

연속 촬영 이미지를 이용한 Mouse의 운동 능력 평가 시스템

곽 호 영*, 허 지 순**, 이 원 주***

A New Locomotor Evaluation System for Mouses Based on Continuous Shooting Images

Ho-Young Kwak*, Jisoon Huh**, Won Joo Lee***

요 약

본 논문에서는 연속 촬영 이미지를 이용한 실험용 쥐의 운동 능력 평가 시스템을 제안한다. 의학이나 수의학 분야에서는 인류의 양질의 삶을 위해 mouse를 이용한 동물실험을 실시하고 있다. 특히 실험용 쥐(mouse)를 이용한 실험 중에는 인위적인 부상(injury)을 만들고, 다양한 처치를 통하여 그 부상에서 회복되는 정도를 측정하는 실험을 많이 하고 있다. 이러한 실험에서 그 동안의 전통적인 운동량 측정 방법은 사람이 직접 관찰하는 방법으로 이루어지고 있었다. 제안한 시스템은 실험용 쥐에 대한 움직임을 정해진 단위 시간동안 연속 촬영을 실시하고, 이 연속 촬영된 이미지에서 mouse의 외곽선을 point cloud로 추출한다. 추출된 point cloud를 이용하여 mouse의 몸통에 대한 내부 외곽선(interior contour line)을 다시 추출한 후, 이를 이용하여 그 중심점을 구하고, 이들 중심점들을 연결하여 거리를 계산하여 누적함으로써 mouse가 단위 시간동안 이동한 총 거리를 자동 계산하도록 하는 시스템을 설계하고 구현한다.

▶ Keywords : 연속 촬영 영상, 운동 능력 평가, point cloud, 중심점, 이동 거리

Abstract

In this paper, we propose a locomotor evaluation System for mouse based on continuous shooting images. In the field of veterinary medicine and animal studies are subjected to using the mouse for the quality of human life. In particular, during the experiments using the artificially created mice injury, through a variety of scoring and a lot of experiments to measure the extent of recovery from the injury.

•제1저자 : 곽호영 •교신저자 : 이원주

•투고일 : 2014. 12. 23, 심사일 : 2015. 1. 14, 게재확정일 : 2015. 1. 27.

* 제주대학교 공과대학 컴퓨터공학과(Dept. of Computer Engineering, College of Engineering, Jeju National University)

** 제주대학교 의학전문대학원 신경외과(Dept. of neurosurgery, School of Medicine, Jeju National University)

*** 인하공업전문대학 컴퓨터정보과(Dept. of Computer Science, Inha Technical College)

※ 본 논문은 2014학년도 제주대학교 학술진흥연구비지원사업에 의하여 연구되었음.

The traditional method of measuring the quantity of exercise while in this experiment was made of a method for directly observing person. The proposed system performs the continuous shooting per unit of time specified by the movement of the mouse is extracted from a continuous image shooting with the outline of a mouse point cloud. And using the extracted point cloud to extract again the inner contour of the body of the mouse. So using the new point cloud obtained its center, Then, using the center point calculated by accumulating the distance between two points on locomotor evaluation system design and implement to obtain the total distance the mouse moves over a unit of time.

▶ Keywords : Continuous shooting images, Locomotor evaluation, Point cloud, Centroid, Moving distance

I. 서론

오늘날 의학이나 수의학 분야에서는 인류의 양질의 삶을 위해 다양한 동물 실험이 이루어지고 있다. 이러한 실험을 토대로 하여 인간을 치료하는 방법을 연구하고, 새로운 방법을 발견함으로써 인류를 이롭게 하고 있다. 이러한 동물 실험의 대상 중 가장 많이 이용되고 있는 동물이 쥐(rat 또는 mouse)이다. 특히, 신경외과나 재활의학 분야의 실험에서는 실험 쥐를 대상으로 인위적인 부상(injury)을 입힌 후, 다양한 처치를 통한 회복 정도를 측정하는 방법이 자주 이용되고 있다[1][2][3].

이러한 실험에서 전통적인 방법은 부상을 입은 실험 쥐에 대해 회복된 정도나 운동 능력 정도를 측정하는데 있어 사람이 직접 눈으로 관찰하여 그 정도를 수기로 적는 방법을 통하여 통계적 처리를 실시하고 있다. 그러나 이러한 실험 측정 방법은 관찰자의 주관적 해석이 작용할 수 있게 됨으로써 그 측정 결과에 대한 정확성을 떨어뜨릴 수 있게 되고, 그로 인해 해당 연구의 결과에 대한 신뢰도를 저하시키는 요인이 되고 있다[4].

따라서 본 논문에서는 주관적 해석이 가능한 관찰의 방법을 탈피하여 실험 쥐를 주어진 단위 시간 동안 연속 촬영된 이미지를 이용하여 필요한 부분(실험 쥐의 모습)만을 백터 형식의 점(point cloud)들로 추출하고, 추출된 백터 정보를 이용하여 실험 쥐가 이동한 거리를 자동으로 측정할 수 있도록 하는 시스템을 설계하고 구현함으로써 의학 분야나 수의학 분야의 동물 실험에서 운동 능력 측정에 대한 정확성과 신뢰성을 높일 수 있도록 하는 방법을 제공하고자 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 연속 촬영 영상 획득 장치 및 스마트 폰 어플리케이션에 대하여 소개하고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 mouse의 운동 능력 측정 평가 시스템에 대하여 설명한다. 4장에서는 운동 능력 측정 실험 및 결과를 제시하고 5장에서 결론을 맺는다.

II. 연속 촬영 영상 획득 장치

1. 연속 촬영 영상 획득 장치의 설계

일반적으로 동물 실험에 많이 이용되는 실험 쥐에는 두 가지 종류가 있다. 체형이 비교적 큰 Rat와 작은 쥐인 mouse가 있다. 본 논문에서는 실험용 쥐의 종류 중 가장 작은 실험용 쥐인 mouse의 움직임을 촬영할 수 있는 장치를 설계한다. mouse 움직임 촬영 장치는 그림 1과 같다.

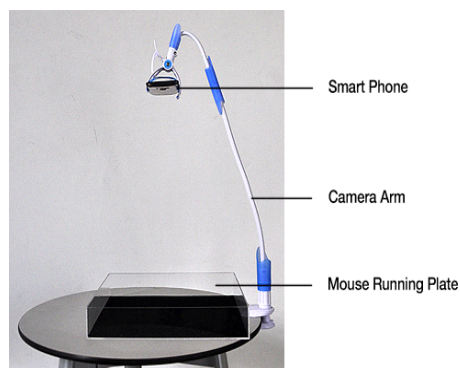


그림 1. Mouse 움직임 촬영 장치
Fig. 1. Mouse motion photographing unit

그림 1에서 보인 바와 같이 촬영 장치는 카메라와 카메라를 고정할 수 있는 고정대, mouse가 움직일 수 있는 일정 공간 크기를 갖는 운동 틀(mouse plate)로 구성되어 있다. 카메라는 스마트폰을 이용하고, 스마트폰의 자동 연속 촬영 앱을 이용하여 일정 시간동안 정지 영상을 정해진 시간 간격으로 촬영한다.

2. 연속 촬영 스마트폰 어플리케이션

본 논문에서 사용된 연속 촬영을 위한 스마트폰 어플리케이션은 그림 2와 같은 “무제한 연속 촬영”이라는 안드로이드용 앱 [5]을 이용한다. 이 어플리케이션은 안드로이드 운영체제의 스마트폰에서는 무료로 다운 받아 이용이 가능한 앱이다. 새로운 연속 촬영 앱을 설계하고 구현하여 본 시스템에 적용할 수도 있으나 본 논문에서는 연속 촬영된 이미지를 이용하여 mouse의 운동 능력을 측정하는 것이 목표이기 때문에 촬영을 위한 프로그램은 기존의 양호한 무료 앱을 이용한다.

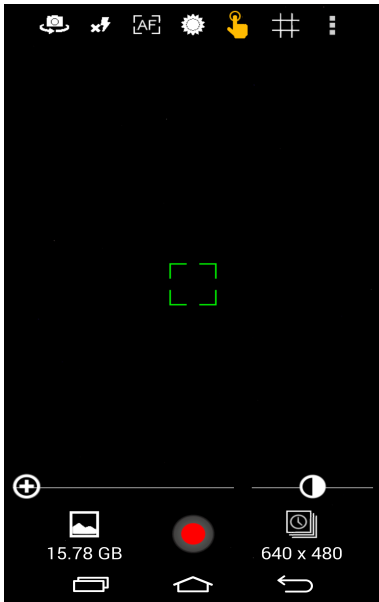


그림 2. 무제한 연속 촬영 앱
Fig. 2. Limitless continuous shooting application

III. 운동 능력 측정 평가 시스템

1. Mouse 이미지 추출 및 분석 시스템

연속 촬영된 mouse의 이미지를 이용하여 point cloud를

추출하고, 필요한 분석 및 측정을 할 수 있는 시스템의 구조는 그림 3과 같다.

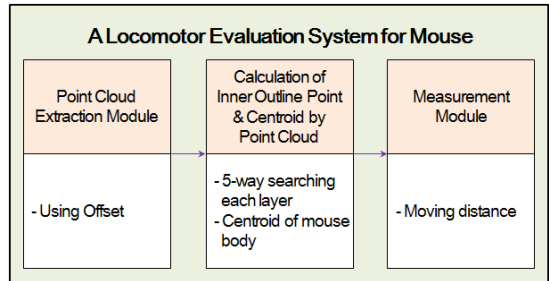


그림 3. Mouse 운동 능력 평가 시스템의 구조도
Fig. 3. Structure of Locomotor Evaluation System for Mouse

Mouse 운동 능력 평가를 위한 영상 추출-분석 시스템은 다음과 같이 크게 3개의 모듈로 구성되어 있다.

1) Point cloud 추출 모듈

연속 촬영된 mouse 운동 이미지에서 Point cloud 추출 Module은 단위 시간동안 연속으로 촬영된 Mouse의 이동 영상들을 읽어 point cloud로 추출하고자 하는 mouse 몸체 부분을 선택하고 추출한다.

2) Mouse의 중심점(centroid)을 구하는 모듈

이 모듈은 추출된 point cloud 데이터를 이용하여 Mouse 몸체의 내부 외곽선을 선택하여 mouse의 중심점(centroid)을 구한다. 이때 mouse 몸체의 내부 외곽선은 5-way searching 방법[11]을 이용하여 검출한다.

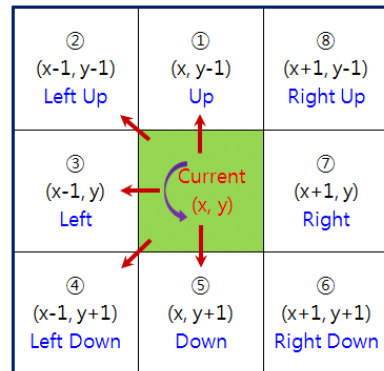


그림 4. 5-방향 검색 방법(6)
Fig. 4. 5-way searching method

그림 4와 같이 5-방향 검색은 현재의 기준 위치를 중심으로 상, 좌상, 좌, 좌하, 하의 다섯 방향으로 차례대로 검색하여 검색 방향에 해당 점이 존재하면 기준 점을 그 점으로 옮기고 탐색 방향의 기준은 바로 이전에 시작했던 방향으로 검색한다. 만일 이 5개의 방향에서 모두 점이 검색되지 않으면, 검색 방향을 45도 반시계 방향으로 틀어서 다시 5 방향 검색을 시도하여 점을 찾아 가는 방법이다. 이렇게 반시계 방향으로 찾아가면 내부 외곽선이 검출하게 된다.

3) Mouse 이동거리 계산 모듈

이 모듈은 추출된 point cloud를 이용하여 계산된 중심점 (centroid)을 2차원으로 평면화 하고, 각 평면 좌표들에서 순서대로 두 점간의 거리를 계산한다. 인접한 레이어 이미지들 간의 중심점 좌표를 토대로 계산한다. 각각의 중심점 좌표들 간의 거리를 모두 합산한 결과가 mouse가 단위 시간당 이동한 총 이동 거리가 된다.

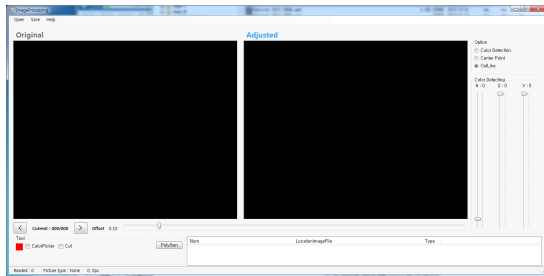


그림 5. 구현된 Mouse Point cloud 추출 소프트웨어(8) (9)
Fig. 5. The implemented software for point clouds extraction

그림 5는 연속 촬영된 Mouse 이미지 파일을 이용하여 Point Cloud를 추출하고, 추출된 point cloud를 이용하여 이동 거리를 계산함으로써 Mouse의 운동 능력을 평가할 수 있는 소프트웨어의 실행 결과이다.

그림 6은 연속 촬영된 이미지를 이용하여 Point Cloud 추출 및 중심점을 구하는 과정을 보인 흐름도이다. 이 흐름도의 설명은 다음과 같다.

- ① Mouse의 운동 능력을 계산하기 위해 단위 시간 동안 연속 촬영된 이미지들을 입력한다. 단
- ② 이미지 파일 Header를 이용하여 JPG, GIF, PNG 등의 이미지 형식과 해당 이미지의 크기, 밀도 등 다양한 이미지 파일의 형식을 파악한다.
- ③ Offset 설정을 통하여 추출하고자 하는 mouse 몸체의 경계값을 설정한다.

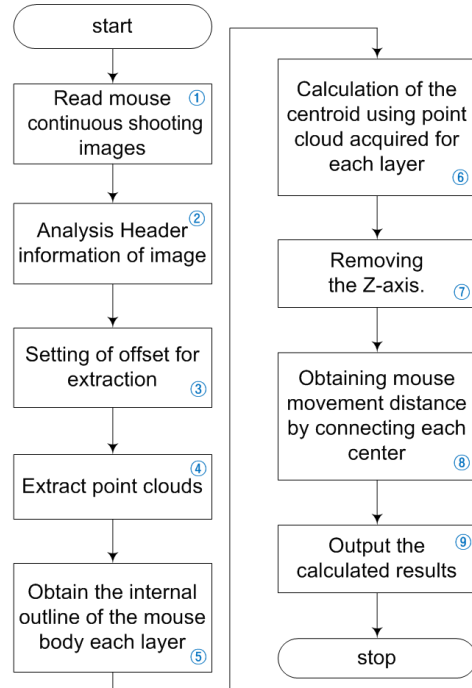


그림 6. 연속 촬영 이미지 파일을 이용한 Point Cloud 추출 및 측정 흐름도

Fig. 6. Flow diagram of point clouds extraction and measurement in continuous shooting image

- ④ 설정된 offset 값을 이용하여 mouse 형태를 각 레이어마다 point cloud로 추출한다.
- ⑤ 추출된 point cloud 데이터를 이용하여 각 레이어마다 mouse 형태의 내부 외곽선을 획득한다.
- ⑥ 각 레이어마다 획득한 내부 외곽선 point cloud를 이용하여 mouse 몸체의 중심점을 구한다. 중심점은 식 (1)에 의하여 구할 수 있다[7].

Centroid :

$$C_x = \frac{1}{6A} \sum_{i=0}^{N-1} (x_i + x_{i+1})(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)$$

$$C_y = \frac{1}{6A} \sum_{i=0}^{N-1} (y_i + y_{i+1})(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i) \dots\dots(1)$$

- ⑦ 각 레이어마다 계산된 중심점에서 Z축 값을 제거하여 2차원 평면으로 사상시킨다.
- ⑧ 2차원 평면상의 각 중심점들을 연결하여 mouse가 이동한 거리를 구한다. 두 점간의 거리 계산은 2차원 평

면의 경우 피타고라스 정리를 이용한 식 (2)에 의해 구할 수 있다(7).

Distance :

$$Distance(2D) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \dots\dots\dots(2)$$

⑨ 계산된 결과값을 출력한다.

IV. 운동 능력 측정 및 결과 분석

1. 실험 환경

본 논문에서 사용된 연속 촬영을 위한 스마트폰 어플리케이션은 표 1과 같이 촬영 장치 및 카메라를 설정하여 연속 촬영 가능하도록 설정한다.

표 1. 실험 환경
Table 1. Experiment environment

Item	Value
Mouse Plate	350 x 350 mm 아크릴 Box
촬영 이미지의 크기	640x480
촬영 이미지 저장 형식	JPG
촬영 단위 시간	60초
연속 촬영 간격	0.5초
총 촬영 이미지	120장

표 1과 같이 설정된 실험 환경으로 촬영한 이미지들을 mouse point cloud 추출 소프트웨어에 입력하여 mouse에 대한 point cloud 설 데이터를 얻는다.

2. 실험 및 결과분석

첫 번째 실험에서는 정상적인 운동 능력을 지닌 mouse의 움직임을 1분(60초)동안 0.5초 간격으로 연속 촬영한 결과는 그림 7과 같다.

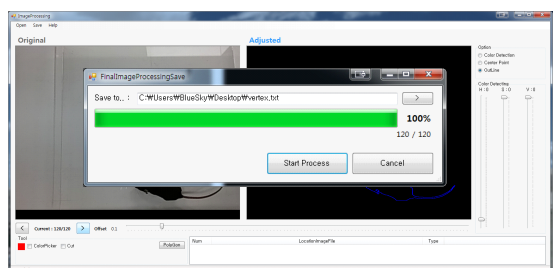
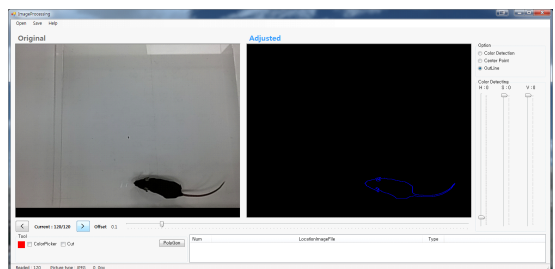
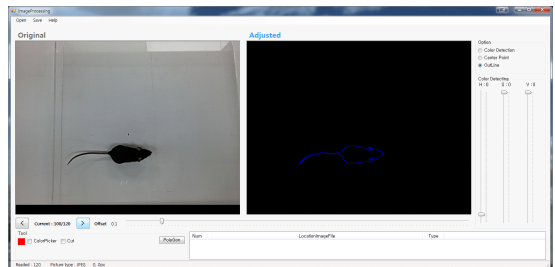
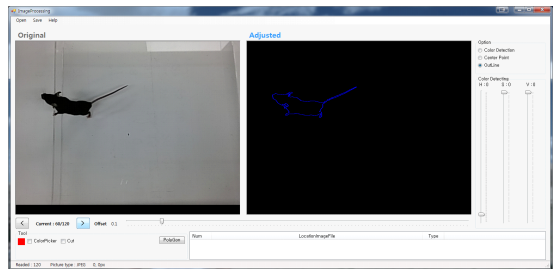
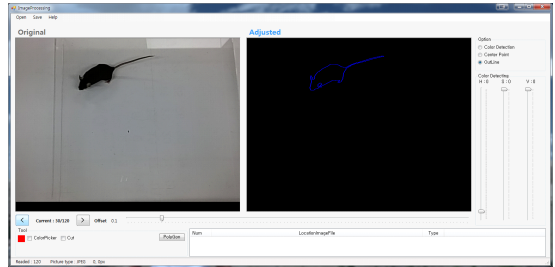
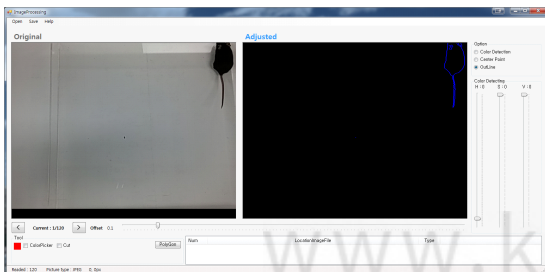


그림 7. 정상 운동 능력을 지니고 있는 mouse에 대한 이미지로부터 Point Cloud의 추출

Fig. 7. Extraction from point cloud for the mouse images with a normal exercise capacity

그림 10의 결과에서 정상 mouse의 경우 단위 시간 60초 동안 mouse plate에서 움직인 총 거리는 약 1,158 mm임을 알 수 있었다. 이 값은 640x480 pixel, 72dpi의 해상도를 갖는 이미지를 가지고 pixel 단위의 point cloud로부터 계산한 것이다. 따라서 수식 (2)에 의해 두 점 간의 계산된 거리로 알 수 있는 mouse의 총 이동 거리(TD: Total Distance)를 실제 mm 단위로 환산된 거리(D_{mm})는 식 (3)으로 구할 수 있다.

$$D_{mm} = \frac{TD}{72(dpi)} * 25.4(mm).....(3)$$

Mouse plate의 크기가 350 × 350mm인 점을 고려하여 그림 11에서 보인 mouse 이동 그래프를 보면 대략 좌우로 총 5회 정도 이동하였으며, 그 이동 거리가 총 1m 이상 되는 것을 육안으로도 확인할 수 있었다.

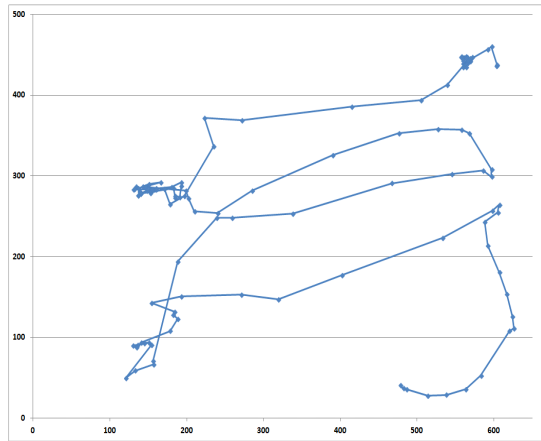


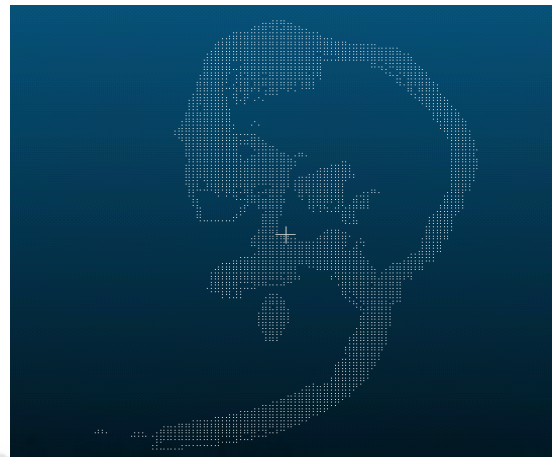
그림 11. 중심점을 이용하여 mouse의 이동 그래프
Fig. 11. A moving graph of the mouse using a calculated centroid

그림 11에서 보는 바와 같이 mouse 이동 그래프를 보면 거리의 계산 결과뿐만 아니라 mouse 움직임 특성도 동시에 파악할 수 있어 필요한 mouse의 운동 능력 평가에 유용함을 알 수 있다.

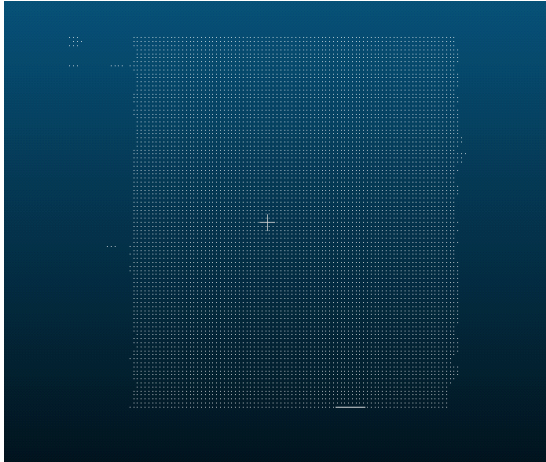


그림 12. 부상 입은 mouse에 대한 이미지로부터 Point Cloud의 추출
Fig. 12. Extraction from point cloud for the injured mouse images

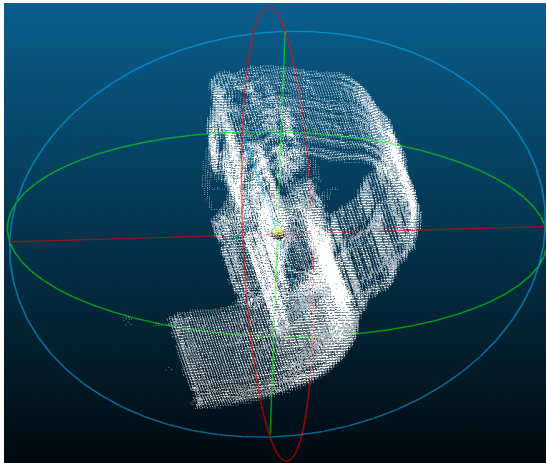
두 번째 실험은 척추 부상을 입은 mouse(injured mouse)에 대한 운동 능력을 측정한다. 실험 환경은 첫 번째 실험과 동일하다.



(a) Top view of extracted point cloud



(b) Front view of extracted point cloud



(c) 3D view of extracted point cloud

그림 13. 추출된 point cloud 데이터를 평면도, 정면도, 3D 이미지
Fig. 13. Plan view, front view and 3D view of the extracted point cloud data

그림 12는 척추 부상을 입은 mouse의 촬영된 이미지를 이용하여 point cloud를 추출하는 과정 중 일부이다. 이 추출과정에서 적용한 Offset 값은 0.16으로 설정하여 추출을 실시하였다. 프로그램 실행에 의해 mouse 형태로 추출된 총 point의 수는 86,548개이다. 이 데이터를 평면도와 정면도 그리고 입체도의 형식으로 변환한 결과는 그림 13과 같다.

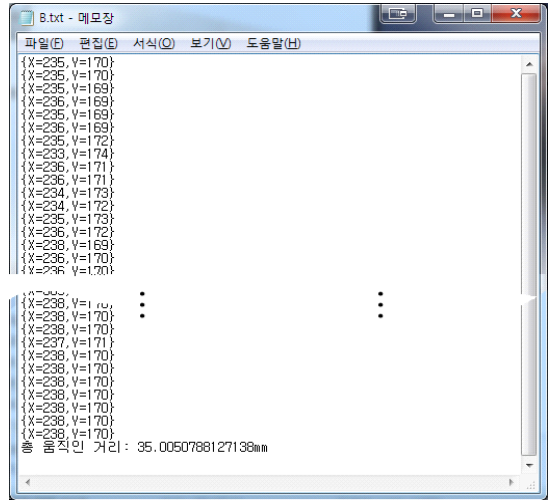


그림 14. 부상 mouse의 총 이동 거리 연산 결과
Fig. 14. The total moving distance of the injured mouse

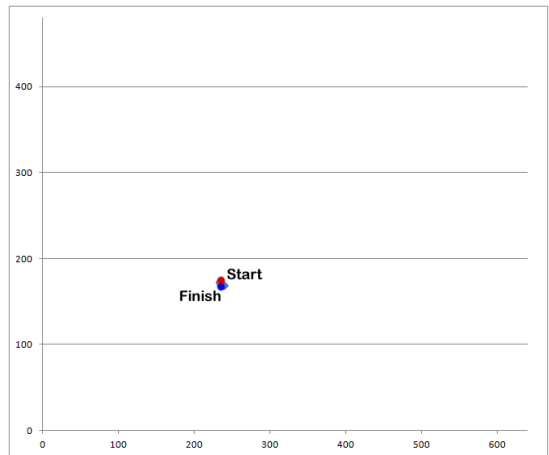


그림 15. 부상 입은 mouse의 이동 그래프
Fig. 15. A moving graph of the injured mouse

그림 14의 결과에서 척추 부상을 입은 mouse의 경우 단위 시간 60초 동안 움직인 총 거리는 약 35 mm임을 알 수 있다. 이 부상 mouse는 그림 12에서 보는 것과 같이 측면으로 누워서 약간의 버둥거리는 움직임만을 보인다. 이러한 움직임이 중심점의 값을 조금씩 변형했기 때문에 총 누적 이동 거리가 35mm 정도이다.

V. 결론

를 목적으로 다양한 동물 실험이 실시되어 왔다. 그러나 최근 에 화두가 되고 있는 융합은 기계, 전자, 재료 분야와 의학, 수의학 분야와의 융합이 이루어져 새로운 장치 개발에 중점을 두고 진행되고 있다. 그동안의 주관적 측정 방법을 이용하던 의학수의학 분야에도 최근에는 영상, 음향 등 다양한 정보가 이러한 실험에서 보다 객관적이고 정확한 측정 결과를 얻을 수 있도록 하고 있다.

본 논문에서는 단위 시간 동안 일정한 간격으로 연속 촬영된 영상 이미지 데이터를 이용하여 해당 영상에서 필요한 부분을 point cloud의 벡터 정보로 추출할 수 있도록 하였다. 또한 추출된 point cloud 데이터를 기반으로 mouse의 운동 능력을 측정할 수 있는 시스템을 설계하고 구현하였다. 운동 능력 측정 실험 및 결과 분석에서 연속 촬영된 이미지를 기반으로 자동으로 mouse의 누적 이동 거리를 측정할 수 있었다. 이 시스템을 이용하면 그동안 주관적 관찰 방법으로 측정해오던 운동 능력 평가 절차를 간편하게 자동으로 처리하며, 신뢰성과 정확성 있는 결과를 얻을 수 있었다.

본 논문에서 구현된 시스템은 연속 촬영과 이미지 처리 부분이 별개의 모듈로 개발되어 있다. 따라서 사용자 인터페이스를 개선하고, 촬영에서 결과 도출까지 편리하게 이용할 수 있도록 기능을 향상시킬 예정이다.

참고문헌

[1] H. Barbeau, M. Ladouceq, K. E. Norman, A. Pepin, A. Leroux, "Working and Spinal Cord Injury," Arch Phys Med Rehabil, Vol. 80, pp.225-235, Feb. 1999.

[2] A. S. Rivlin, C. H. Tator, "Objective Clinical Assessment of Motor Function after Experimental Spinal Cord Injury in the Rat," Journal of Neurosurgery, Vol. 47. No. 4, pp.577-581, 1977.

[3] G. Koopmans, R. Deumens, W. Honig, F. Hamers, H. Steinbusch, W. Joosten, "The Assessment of Locomotor Function in Spinal Cord Injured Rats: The Importance of Objective Analysis of Coordination," Journal of Neurotrauma, Vol. 22, No. 2, pp.214-225, Feb. 2005.

[4] D. Y. Kim, "Animal Model of Stroke," Brain & NeuroRehabilitation, Vol.4, No.1, pp.1-11, Mar. 2011.

[5] D. K. Kim, "Infinite Shot," Android App, 2014.

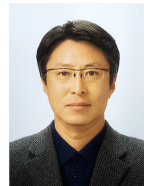
[6] H. Y. Kwak, K. B. Sim, J. S. Huh, T. K. Shin, Y. S. Lee, "The Design and Implementation of Cell Image Analysis System," International Journal of Advancements In Computing Technology, Vol.5, No.11, pp.284-291, Nov. 2013.

[7] J. H. Cho, "Measurement," Sungandang, pp.250-280, 2013.

[8] A. Troelsen, "Pro C# and the NET 4 Platform," Apress, 2010.

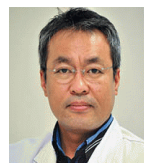
[9] <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh438998.aspx>

저 자 소 개



곽 호 영

1983: 홍익대학교 전자계산학과 이학사
 1985: 홍익대학교 대학원 전자계산학과 이학석사
 1990: 홍익대학교 대학원 전자계산학과 이학박사
 현재: 제주대학교 공과대학 컴퓨터공학과 교수
 관심분야: IT-의료 융합, USN, 소프트웨어시스템
 Email : kwak@jejunu.ac.kr



허 지 순

1996: 아주대학교 의과대학 의학과 의학사
 2001: 전문의 의학박사
 현재: 제주대학교 의학전문대학원 신경외과학교실 교수
 관심분야: 신경외과학, 의료정보시스템
 Email : nsdrhuh@jejunu.ac.kr



이 원 주

1989: 한양대학교 전자계산학과 공학사.
 1991: 한양대학교 컴퓨터공학과 공학석사.
 2004: 한양대학교 컴퓨터공학과 공학박사.
 현 재: 인하공업전문대학 컴퓨터정보과 교수.
 관심분야: 병렬처리시스템, 모바일컴퓨팅, 성능분석, 클라우드컴퓨팅, N-스크린 서비스
 Email: wonjoo2@inhatec.ac.kr