-2)를 통해 2개의 좌표 A,B가 다음과 같이 정의된다. 식 (2-12)를 통하여 A,B의 특징 점 사이의 거리 값을 구한다.

$$\text{팔꿈치간거리} = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2 + (z_A - z_B)^2} \qquad (2-12)$$

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4. 무릎간 거리

같은 방법으로 센서로부터 얻은 DB를 통하여서 신체의 특징 점 C(left knee), D(right Knee)의 값이 식 (2-1~2-2)을 통해 2개의 좌표 A,B가 그림 2.4.4와 같이 정의 된다. 식(2-13)를 통하여 A,B의 특징 점 사이의 거리 값을 구한다.

$$\text{무릎간거리} = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2 + (z_A - z_B)^2} \qquad (2-13)$$

그림 2.14은 mvn stdio 모션 캡쳐 프로그램 및 팔꿈치간 거리 계산방법을 제시한다.

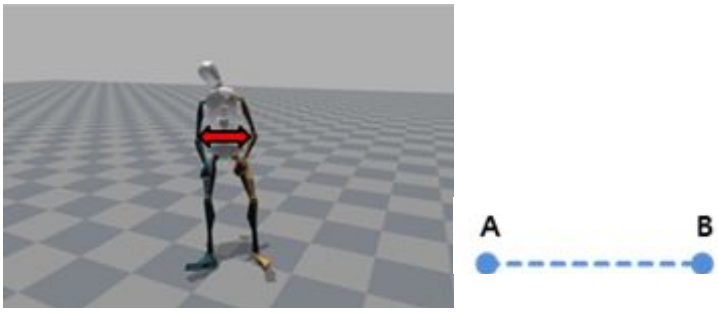


그림 2.14 Mvn stdio software의 팔꿈치간 거리 및 방법 제시

그림 2.15는 mvn stdio 모션 캡쳐 프로그램 및 무릎간 거리 계산방법을 제시한다.

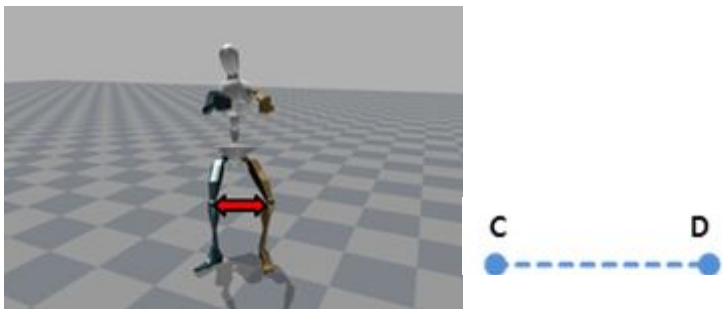


그림 2.15 Mvn stdio software의 무릎간 거리 및 방법 제시

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

5. 등각도

센서로부터 얻은 DB를 통하여서 신체의 특징 점 A(neck), B(chest3), C(chest)의 값을 추출하여서, 팔꿈치와 동일하게 식 (2-1~2-3)를 통해 3개의 좌표 A,B,C가 다음과 같이 정의된다. 또한 식 (2-4~2-6)을 통하여 유클리디안으로 A, B, C의 특징 점 사이의 거리를 구하고, 각각의 특징 점에 대해서 길이가 구해지면, 식 (2-7~2-9)에 대입하고 각도를 구하기 위해 식을 정리하면 식 (2-14)와 같이 정의하면 등의 각도를 계산할 수 있다.

$$\text{등각도} = \cos^{-1}\left(\frac{c^2 + a^2 + b^2}{2ca}\right) \qquad (2-14)$$

그림 2.16는 mvn stdio 모션 캡쳐 프로그램 및 등각도 계산 방법을 제시한다.

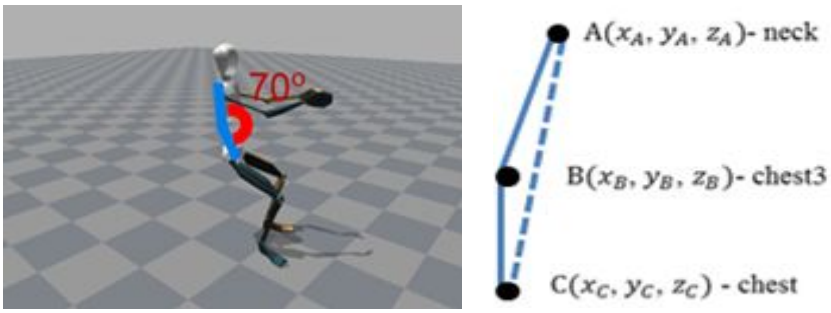


그림 2.16 Mvn stdio software의 등각도 및 방법 제시

6. 엉덩이 y축

센서로부터 얻은 DB를 통하여서 신체의 특징 점(hip)값을 추출하여서, 식 (2-1)을 통해 1개의 좌표 A(x,y,z)가 그림 (a)와 같이 정의 된다. 승마는 엉덩이 부분이 중심이 되기 때문에 A(y)축의 움직임을 사용한다.

$$\text{엉덩이}y\text{축} = A(Y_a) \qquad (2-15)$$

그림 2.17은 mvn stdio 모션 캡쳐 프로그램을 보여준다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

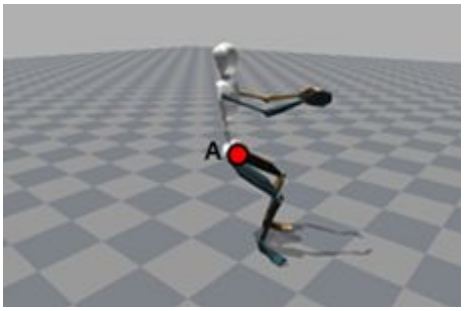


그림 2.17 Mvn stdio software의 엉덩이 y축 위치

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

제3장 모션 분류방법

패턴인식 시스템의 처리과정을 보면, 실세계에서 측정 장치인 센서로 데이터를 구축하고, 전처리 과정인 잡음제거, 특징추출, 정규화과정을 거쳐서 차원 축소(특징 선택, 특징 사영)를 하고, 인식 및 예측(분류,회귀,클러스터링,서술)후 모델 선택(교차검증, 부트스트랩)의 순서대로 진행된다. 그 중 다중신호 웨이블릿 패킷은 특징 추출 및 차원축소과정인 특징선택에 해당되며[34], 인식 및 예측의 분류에 신경회로망과 나이브베이즈 방법이 포함된다. 실시간 코칭을 위해, 이 같은 분류기와 특징 추출기를 이용하는 것은 보법을 분류하고 2장의 모션 분석 방법의 기반하여 사용자의 자세가 옳은 것인지 판단하기 위해 제안한다.

제1절 웨이블릿

1. 웨이블릿 정의

웨이블릿(wavelet)이란 0을 중심으로 증가와 감소를 반복하는 진폭을 수반한 파도와 같은 진동을 말한다. 그것은 지진계나 심박 체크에 기록되어 보이는 것과 같은 전형적인 "짧은 진동"의 형태로 나타난다.

일반적으로 웨이블릿은 신호 처리에 유용한 특정한 성질을 가지도록 하는 목적을 가지고 만들어진다. 웨이블릿은 합성곱(convolution) 기술을 통해 알고 있는 신호와 결합하여, 알려지지 않은 신호로부터 정보를 추출하는데에 사용될 수 있다. 웨이블릿은 오디오 신호, 이미지 뿐 아니라 다른 다양한 종류의 데이터로부터 정보를 추출하는데 사용될 수 있는 수학적 도구이다. 데이터를 완전히 분석하기 위해서는 일련의 웨이블릿이 추가적으로 필요하다. 이러한 일련의 "보완적인" 웨이블릿은 차이(gap)이나 중복(overlap) 없이 데이터를 분해할 수 있어, 분해 과정은 수학적으로 가역적(reversible)이다.

그러므로 이러한 일련의 보완적인 웨이블릿은 손실을 최소화하며 원정보를 복원하도록 설계된 웨이블릿 기반의 압축/해제 알고리즘에서 유용하다.

수학적으로, 이 표현방식(representation)은 사각 적분 가능 함수의 힐베르트 공간을 위한 완전, 직교 기저 함수의 집합 혹은 overcompelete 집합 혹은 벡터 공

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

간의 프레임에 관한 사각 적분 가능 함수의 웨이블릿 시리즈 표현방식이다[35].

2. 웨이블릿 vs 웨이블릿 패킷

웨이블릿과 웨이블릿 패킷의 차이점을 찾자면, 웨이블릿은 그림 3.1처럼 최초 신호에서 저주파, 고주파 성분이 분해된 후, 저주파 성분에서만 계속 분해가 일어난다. 반면 웨이블릿 패킷은 저주파나, 고주파 관계없이 분해가 되어 특징이 n^2으로 생성된다.

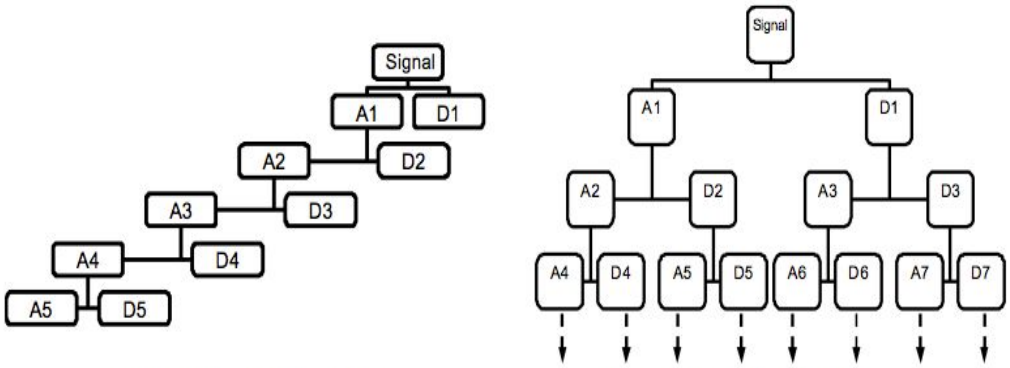


Fig. 1. wavelet tree decomposition

Fig. 2. Wavelet Packet decomposition tree

그림 3.1 웨이블릿과 웨이블릿 패킷의 분해구조

3. 다중신호 웨이블릿 패킷

웨이블릿 패킷과 다른점은 윈도우 사이즈를 정해서 데이터가 중복되어서 입력이 된다는 점이다. 다중신호 웨이블릿 패킷은 윈도우 사이즈, 윈도우 사이즈간에 간격, 샘플주파수를 가변적으로 설정가능하며 시간 영역에 데이터를 주파수 공간으로 데이터를 윈도우 사이즈간격 만큼 중첩시킴으로써 처리한다. 예를 들면 2차원 데이터 1000*100이 있고, 윈도우 사이즈는 256, 사이즈 간격은 32, 주파수 공간은 256일 때, 아래 그림 3.2처럼 데이터가 중복되어서 입력이 된다. 모든 데이터가 들어가기 까지는 24번의 반복이 필요하며 24번의 반복수는 ((데이터 사이즈-윈도우사이즈)/윈도우사이즈간의 간격)+1로 정의된다. 입력으로 들어간 모든 데이터에서 벡터로부터 선형적인 것을 모두 제거한다. 이것은 fft처리를 위한 것으로 사

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

용된다. 다음은 분해 단계를 설정하며, 이 분해 절차는 log2N 보다 작고, N이 기본 신호안의 수로 존재할 때 J번 반복된다. 이것은 J*N 계수를 가져온다. 다음은 식 (3-15)에 의거 하여서 데이터 값과 HID, HIR, LOD, LOR 필터들이 곱해지면서 2차원 콘볼루션이 일어나고 짝수값을 선택함으로써 한단계 분해가 된다.

$$w(k) = \sum_{j} u(j)v(k-j+1) \qquad (3-15)$$

분해된 데이터들의 제곱을 구하고, 평균을 취해서, 로그 값을 구하면 다중신호 웨이블릿 패킷의 7가지 특징 값을 얻을 수 있다[36].

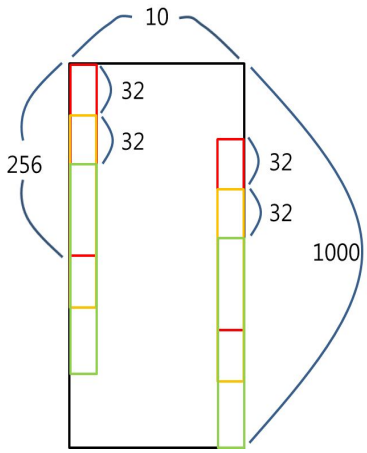


그림 3.2 데이터 중복

제2절 신경회로망 분류기

인간의 뇌를 통해 문제를 처리하는 방법과 비슷한 방법으로 문제를 해결하기 위해 컴퓨터에서 채택하고 있는 구조, 인간의 뇌가 기본 구조 조직인 뉴런(neuron)과 뉴런이 연결되어 일을 처리하는 것처럼 수학적 모델로서의 뉴런이 상호 연결되어 네트워크를 형성할 때 이를 신경망이라 한다. 아래 그림 3.3은 신경망의 기본구조에 대해서 보여준다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

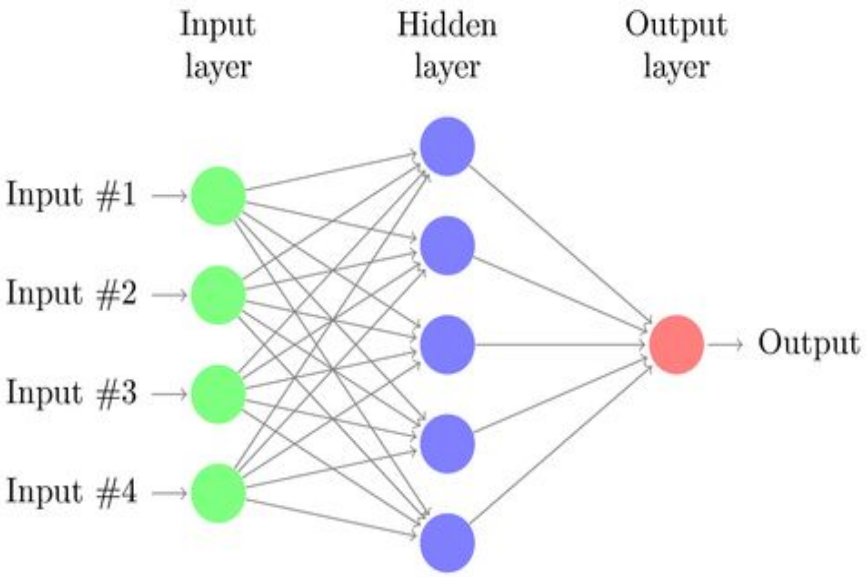


그림 3.3 신경망의 기본구조

생물학적인 신경망과 구분하여 인공 신경망(artificial neural network)이라고도 하며 신경망은 각 뉴런이 독립적으로 동작하는 처리기의 역할을 하기 때문에 병렬처리 (parallelism)가 뛰어나고 많은 연결선에 정보가 분산되어 있기 때문에 일부 뉴런에 문제가 발생하더라도 전체 시스템에 큰 영향을 주지 않는 결함 허용(fault tolerance) 능력이 있다.

주어진 환경에 대해 학습 능력이 있기 때문에 인공 지능 분야에 이용되고 있으며 문자인식, 화상처리, 자연 언어 처리, 음성 인식 등 여러 분야에 이용되고 있다. 신경망 모수인 시냅스 가중치를 데이터로부터 추정하는 작업을 학습이라 하며 모수 추정에 사용되지 않았던 데이터 대하여 네트워크가 정확하게 예측하는 경우 네트워크 일반화 성능이 높다고 한다. 장점으로는 복잡하고 다양한 자료를 쉽게 해결해 주며, 질적 변수와 양적 변수에 관계없이 모두 분석이 가능하며, 입력 변수들 간 비선형 조합이 가능하며 예측력이 우수하다. 반면에 단점으로 결과에 대한 분류와 예측 결과만 보여주며, 결과 생성의 원인과 이유를 설명하기가 어려우며, 데이터 분석 시 랜덤하게 표본을 선정하기 때문에 회귀분석의 결과 일치하지 않을 수 있다[37].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제3절 나이브 베이즈안 분류기

나이브 베이즈는 확률적 분류기이며, 클래스변수(class variable)의 값이 주어진 경우에 모든 특징(feature)들은 조건부독립임을 가정하는 모델이다. 이는 그림 3.4과 같이 표현된다. 그림 3.4의 베이지안망(Bayesian network) 구조는 클래스 변수 C가 주어진 경우 $X_i, X_j (1 \le i, j \le n, i \ne j)$ 는 서로 독립임을 나타내고 있다. 이러한 나이브베이즈분류기는 그 학습, 적용이 매우 효율적이다. 모델을 구성하는 파라미터는 확률분포 P(C)와 $P(X_i|C)$에 대한 파라미터로 한정된다. 학습된 모델의 적용 역시 과 같이 효율적으로 행해질 수 있다. 식 (3-1)에서 자질변수들에 대한 확률분포(marginal probability distribution)는 결과와 관계가 없으며, 새로운 데이터의 분류는 간단한 계산으로 이루어진다. 이러한 나이브베이즈분류기는 실제 데이터를 생성한 확률분포가 가정된 조건부독립성 가정을 만족한다면 최적의 성능을 발휘하게 된다. 나이브베이즈분류기의 분류 성능은 다양한 실험을 통해, 그리고 이론적으로 입증되어 왔다[38]. 하지만, 현재의 문제들은 그러한 나이브베이즈 가정을 따르지 않는 경우가 많다. 구체적으로, 각 특성변수들이 조건부독립이 아닌 경우가 많다. 구체적으로, 각 특징변수들이 조건부독립이 아닌 경우 성능의 하락이 예상된다. 또한, 나이브베이즈분류기의 표현력은 각 변수 들이 이진값을 가지는 경우에는 선형분류기(linear classifier)와 동일함이 증명되어 있다[39]. 아래 그림 3.4는 신경망의 기본구조에 대해서 보여준다.

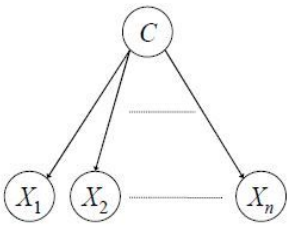


그림 3.4 나이브베이즈 정의

$$P(C \mid X_1, X_2, \ldots, X_n) = \frac{P(C)P(X_1, X_2, \ldots, X_n \mid C)}{P(X_1, X_2, \ldots, X_n)} \qquad (3-1)$$
$$= \frac{P(C)\prod_{i=1}^{n} P(X_i \mid C)}{P(X_1, X_2, \ldots, X_n)}$$

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제4장 실험 및 결과 분석

제 1절 모션분석

1. 그래프적 모션분석

실험 방법은 말의 종류별(더러브렛, 웜블러드), 보법별(경속보,구보)의 데이터 각각 15개를 중첩시켜서 4주기성을 추출하여서 비교하였을 때 각도의 차이나 거리 차이를 통해 자세의 차이를 확인하였다. 오른쪽 팔꿈치와 무릎은 빨간색 점선으로 표시하였다.

1) 웜블러드 경속보

약 10000프레임에서 반복적인 200프레임을 추출하여서 4주기(2.5초)를 보여주고 있다.

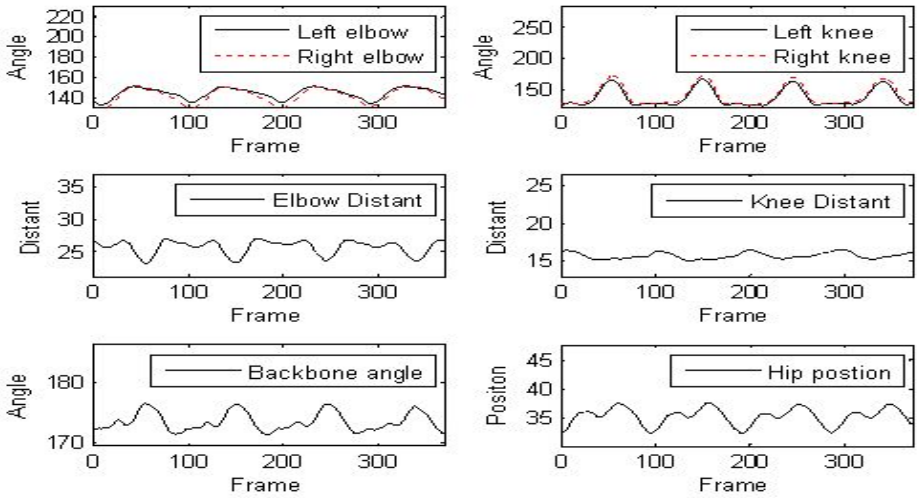


그림 4.1 웜블러드 경속보 특징값

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2) 웜블러드 구보

약 10000프레임에서 반복적인 300프레임을 추출하여서 4주기(3초)를 보여주고 있다. 아래 그림에서 볼 수 있듯이 팔꿈치는 약 130~160도 사이에서, 무릎은 약 130에서 140도 사이에서 유지 하고 있다. 팔꿈치간의 거리는 25~29사이에 있으며 무릎은 15~18사이에서 간격을 유지 하고 있다. 등의 각도는 170~177사이를 유지하고 있으며, 엉덩이의 포지션은 30~37사이에서 움직인다고 볼 수 있다. 다음 그림 4.2은 15개의 데이터의 평균 데이터를 보여주고 있다.

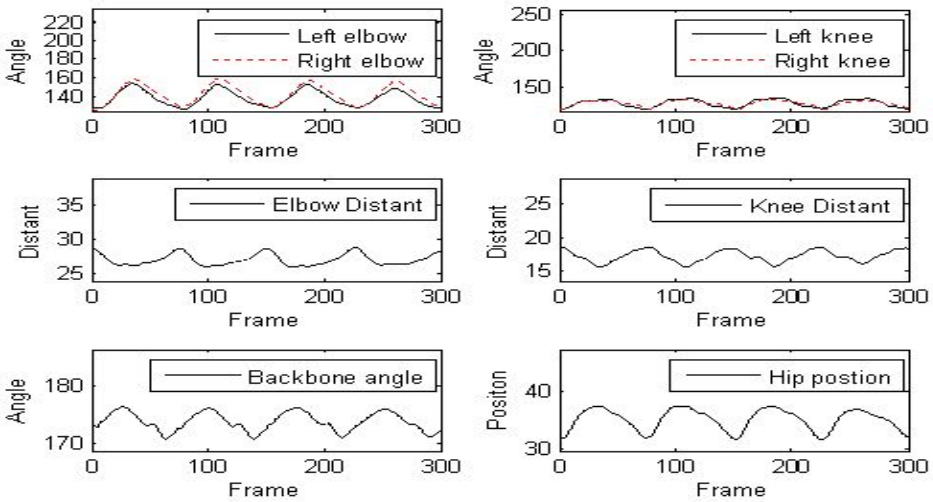


그림 4.2 웜블러드 구보 특징값

3) 더러브렛 경속보

약 10000프레임에서 반복적인 200프레임을 추출하여서 4주기(2.5초)를 보여주고 있다. 아래 그림에서 볼 수 있듯이 팔꿈치는 약 135~160도 사이에서, 무릎은 약 120에서 160도 사이에서 유지 하고 있다. 팔꿈치간의 거리는 22~25사이에 있으며 무릎은 14~16사이에서 간격을 유지 하고 있다. 등의 각도는 170~177사이를 유지하고 있으며, 엉덩이의 포지션은 34~40사이에서 움직인다고 볼 수 있다. 다음 그림 4.3은 15개의 데이터의 평균 데이터를 보여주고 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

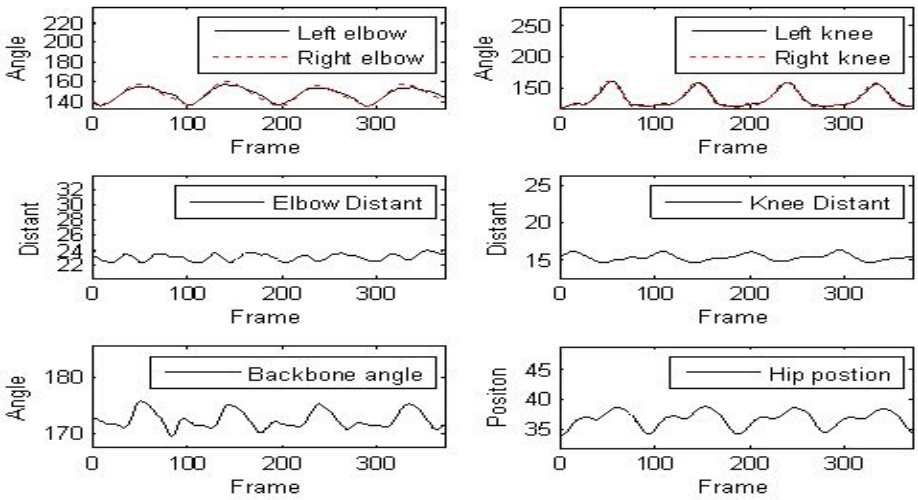


그림 4.3 더러브렛 경속보 특징값

4) 더러브렛 구보

약 10000프레임에서 반복적인 300프레임을 추출하여서 4주기(3초)를 보여주고 있다.

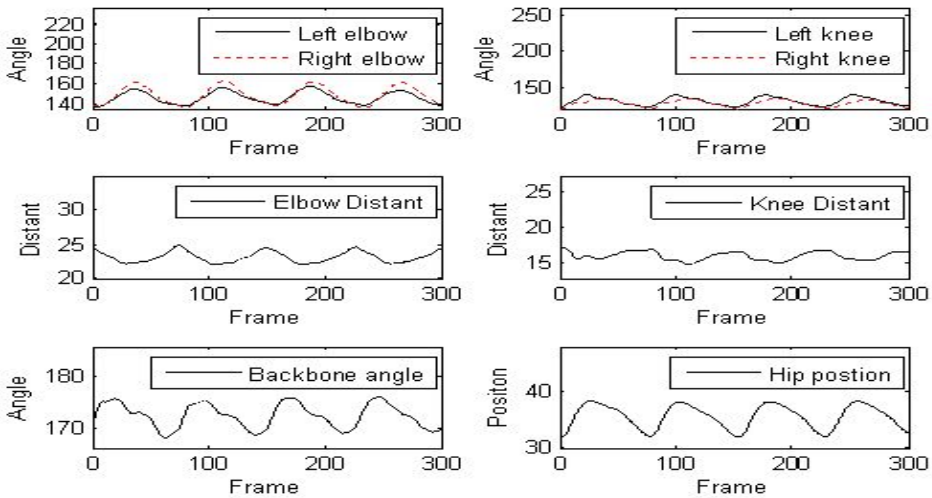


그림 4.4 더러브렛 구보 특징값

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 수치적 모션분석

다음 표 4-1은 말종(웜블러드, 더러브렛)의 특징에서의 보법별(경속보, 구보)의 수치적 비교 그래프를 보여준다. 아래 그림은 웜블러드와 더러브렛의 특징별 최대, 최소값을 나타낸다. 수치적으로 차이가 있음을 확인 할 수 있다. 팔꿈치의 최소 각도를 볼 때, 127.59과 135.29은 약 8도 정도의 각도 차이가 있는 것을 볼 수 있다. 무릎에 최소 각도 또한 5도 정도 차이가 있음을 볼 수 있다. 또한 같은 말의 종류에서 경속보와 구보와의 차이를 볼 때에도 차이가 있다는 것을 볼 수 있다. 웜블러드에서 경속보 최소값은 127,59인 반면 구보 최소값은 124.98으로 차이가 있으며, 최대값은 약 8도 정도의 차이가 있음을 알 수 있다. 팔꿈치 거리에서 경속보 최소값, 최대값과 구보 최소값, 최대값도 수치적으로 차이가 있음을 알수 있다. 무릎 각도는 경속보 최소값 123.9249 최대값 172.20으로 약 50도 간격정도 차이가 나지만 구보에서는 119.50 최대값 135.80으로 무릎각도에서 차이가 많이 생기는 것을 수치적으로 확인가능하다.

또한 더러브렛의 경속보와 구보를 비교해 봤을 때, 팔꿈치 각도는 경속보, 구보 최대값이 차이가 있으며, 무릎 각도를 비교했을 때, 경속보의 경우 118.23~161.78로 약 43도 정도의 범위로 무릎의 각도를 사용한 것을 알수 있으며, 구보의 경우 119.37~140.80로 약 31도 정도의 범위로 무릎의 각도를 움직인 것을 확인할 수 있다. 이처럼 말의 종류로 비교 했을 때, 보법으로 비교했을 때 차이가 있음을 수치적으로 확인이 가능하다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 4-1. 웜블러드, 더러브렛의 수치적 비교

	특징	경속보 최소값	경속보 최대값	구보 최소값	구보 최대값
웜블러드	팔꿈치 각도	127.5948	151.8203	124.9873	159.2437
	팔꿈치 거리	23.0286	27.0257	25.8787	28.7882
	무릎 각도	123.9249	172.2083	119.5033	135.8026
	무릎 거리	14.9339	16.4255	15.527	18.5927
	등 각도	171.3961	176.4778	170.7719	176.3493
	엉덩이 y축	32.3794	37.6738	31.7305	37.5761
더러브렛	팔꿈치 각도	135.2917	159.6972	135.1259	162.4508
	팔꿈치 거리	22.2368	23.8674	21.9704	24.7189
	무릎 각도	118.2349	161.7809	119.3705	140.8084
	무릎 거리	14.5422	16.2772	14.8052	17.0814
	등 각도	169.4525	175.8555	168.0345	175.9723
	엉덩이 y축	34.0892	38.796	31.8723	38.3189

3. 통계적 모션분석

다음 그림 4.5는 경속보에서 웜블러드와 최소, 최대값과 더러브렛의 최소, 최대값을 비교한 것이다. 팔꿈치 각도에서는 더러브렛 경속보가 가장 높은 수치를 기록 하고 있으며, 무릎 각도에서는 웜블러드 경속보가 가장 높은 수치를 기록하는 것을 확인 할 수 있다. 전체적으로 웜블러드와 더러브렛에 최대 최소값은 수치적으로 비슷하다. 허리의 각도와 힙의 포지션에는 차이가 별로 없는 것은 말의 종류가 바뀌어도 허리 각도는 항상 수직을 유지해야 하며 힙의 포지션도 말의 종류와는 상관관계가 적기 때문이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

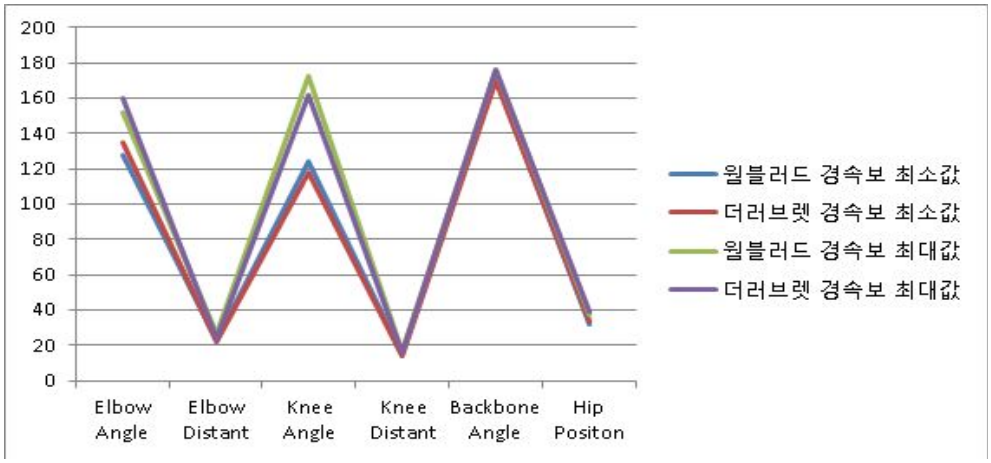


그림 4.5 경속보의 최대, 최소값 비교

다음 그림 4.6는 구보에서 윔블러드와 최소, 최대값과 더러브렛의 최소, 최대값을 비교한 것이다. 팔꿈치의 각도를 볼 때 윔블러드 최소값이 더러브렛에 비해 낮은 것을 확인 할 수 있으며, 허리의 각도와 힙의 포지션에는 차이가 없는 것은 말의 종류와 상관없이 승마를 할 때는 항상 허리는 수직을 유지해줘야 하기 때문이다.

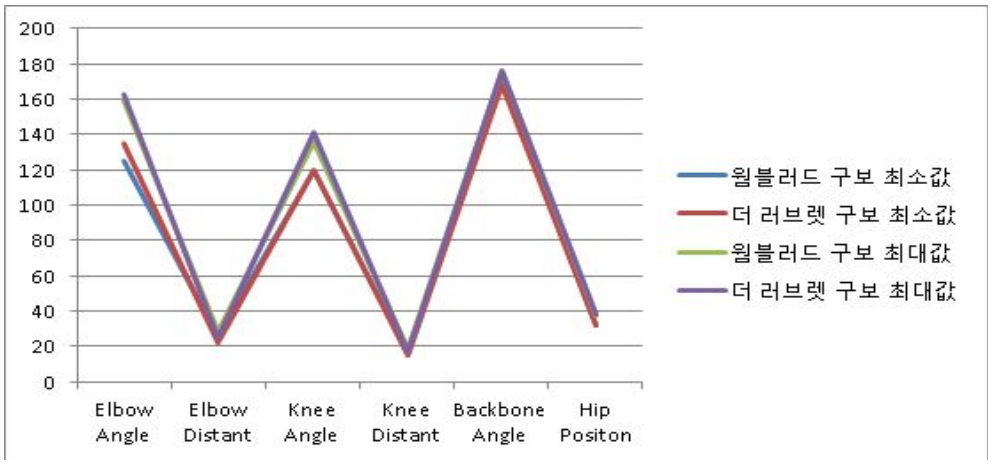


그림 4.6 구보의 최대, 최소값 비교

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 2절 승마보법분류

1. 승마보법 데이터베이스 설명

본 논문에서는 2장 1절에서 설명한 MTX센서로 구성된 모션캡쳐슈트를 승마전문가가 착용을 한 후 보법별로 데이터를 취득한다. 실험에 사용된 말은 더러브렛이며, 보법분류를 위해 사용된 센서 데이터는 엉덩이y축 3d값으로 사용했다. 승마는 엉덩이의 위치가 보법에 따라 움직임의 변화가 있으며, 데이터로 사용하기에 적절하다고 판단되어 힙의 데이터를 사용하였다. 데이터의 동기를 맞추기 위해 1~300 프레임 사이에 최소값을 추출하여 그 시점부터 1000개의 값을 추출하였다. 다음 그림 4.7~10은 실험에 사용된 데이터이다.

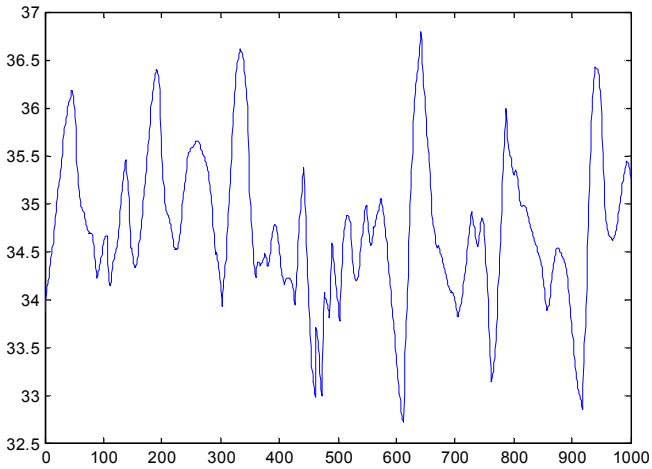


그림 4.7 평보 데이터

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

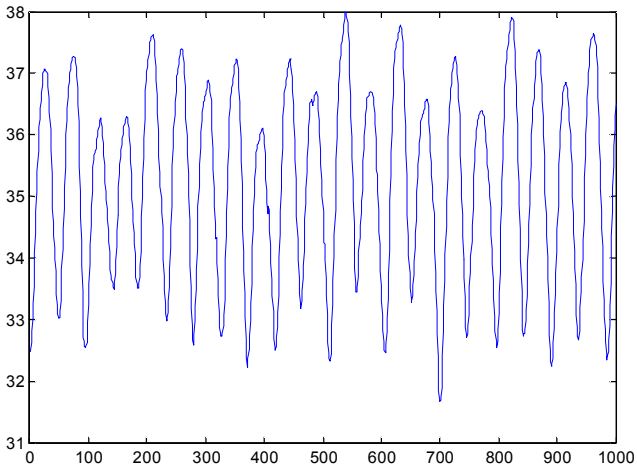


그림 4.8 좌속보 데이터

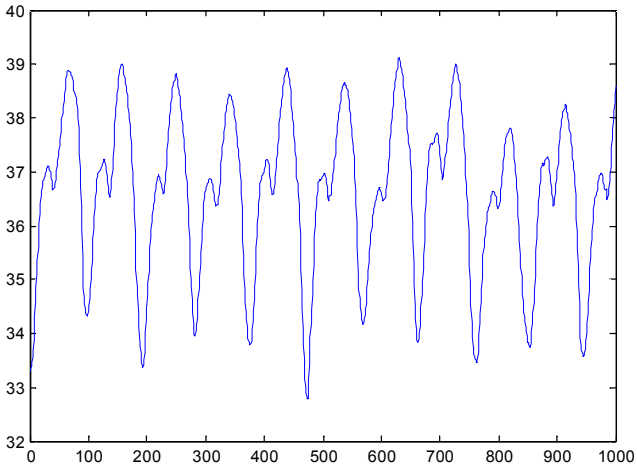


그림 4.9 경속보 데이터

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

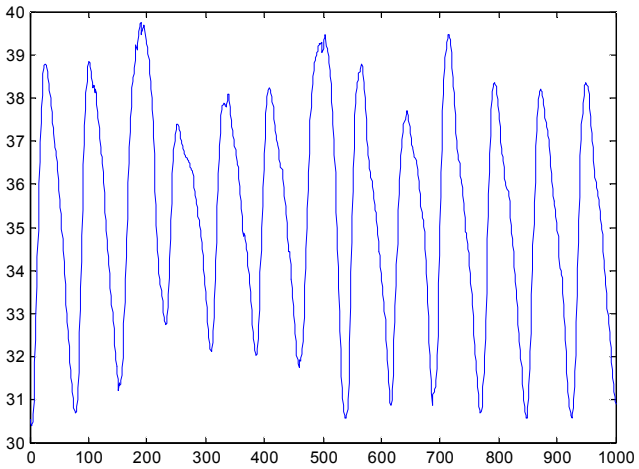


그림 4.10 구보 데이터

2. 학습데이터와 검증데이터

학습데이터로는 각 보법별(평보, 속보, 경속보, 구보)로 4개의 데이터를 5개의 셋으로 사용하였다. 아래 표 같이 구축하였다. 그림 4.11~4.14은 각 보법별 학습데이터를 보여주고 있다. 그림 4.15는 4개의 보법을 종합한 학습데이터(20*1000)를 보여주고 있다.

검증데이터로는 각 보법별(평보, 속보, 경속보, 구보)로 4개의 데이터를 10개 셋으로 사용하였다. 아래 표 같이 구축하였다. 그림 4.16~4.19은 각 보법별 검증데이터를 보여주고 있다. 그림 4.20은 4개의 보법을 종합한 검증데이터(40*1000)를 보여주고 있다. 다음 표 4-2는 입력 데이터의 크기를 보여준다.

표 4-2. 입력 데이터 크기

	평보	좌속보	경속보	구보	전체
학습 데이터	1*1000 ~ 5*1000	6*1000 ~ 10*1000	11*1000 ~ 15*1000	16*1000 ~ 20*1000	1*1000 ~ 20*1000
검증 데이터	1*1000 ~ 10*1000	11*1000 ~ 20*1000	21*1000 ~ 30*1000	31*1000 ~ 40*1000	1*1000 ~ 40*1000

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

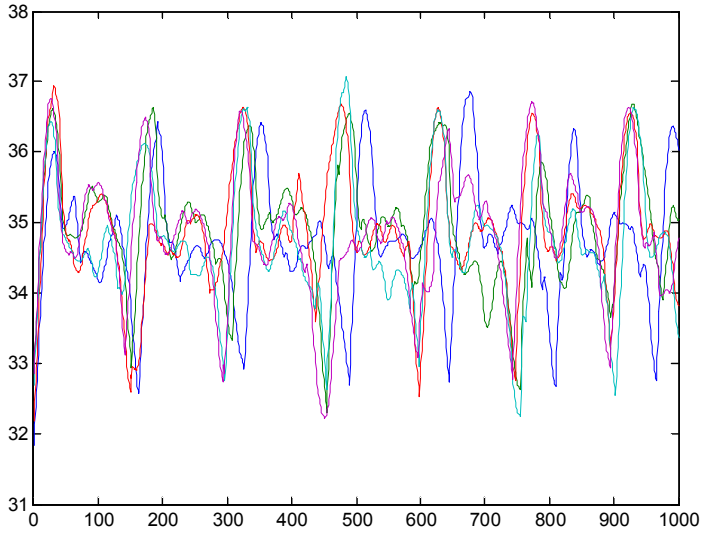


그림 4.11 학습 평보 데이터

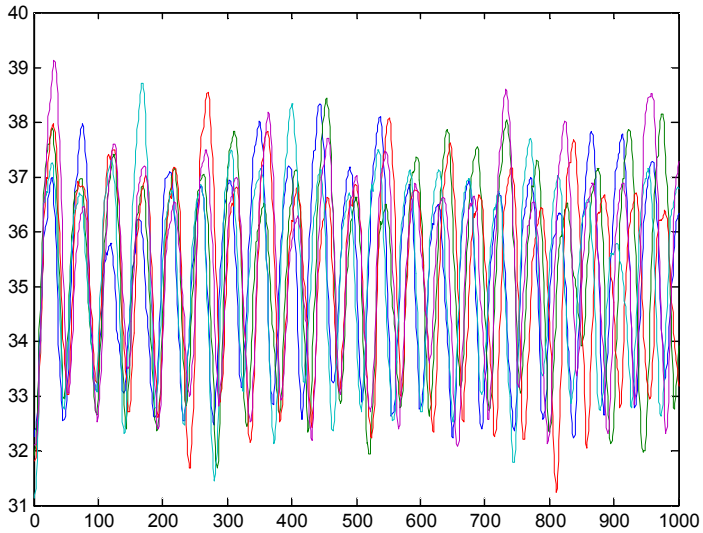


그림 4.12 학습 좌속보 데이터

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

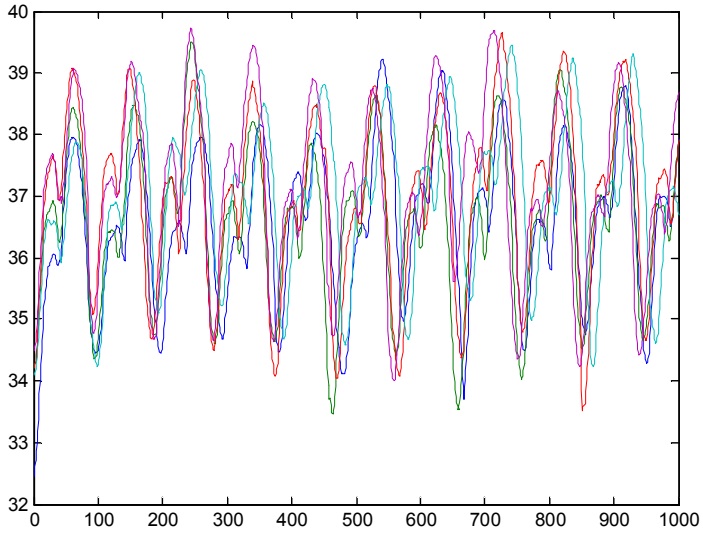


그림 4.13 학습 경속보 데이터

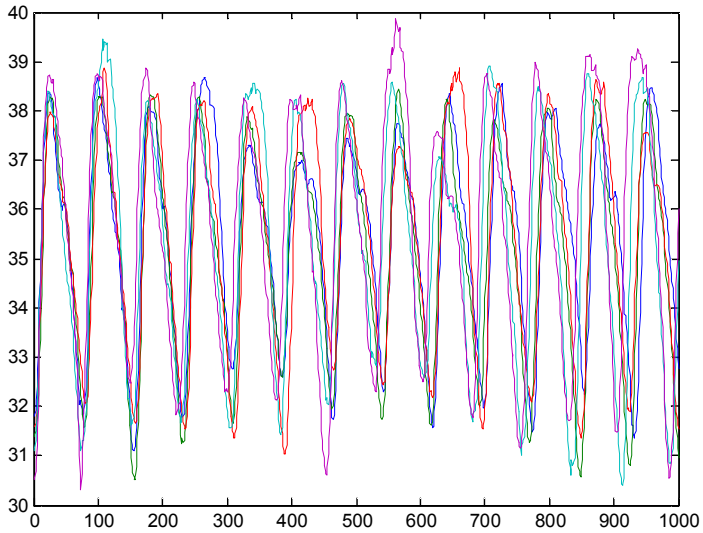


그림 4.14 학습 구보 데이터

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

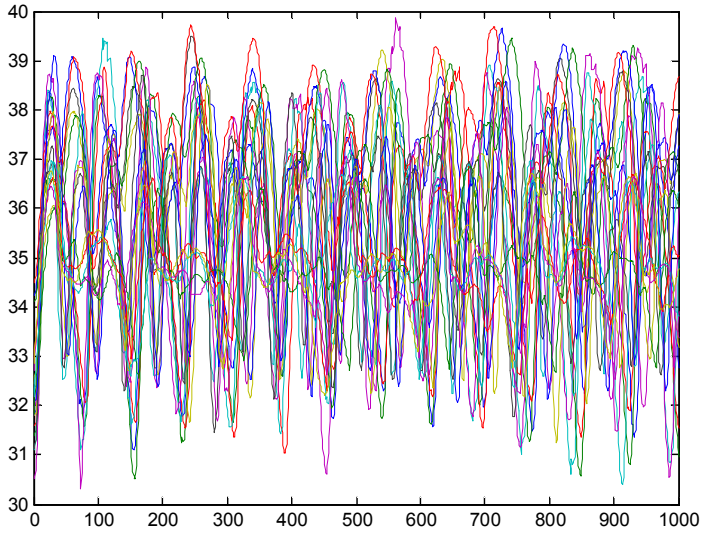


그림 4.15 학습 데이터

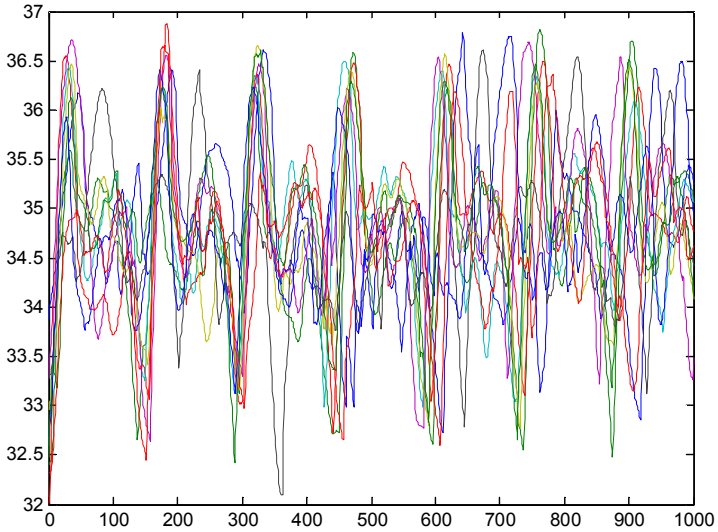


그림 4.16 검증 평보 데이터

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

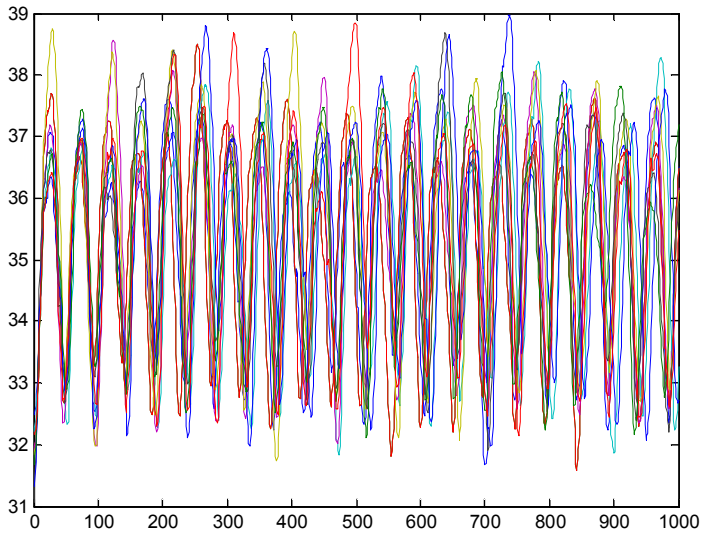


그림 4.17 검증 좌속보 데이터

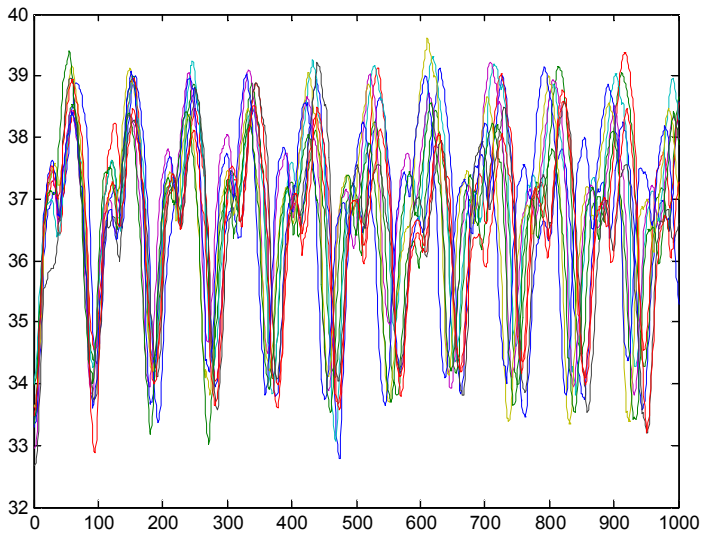


그림 4.18 검증 경속보 데이터

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

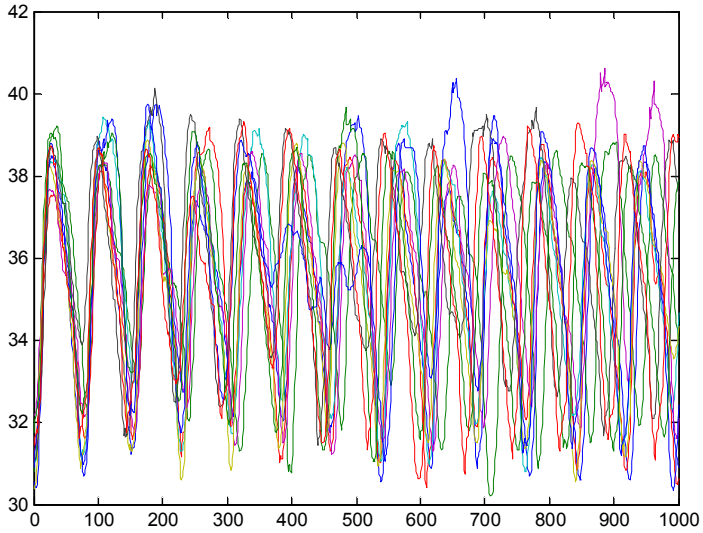


그림 4.19 검증 구보 데이터

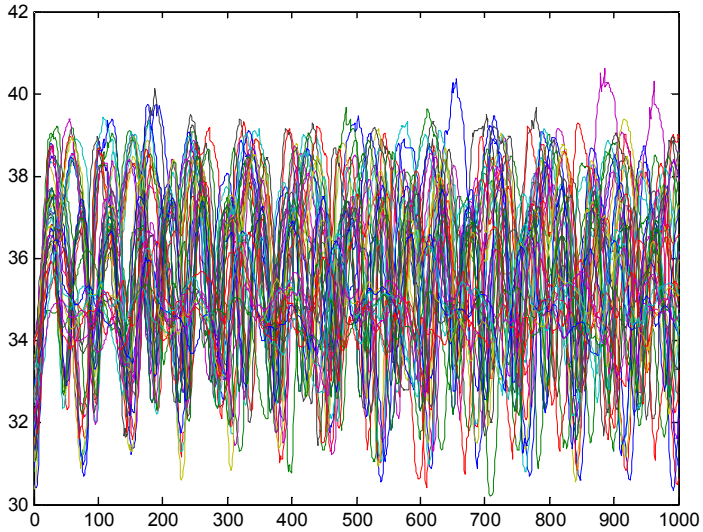


그림 4.20 검증 데이터

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 다중신호 웨이블릿 패킷 특징추출

위의 학습 데이터와, 검증 데이터를 제안하는 다중신호웨이블릿 패킷에 적용하여 특징을 추출한다. 2단계 분류를 통해 데이터의 층은 총 3층으로 구성이 된다. 1층은 원신호의 층 파란색, 2층은 원 신호에서 고주파(녹색)와, 저주파(빨간색)필터를 통한 분해된 층, 3층은 2층의 고주파 신호에서 고주파(청록색)와 저주파(자주색)로 분해된 것과, 2층의 저주파에서 고주파(옅은노랑)와 저주파(검은색)로 분해된 것으로 총 3층으로 구성 되어있다. 총 7개의 특징데이터가 존재한다. 특징데이터 7개를 학습데이터, 특징 데이터로 사용한다. 평보데이터(1000*1)을 웨이블릿 분해를 통해서 특징을 추출하면 (24*(7*1))의 데이터가 구성된다. 검증데이터의 경우 평보데이터(1000*10)을 입력으로 사용했으므로 (24*(7*10))이 되어 24*70의 특징 데이터가 생성 되며, 보법이 4개이므로 다중웨이블릿 특징 값은 24*280이 된다. 하나의 데이터 24*7을 하나의 행으로 바꿔서 168*1로 사이즈 변환한다. 다중웨이블릿 패킷으로 추출된 학습데이터는 168*20이며, 검증데이터는 168*40이다. 이 추출된 특징 데이터를 분류기에 입력데이터로 사용한다. 아래 그림 4.21은 다중웨이블릿 패킷의 분해 단계를 보여준다. 아래 그림 4.22~4.25는 보법별 검증 특징 데이터를 보여주며, 그림 4.26~4.29는 보법별 학습 특징 데이터를 보여준다. 그림 4.30은 분류기에 입력으로 사용될 검증 특징데이터이다. 그림 4.31은 분류기에 입력으로 사용될 학습 특징데이터이다.

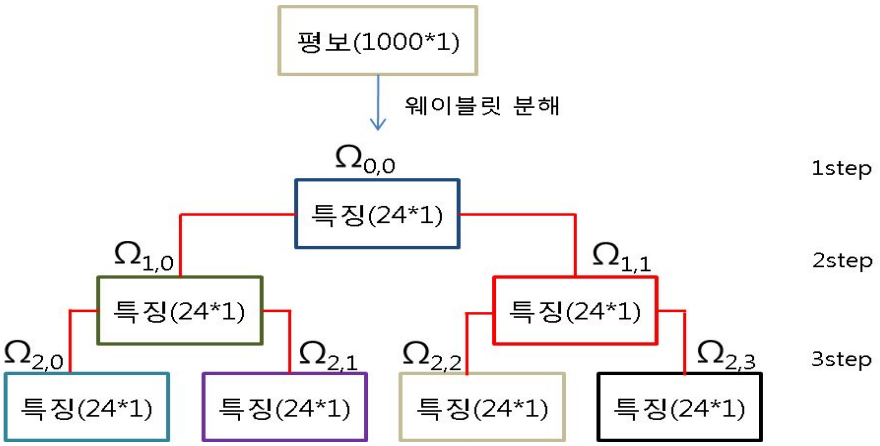


그림 4.21 웨이블릿 패킷 분해 단계

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

아래 표 4-3은 다중웨이블릿 패킷으로 추출된 특징 입력 데이터의 크기를 보여준다.

표 4-3. 웨이블릿 특징 입력 데이터 크기

	평보	좌속보	경속보	구보	전체
학습 데이터	168*1 ~ 168*5	168*6 ~ 168*10	168*11 ~ 168*15	168*16 ~ 168*20	168*1 ~ 168*20
검증 데이터	168*1 ~ 168*10	168*11 ~ 168*20	168*21 ~ 168*30	168*31 ~ 168*40	168*1 ~ 168*40

아래 그림 4.22는 평보 데이터 24*7의 데이터가 10개 있는 것으로 총 24*70으로 구성되어 있다. 7개의 색깔은 그림 4.21과 같이 분해 되면서 1step 파란색, 2step 녹색, 빨간색, 3step 청록색, 자주색, 옅은 노란색, 검은색으로 특징들을 보여준다. x축은 데이터의 프레임, 즉 데이터의 크기를 말하고 y축은 특징 값들이다.

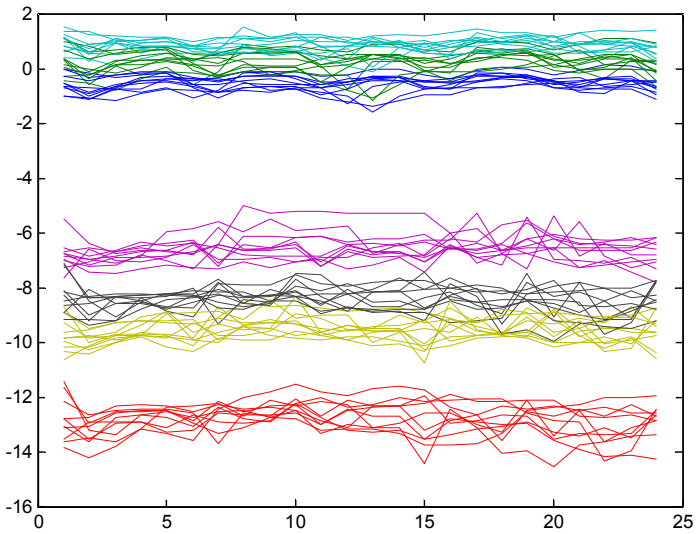


그림 4.22 검증 평보 특징 데이터

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

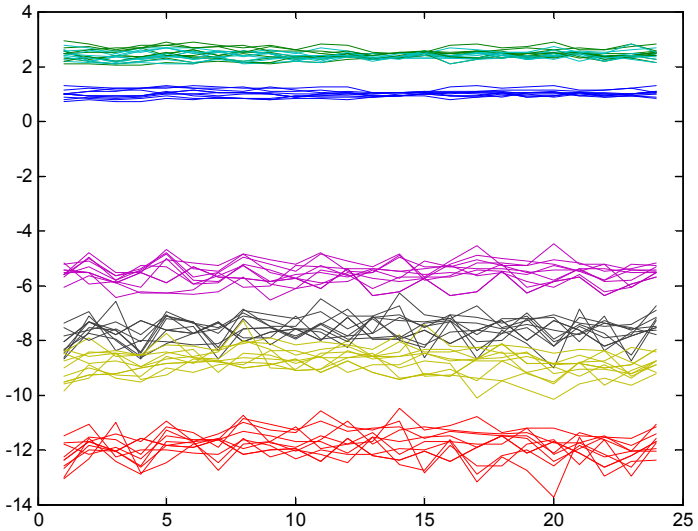


그림 4.23 검증 좌속보 특징 데이터

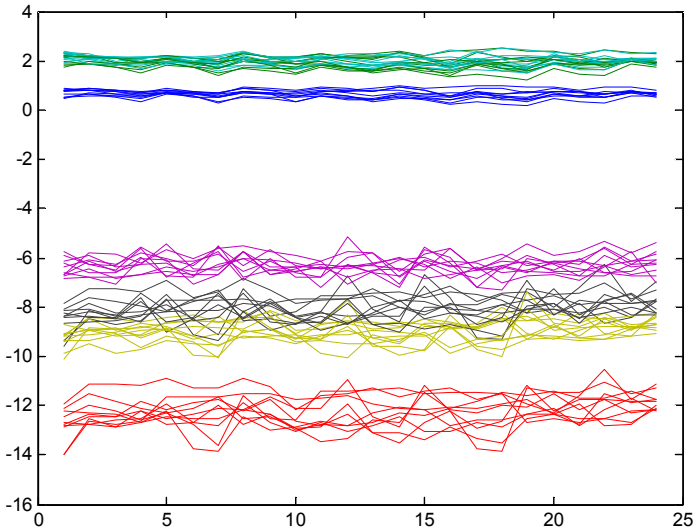


그림 4.24 검증 경속보 특징 데이터

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

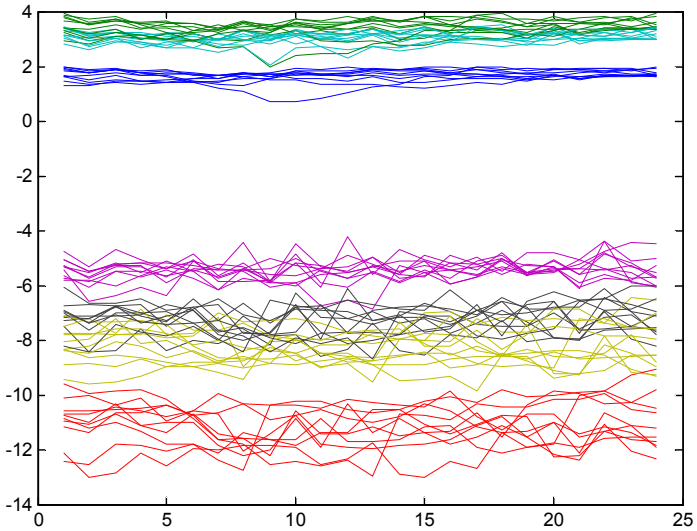


그림 4.25 검증 구보 특징 데이터

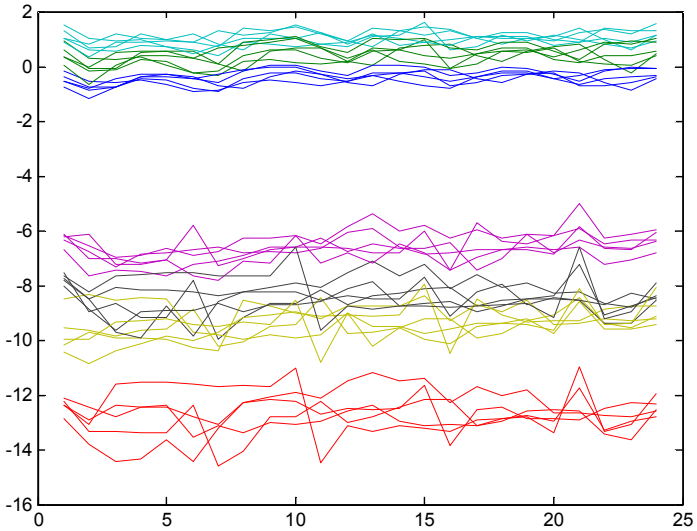


그림 4.26 학습 평보 특징 데이터

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

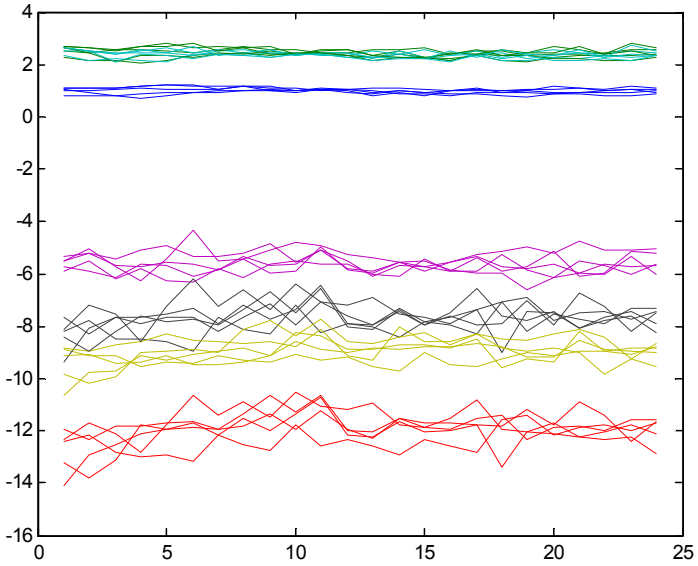


그림 4.27 학습 좌속보 특징 데이터

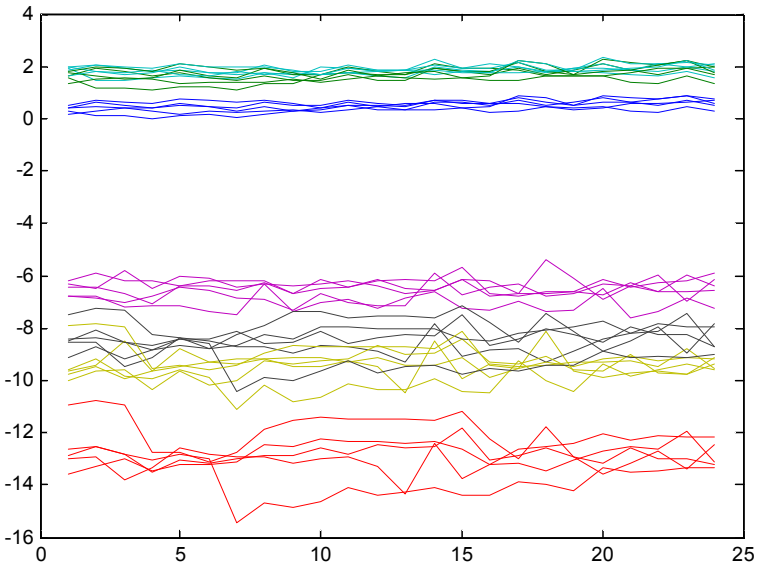


그림 4.28 학습 경속보 특징 데이터

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

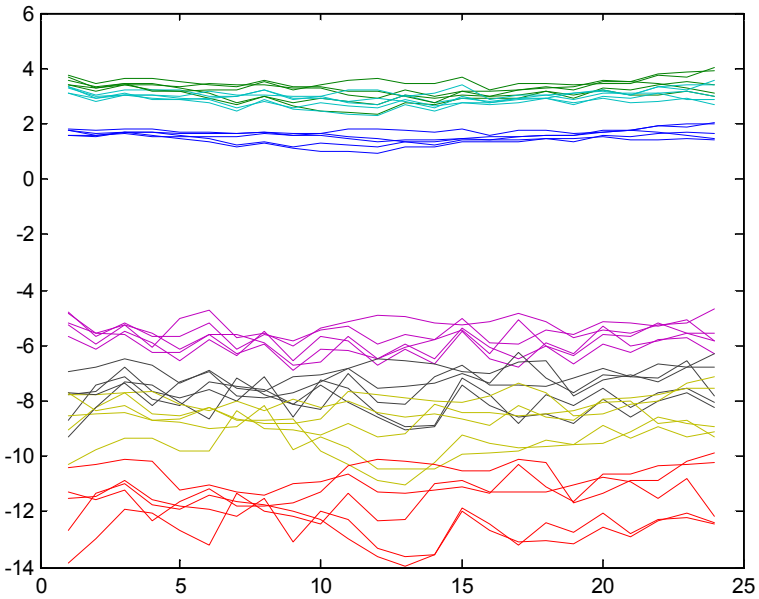


그림 4.29 학습 구보 특징 데이터

제 3절 실험결과

성능 분석을 위해 사용된 컴퓨터의 사양은 CPU 3.4GHz, intel(R) Core(TM) i7-2600이며, 메모리는 4기가바이트이며, 분석을 위해 사용된 소프트웨어는 MATLAB R2014a를 사용하였다. 입력 데이터중에서 학습데이터로는 다중신호 웨이블릿 패킷으로 추출된 데이터 168*20, 검증데이터로는 168*40으로 구성되어있다. 승마 데이터의 입력 데이터중에서 학습데이터로는 1000*20, 검증데이터로는 1000*40으로 구성되어있다. 최초 승마데이터를 입력으로 사용한 경우 유클리디안 거리를 통해 95%, 코사인 유사도 90%를 얻을 수 있었다. 하지만 멀티시그널 웨이블릿 패킷을 이용하여 데이터를 축소하면서, 특징을 추출하여 유클리디안 거리와, 코사인 유사도의 결과 유클리디안 거리는 92.5%로 성능이 조금 떨어졌지만, 코사인 유사도에서 100%의 인식률을 얻을 수 있었다. 신경망 네트워크의 인식률은 95%, 90%이고, 나비브베이즈의 인식률은 100%를 나타내었다. 다음 표 4-3은 분류기에 따른 성능 비교를 보여주고 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 4-4. 분류기의 성능 비교

	유클리디안 거리	코사인유사도	신경망 네트워크	나이브베이즈
승마 데이터	95%	90%	95%	100%
다중 웨이블릿 패킷	92.5%	100%	90%	100%

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

5장 결론

본 논문에서는 16개의 관성센서로 이루어진 무선 네트워크로 구성된 슈트를 착용하고 국가대표급 승마 전문가의 DB를 통해서 말의 종류별(warm blood, thoroughbred), 보법별(Trot, Canter)로 각각 특징들(Elbow Angle, Knee Angle, Backbone Angle, Hip Position, Knee Distant, Elbow Distant)을 유클리디안, 제2코사인, 최대 최소값 계산 방법을 통하여 각각의 값들을 여러 방법(그래프화, 통계화)을 통하여 시각적으로 비교 하며, MVN Stdio software을 이용하여 각각의 승마자의 모션 특징들을 보법별 분석하고 비교하였다. 비교한 결과 말의 종류, 보법의 종류에서 얻은 데이터 특징 값들은 차이가 있음을 볼 수 있었다. 이에 따라 보법 분류나 코칭을 하기 위해서 다중신호웨이블릿 패킷을 이용하여 특징을 추출하고 특징들을 유클리디안 거리, 코사인 유사도의 분류기를 사용하여 알고리즘의 성능을 평가한 결과 기존 승마데이터의 경우 코사인 유사도에서 90%의 인식률의 결과를 얻었지만, 다중신호 웨이블릿 패킷을 이용한 추출의 데이터를 사용한 결과 100%의 인식률의 결과를 얻을 수 있었다. 신경망네트워크도 실험을 해보았지만, 높은 인식률은 얻을 수 없었지만, 나비브베이즈를 적용하였더니 100%의 인식률을 얻을 수 있었다. 실험에서 100%가 나오는 것은 학습데이터수나, 검증데이터수가 부족해서, 데이터가 비슷한 경우이다. 본 논문의 경우 승마 전문가 한사람의 데이터이기 때문에, 데이터가 비슷한 경우이다. 그렇기 때문에, 정확한 결과를 위해서는 많은 사람의 데이터베이스가 필요하다. 많은 데이터베이스를 통한 정보를 얻어 인식률을 얻어야한다. 그 후 승마자가 모션캡쳐 슈트를 착용하고 말을 타고, 보법별로 코스를 주행할 때, 승마자가 현재 타고있는 보법이 어떤 보법인지 인지하여서, 그의 보법에 맞게 각도 분석, 거리분석, 위치분석을 통하여서 실시간으로 코치가 가능한 시스템을 개발할 수 있다. 그렇게 하기 위해서는 더 많은 데이터베이스가 구축 되어야 하고, 특징알고리즘과, 분류알고리즘의 오류율을 최소화 하여 100%에 가깝게 분류 된다면 실시간 코칭 프로그램이 개발이 될 것이다. 향후, 다른 특징 알고리즘을 통해 특징을 추출하고, 유클리디안 거리, 코사인 유사도가 아닌 다른 분류기를 사용하여 실험해 볼 필요가 있다. 승마가 아닌 다른 모션 데이터를 추출하여서 적용 한다면 많은 연구들이 이루어 질수 있을 것 같다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

참고문헌

[1] The mtx system, xsens, http://www.xsens.com.

[2] horse riding, http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=384601&cid=689&categoryId=1458.

[3] How to Horse riding, http://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%8A%B9%EB%A7%88

[4] 김동현, 김승준, 배성수, 김경, “실내승마기 운동이 치매노인의 균형 향상에 미치는 효과”, 대학물리의학회지, vol. 3, no. 4, 2008, pp. 235-246.

[5] 이채우, 김현수, 이인수, “승마 운동이 만성 요통환자의 균형능력에 미치는 영향”, 대학통합의학회지, vol. 2, no. 4, 2014, pp. 101-108.

[6] 이채우, 이인실, 김현수, “승마 운동이 여성 노인의 균형능력에 미치는 영향”, 대학통합의학회지, vol. 1, no. 2, 2013, pp. 59-66.

[7] 이채우, 이인실, 김현수, “승마 운동이 직장여성의 비만도에 미치는 영향”, 대학통합의학회지, vol. 1, no. 4, 2013, pp. 67-74.

[8] 김한철, 김동원, 김현석, 이영애, “승마프로그램이 시각장애 중년여성의 족저압에 미치는 영향”, 한국특수체육학회지, vol. 21, no. 1, 2013, pp. 55-67.

[9] 윤상택, 박병훈, “승마운동 프로그램이 지적장애성인의 신체적, 심리적, 사회적 요인에 미치는 영향”, 한국특수체육학회지, vol. 21, no. 1, 2013, pp. 81-95.

[10] 오운용, 류재청, 김진현, 현승현, “승마 평보와 속보시 기승자세의 운동학적 비교분석”, 한국사회체육학회지, vol. 38, 2009, pp. 741-754.

[11] 홍성남, 김진하, 김홍열, 김아리, “폐경기 여성에서 승마 물질의 비뇨기 위축과 부작용에 대한 효과”, 대한폐경학회지, vol. 18, no. 2, 2012, pp. 106-113.

[12] 허진, 최지영, 정우석, “재활승마에 관련된 연구동향 분석 및 고찰”, 대한의료기공학회지, vol. 12, no. 1, 2011, pp. 9-33.

[13] 홍주연, 김현희, “재활승마가 문제행동 아동의 자기조절능력에 미치는 영향”, 놀이치료연구학회지, vol. 18, no. 1, 2014, pp. 105-120.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

[14] 강영희, 이동윤, 최두석, 윤병구, 이영주, 류미라, “혈관 평활근세포 증식에 대한 국내 자생종 승마의 효과”, 대한폐경학회지, vol. 18, no. 2, 2012, pp. 100-105.

[15] H. J. Luinge, and P. H. Veltink, “Measuring Orientation of Human Body Segments Using Miniature Gyroscopes and Accelerometers,” *Medical & Biological Engineering & Computing*, vol. 43, no. 2, pp. 273-282, 2005.

[16] H. Zhou, T. Stone, N. Harris, “Use of Multiple Wearable Inertial Sensors in Upper Limb Motion Tracking”, *Medical Engineering & Physics*, vol. 30, no. 1, pp. 123-133, 2008.

[17] J. Lee, “Sensor fusion and calibration for motion captures using accelerometers”, *Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation,* pp. 1954-1959, 1999.

[18] R. Zhu, and Z. Zhou, “A Real-Time Articulated Human Motion Tracking Using Tri-Axis Inertial/Magnetic Sensors Package”, *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 12, no. 2, pp. 295-302, 2004.

[19] S. Venkatraman, J. Long, K. Pister, J. Carmena, “Wireless Inertial Sensors for Monitoring Animal Behaviour”, *in Proceedings of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS)*, Lyon, France, pp. 378-381, Aug 2007.

[20] H. Ghasemzadeh, V. Loseu, E. Guenterberg, and R. Jafari, “Sport training using body sensor networks: a statistical approach to measure wrist rotation for golf swing”, *in BodyNets ’09: Proceedings of the Fourth International Conference on Body Area Networks*, pp. 1-8, 2009.

[21] B. Mariani, C. Hoskovec, S. Rochat, C. Bula, J. Penders, K. Aminian, “3D gait assessment in young and elderly subjects using foot-worn inertial sensors”, *Journal of Biomechanics*, pp. 2999-3006, 2010.

[22] J. Yujin, K. Donghoon, K. Jinwook, “Upper Body Motion Tracking With Inertial Sensors”, *proc. IEEE International Conference on Robotics*

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

and Biomimetics, pp. 1746-1751, 2010.

[23] S. Lijun, Q. Yongyuan, "A Practical Calibration Method on MEMS Gyroscope", *PIEZOELECTRICS & ACOUSTOOPTICS*, Vol.32, No.3, pp. 372-374, 2010.

[24] R. Wei, Z. Tao, Z haiyun, W. Leigang, "A Research on Calibration of Low-Precision MEMS Inertial Sensors", *IEEE Transactions on Control and Decision Conference*, pp. 3243-3247, 2013.

[25] N. Cao, S. Young, K. Dang, "3D Dynamics Analysis of a Golf Full Swing by Fusing Inertial Sensor and Vision data", *International Conference on Control, Automation and Systems*, pp. 1300-1303, 2013.

[26] J. PyeongGook, L. Gukchan, K. Kyoungchul, "A Mobile Motion Capture System Based on Inertial Sensors and Smart Shoes", *IEEE Transactions Robotics and Automation*, pp. 692-697, 2013.

[27] J. Chan, H. Leung, J. Tang, T. Komura, "A virtual reality dance training system using motion capture technology", *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 4, no. 2, pp. 187-195, 2011.

[28] 고경리, 배성봉, 최장식, 반성범, "셀프-코칭을 위한 관성센서 기반 인체모션 취득 시스템 구현", 한국정보기술학회논문지, vol. 12, no. 4, 2014, pp. 171-179.

[29] 임성진, "동작분석기법을 활용한 골프코칭시스템 개발", 대한안전경영과학회지, vol. 15, no. 2, 2013, pp. 55-61.

[30] 고경리, 채승훈, 배성봉, 최장식, 반성범, "척추질환 예방용 4개 관절 기반 모션캡쳐 시스템 연구", 한국정보기술학회논문지, vol. 12, no. 8, 2014, pp. 157-165.

[31] L. Cheng, S. Hailes, "Analysis of Wireless Inertial Sensing for Athlete Coaching Support", *Global Telecommunications Conference*, pp. 1-5, 2008.

[32] D. Connaghan, P. Kelly, N. Connor, M. Gaffney, "Multi-Sensor Classification of tennis strokes", *IEEE trans. Sensors*, pp. 1437-1440, 2011.

[33] R. Burchfield, S. Venkatesan, "A Framework for Golf Training Using

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

Low-Cost Inertial Sensors”, *IEEE International Conference on Body Sensor Networks*, pp. 267-272, 2010.

[34] 패턴인식개론, 한빛미디어.

[35] 웨이블릿, http://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%9B%A8%EC%9D%B4%EB%B8%94%EB%A6%BF.

[36] N. Rami, S. Kodagoda, S. Lal, G. Dissanayake, "Driver Drowsiness Classification Using Fuzzy Wavelet-Packet-Based Feature-Extraction Algorithm", *IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING*, Vol. 6, no. 1, pp 1-11, 2010.

[37] 신경망 네트워크, http://datawaffle.com/f_DataMining/9688.

[38] P. Domingos, M. Pazzani, "On the optimality of the simple Bayesian classifier under zero-one loss", *Machine Learning*, vol. 29, pp. 103-130, 1997.

[39] C. Lingand, H. Zhang, "The representational power of discrete Bayesian networks", *Journal of Machine Learning Research*, vol. 3, pp. 709-721, 2002.

Collection @ chosun