

The Design and Implementation of Mouse Activity Measurement System using Infrared Sensor

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

Abstract

In this paper, we design and implement a mouse movement measurement system using an infrared sensor called MAMS (Mouse Activity Measurement System). Unlike existing systems, MAMS can measure movements between IREDS. MAMS is removable allowing convenient portability and is also low cost. MAMS automatically measures mouse activity during a pre-set time interval. Since the measured data can be easily stored in a computer system, it is much simpler and more efficient than the Ugo 47420 model. Moreover, MAMS can be used in medical and veterinary field to eliminate manual observations.

▶ Keyword : Mouse, Degree of recovery, Amount of movement, Infrared sensor, Measurement system

I. Introduction

오늘날 인류는 건강 유지와 치료를 목적으로 의학이나 수의학 분야에서 다양한 동물 실험이 이루어지고 있다[1-4]. 이러한 동물 실험은 빈번하고 지속적으로 실행되고 있는 실정이다. 동물 실험의 대상으로 쥐(rat 또는 mouse)를 가장 많이 이용하고 있다. 쥐는 비교적 다루기 쉽고, 번식력이 뛰어나기 때문에 실험 재료로서 공급이 쉬운 편이다. 특히, 신경외과학이나 재활의학 분야, 그리고 수의과학 분야 실험에서는 실험용 쥐를 대상으로 부상(injury)을 입은 마우스의 회복 능력을 관찰하거나 다양한 처치를 통해 회복 속도의 정도를 측정하는 방법과 집단 움직임 형태 또는 움직임 정도를 측정하는데 자주 이용되고 있다.

그러나 기존에는 사람의 목측 관찰 방법에 의한 주관적 해석을 실시하고 있었으나 최근에는 과학적이고 객관적이며 신뢰할 수 있는 다양한 측정 방법에 대한 연구를 진행하고 있다. 그리고 그에 따른 다양한 측정 방법과 장치들을 개발하고 있

다. 이와 같이 주관적 측정 방법보다는 자동 측정 방법에 대한 요구가 점차 증가하면서 이에 필요한 하드웨어 장치와 소프트웨어를 융합한 측정 시스템이 다양하게 요구되고 있다.

따라서 본 논문에서는 기존의 측정 시스템을 개선하여 적외선을 이용한 새로운 측정 시스템을 설계하고 구현한다. 이 시스템은 MAMS(Mouse Activity Measurement System)로 센서의 능력과 종류, 적용 방식을 개선한 측정 방법을 적용함으로써 실험용 쥐들의 동적 움직임에 대한 빈도 측정이 가능하다. 그리고 장시간 동안에도 설정된 시간 값에 따라 해당 시간 간격에 자동적으로 쥐의 움직임 정도를 측정하여 저장한다.

본 논문의 구성은 2장에서 관련 연구에 대하여 기술하고, 3장에서 마우스 움직임 측정 시스템의 설계하고, 구현한다. 그리고 4장에서는 측정된 실험 결과를 분석하고, 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대하여 제시한다.

• First Author: Ho-Young Kwak, Corresponding Author: Won Joo Lee

*Ho-Young Kwak(kwak@jejunu.ac.kr), Department of Computer Engineering, Jeju National University

**Jisoon Huh(nsdruh@jejunu.ac.kr), Department of Neurosurgery, School of medicine, Jeju National University

***Won Joo Lee(wonjoo2@inhac.ac.kr), Department of Computer Science, Inha Technical College

• Received: 2016. 12. 13, Revised: 2016. 12. 23, Accepted: 2016. 12. 27.

• "This research was supported by the 2016 scientific promotion program funded by Jeju National University"

II. Related works

1. Mouse Motion Measurement System

기존에 널리 사용하고 있는 이탈리아의 Ugo Basile社 47420 모델의 측정 시스템은 Fig. 1과 같다[5].

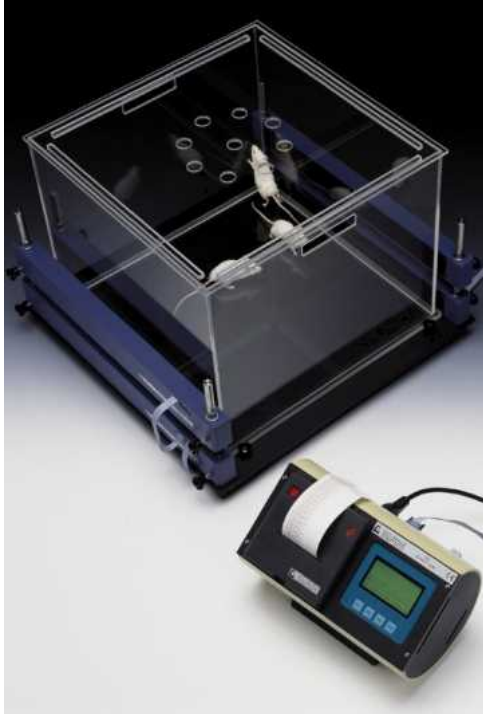


Fig.1. The Ugo Basile 47420 Multiple Activity Cage

Fig. 1의 시스템은 쥐(rat) 및 생쥐(mouse)에 대한 개별 또는 그룹의 자발적인 협동 활동 및 시간의 변화에 따라 움직임을 기록할 수 있는 장치이다. 이 모델은 전자 장치 부분과 I.R. Beam, Cage로 구성되어 있으며, 수평 및 수직 활동에 대한 센싱을 위한 2 세트의 이미터/센서 배열로 만들어져 있다. 전자 장치에는 흑백 그래픽 디스플레이와 감열식 프린터가 장착되어 있어 측정 결과를 감열식 프린터를 통하여 종이에 출력되어 진다. 이 전자 장치를 통하여 환경 설정 값을 세팅할 수 있게 하고 있다.

Table 1. Features & Benefits of Multiple Activity Cage 47420 in Ugo Model

Features	Benefits
IR photocells arrays of adjustable height	Same instrument for rats and mice
2 pairs of IR photocells arrays	Measure locomotion and rearing
Embedded printer, memory and software	GLP compliant, stand-alone

Cage 안에서 동물(쥐)이 만드는 움직임은 하나 이상의 IRED 빔을 방해하게 되고, 방해된 센서에 대해 전자 장치의

내부 메모리에 의해 카운트되어진다. 기록된 IRED 빔의 중단은 사용자가 동물 활동에 대해 평가하고 분석할 수 있게 한다.

Fig. 1의 multiple activity cage의 특성 및 장점은 Table 1과 같다. 그리고 multiple activity cage의 사양은 Table 2와 같다.

Table 2. Specifications of Multiple Activity Cage 47420 in Ugo Model

General	
Commands	via "soft keys"
Starting	via command keyboard on the electronic unit
Read-out	multifunction graphic display
Print-Out	Incorporated thermal Printer
Power Requirement	115 or 230 V, 50/60 Hz, 20W max.
Sound Level	< 60 dB (A)
Operating Temperature	18° to 40° C
Connection to PC	through DELTA 9-pin connector
Physical	
Dimensions	27(w)x16(d)x19(h)cm - Electronic Unit 54(w)x50(d)x37(h)cm - Animal Cage
Weight	2.7Kg - Electronic Unit 11.8Kg - Animal Cage with sensors 7435/7436
Shipping Weight	26Kg approx.
Shipping Dimensions	80x60x44cm (single cage system)

2. Disadvantages of the previously developed system

기존의 Ugo Basile社의 47420 모델은 측정치에 대한 결과값을 감열식 프린터로 출력하여 제공하기 때문에 연구자들이 이를 다시 정리해야하는 불편함이 있었다. 물론 RS-232C 포트를 통하여 컴퓨터로 자료를 전송할 수 있지만 보통 동물실험실에는 전자적 신호로 인한 동물들의 불안감을 없애기 위해 컴퓨터 시스템을 근접거리에서 사용하지 않는 경우가 대부분이다. 이 경우 RS-232C 방법으로 컴퓨터와 측정 장치를 연결하기 위해서는 매우 긴 케이블이 필요하며, 설치 또한 복잡해질 수 있다. 측정 데이터는 연구자들이 주로 사용하는 엑셀 응용프로그램과 호환되지 않는 형태로 변환의 단계를 거쳐야 하는 단점이 있다.

또한 Fig. 1에서 보인 바와 같이 IRED 빔이 한쪽 방향으로만 방출되고 있고, IRED 빔의 간격이 6cm 정도의 간격으로 구성되어 분사되고 있기 때문에 생쥐(mouse)의 경우 몸통 폭이 3~4cm 내외의 체격을 가지고 있으므로 빔이 방출되는 방향과 같은 방향으로 빔 사이를 이동하면 이를 감지할 수 없는

경우가 발생한다. 이러한 경우가 발생되면 생쥐의 움직임에 대한 측정값에 오차가 발생할 수밖에 없는 것이다. 이러한 오차는 연구 결과에 큰 오류를 가져올 수 있기 때문에 본 논문에서는 새로운 IRED 센서의 배열 방법을 적용하여 오차가 없는 시스템을 설계한다.

또한 Ugo Basile社의 47420 모델은 장치의 총 중량이 14.5kg로 비교적 무거운 편에 속하고, Cage가 하단 바닥과 고정되어 있어서 실험동물의 배설물을 청소하는 데에도 불편함이 있는 고가의 장비이다.

실험동물에 대한 움직임을 측정하는 시스템은 다양한 방식의 시스템이 발표된 적이 있지만 기존의 Ugo Basile社의 47420 모델 이외에는 현재 이러한 방식에 의한 실험동물의 움직임을 측정하는 시스템은 1~2종 이외에는 아직까지 보고된 바 없다[6][7].

III. Design and Implementation of MAMS

1. Design of MAMS

본 논문에서 제시하는 MAMS는 Activity Animal Cage와 Electronic Unit인 데이터 로거로 구성되어 있으며, 이는 이탈리아 Ugo Basile社의 3가지 요소에서 실험 쥐의 측정에 크게 필요하지 않은 요소를 줄여 전체 시스템을 경량화 한다. Activity Animal Cage는 2마리 Rat 또는 3~5마리의 Mouse 용으로 투명성을 유지하는 아크릴로 제작하여 동물들을 외부에서 관찰할 수 있게 한다. 또한 설계된 Activity Animal Cage 및 센서바(sensor bar), 데이터 로거(전자 제어 장치) 부분을 모두 분리 가능한 탈착식 조립형으로 제작하여 청소는 물론이고 이동에 있어서도 분해가 쉽도록 설계하였으며, 조립 또한 볼트와 너트 없이 끼워 맞추는 형식으로 누구나 쉽게 탈부착이 가능하도록 설계한다.

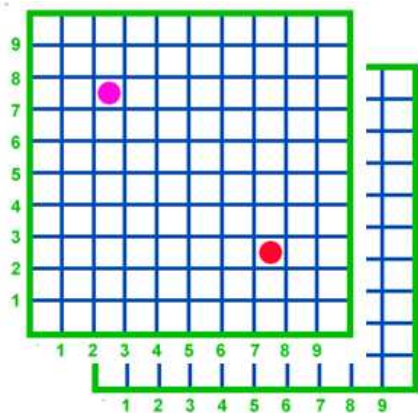


Fig. 2. Measuring idea of MAMS

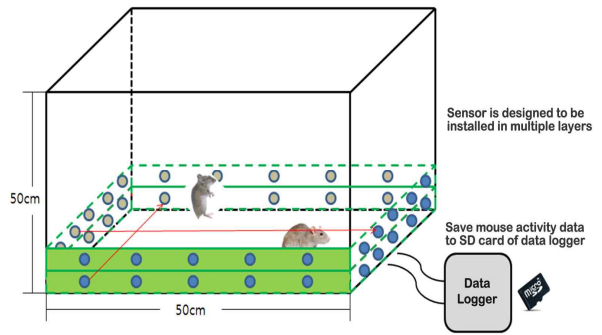


Fig. 3. A Diagram of modeled MAMS

Fig. 2와 Fig. 3에서 보인 바와 같이 본 논문에서 제시한 MAMS는 이탈리아 Ugo Basile社의 단방향 방출 방식이 오차를 내포하고 있어 이를 해결하기 위한 방법으로 격자형으로 IRED 빔을 방출하는 방식으로 적용한다. 이는 Ugo Basile社의 단방향 방출 방식이 측정하지 못한 마우스의 빔 사이 움직임을 해결할 수 있는 방법으로 제시한다. 또한 기존의 시스템에서는 2 레이어 구조까지만 지원하고 있지만 필요에 따라서 격자형을 적용하지 않고 3 또는 4 레이어로 옮겨 구성할 수 있게 설계함으로써 상황에 따라 다양한 응용이 가능하도록 한다.

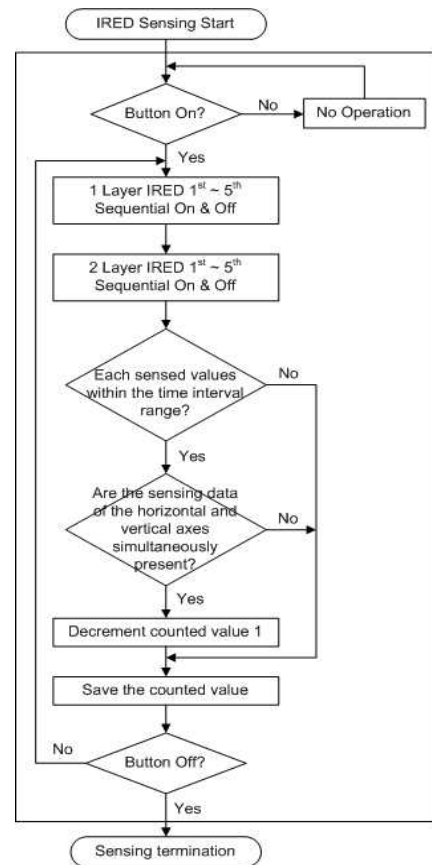


Fig. 4. A Diagram of multiple sensing mechanism

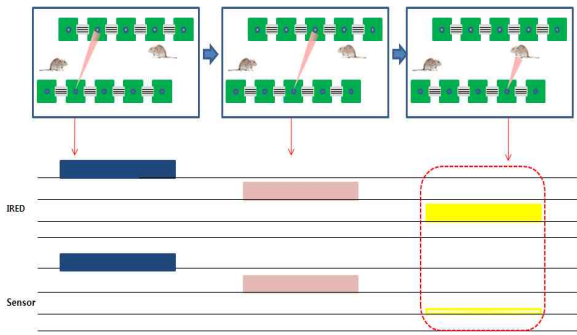


Fig. 5. Measurement method using infrared sensor set

Fig. 4와 Fig. 5에서와 같이 IRED를 이용하여 측정을 하는데 있어서 IRED가 계속 발광할 경우에는 IRED의 수명이 빨리 떨어짐은 물론 빛을 발산하는 양도 동시에 줄어들기 때문에 정확한 측정을 위한 동작을 수행하는데 문제가 있을 수 있다. 그러므로 IRED는 순차적으로 on 되도록 설계하였으며, 실험 쥐가 지나갈 경우 IRED 센서에 적외선이 차단되어 '0'(Low)으로 인식하도록 설계하였다[8][9].

실험쥐의 움직임을 센싱하는데 있어서 가로축과 세로축의 센서에 모두 히트(hit)되면 이를 두 번의 움직임이 아닌 한 번의 움직임으로 인식시켜야 하므로 Fig. 4에서 보인 바와 같이 데이터 로거를 구현할 때 모든 센서가 1회 동작하는 주기(cycle)를 100ms로 설정하여 설계하였다. 따라서 100ms 내에서 해당 센서의 위치에서 가로축과 세로축이 모두 히트되어 측정된 값은 하나를 제거하여 정확도를 높이도록 하였다.

본 MAMS는 실험쥐 움직임 빈도를 측정하여 쥐의 활동량을 분석하기 위한 시스템으로, 최신 적외선 센서 기술을 활용하여 쥐의 움직임을 인식하고 이를 수치화하여 활동량을 평가하며, 동시에 마이크로 SD 카드에 데이터를 저장하도록 설계하였다.

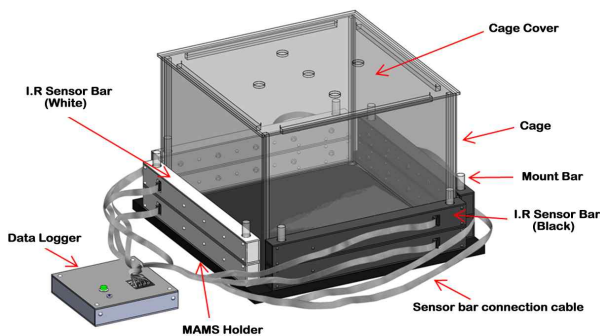


Fig. 6. Bird's-eye view of MAMS Model

Fig. 6에서 보인 바와 같이 설계된 MAMS는 사용자들로 하여금 손쉽게 사용할 수 있도록 시작 버튼 하나로 동작의 시작과 종료를 간단하게 실행할 수 있으며, 동작확인 LED를 통해 실시간으로 동작 상태를 쉽게 확인할 수 있도록 설계하였다.

쥐 활동량 데이터는 PC에서 Microsoft Excel이나 메모장 등에서 바로 읽어 확인할 수 있도록 하였으며, PC로 데이터를

복사하여 쉽게 사용할 수 있도록 하였다. 데이터 기록을 위한 마이크로 SD 카드는 사용자의 데이터의 양에 따라서 적절한 용량의 마이크로 SD 카드를 장착하여 사용할 수 있도록 하였다. 마이크로 SD 카드는 이동이 쉬우므로 동물실험실과 컴퓨터 시스템과 격리되어 있어도 이용에 전혀 문제가 되지 않는 장점이 있다.

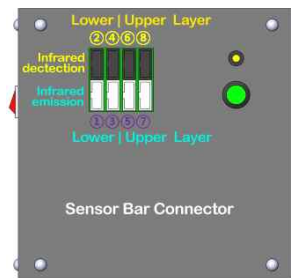
또한 오동작을 방지하기 위하여 마이크로 SD 카드가 데이터 로거에 삽입되어 있지 않으면 데이터 로거가 동작하지 않도록 설계하였다.

2. Implementation of MAMS

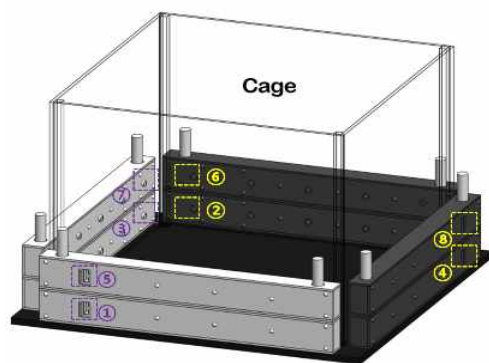
본 논문에서 설계한 MAMS는 Data Logger, Sensing Plate로 구성한다.

2.1 Data Logger

데이터 로거는 IRED 센서바와 케이블을 통해 연결이 되며, 좌우 각각 두 세트의 센서바를 2 레이어로 연결할 수 있도록 8개를 사용한다.



(a) Data Logger Box



(b) Sensing Plate

Fig. 7. Sensor Bar Connector

Fig. 7에서 보인 바와 같이 적외선 송출부(검정색)와 수신부(흰색)를 연결하여 적외선 끊김 현상을 파악하고 이를 설정된 시간 간격에 따라 저장할 수 있도록 구현한다.

데이터 로거의 센서바 연결 커넥터는 하얀색 커넥터 4개와 검정색 커넥터 4개로 구성되어 있으며, 흰색과 검정색의 역할

과 연결방법은 다음과 같다.

- 하얀색 커넥터 : 적외선 발생 연결 커넥터로 하얀색 센서 바에 연결

- 검정색 커넥터 : 적외선 감지 연결 커넥터로 검정색 센서 바에 연결

- 1) 하얀색 커넥터 ① : 하얀색 센서 바 ①에 연결
- 2) 검정색 커넥터 ② : 검정색 센서 바 ②에 연결
- 3) 하얀색 커넥터 ③ : 하얀색 센서 바 ③에 연결
- 4) 검정색 커넥터 ④ : 검정색 센서 바 ④에 연결
- 5) 하얀색 커넥터 ⑤ : 하얀색 센서 바 ⑤에 연결
- 6) 검정색 커넥터 ⑥ : 검정색 센서 바 ⑥에 연결
- 7) 하얀색 커넥터 ⑦ : 하얀색 센서 바 ⑦에 연결
- 8) 검정색 커넥터 ⑧ : 검정색 센서 바 ⑧에 연결

2.2 Storage of data

데이터의 저장은 마이크로 SD 카드에 저장하도록 하였으며, 이는 편리한 이동성을 보장하고자 한다. 마이크로 SD 카드에 저장되는 데이터는 CSV 형식이고, 이는 실험 연구자들이 가장 많이 이용하는 Microsoft Excel 형식으로 변환한다.

마이크로 SD 카드에 저장되는 파일은 "INIT.TXT" 파일과 "MAMS.CSV" 파일로 총 2개이다.

새로운 마이크로 SD 카드는 데이터 로거에 장착 후 동작 시키면 Fig. 8과 같이 해당 파일이 자동으로 생성되도록 구현하였다.



Fig. 8. Generated files

2개의 파일 중 "INIT.TXT" 파일은 적외선 센서를 통하여 측정되어 저장되는 저장 주기(storage cycle)를 초단위로 설정하도록 셋팅하는 텍스트 파일이다. 이 파일에서 설정하는 값은 다음과 같다.

- "INIT.TXT" 파일에 저장 주기가 존재 하지 않을 경우 기본 저장 주기를 60초로 설정한다.

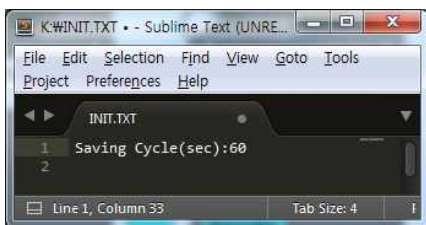


Fig. 9. Setup file

- "INIT.TXT" 파일을 편집하여 데이터 로거에 삽입하면 새로운 저장 주기로 변경되어진다. Fig. 9와 같이 저장

주기의 값을 간단히 수정하여 필요한 주기로 데이터를 저장할 수 있도록 하였다.

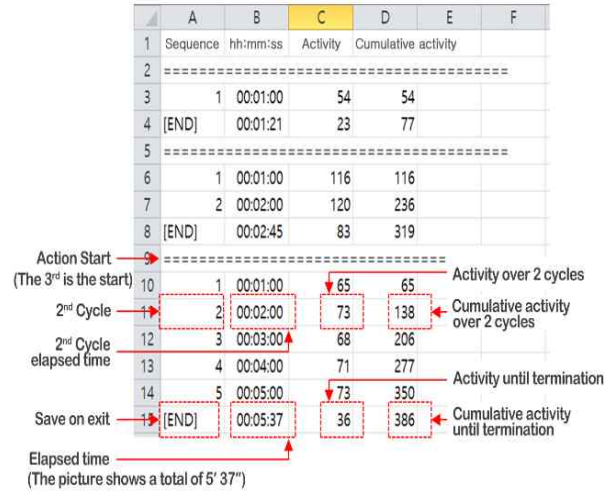


Fig. 10. Files that store measured data (MAMS.CSV)

마이크로 SD 카드의 또 하나 파일인 "MAMS.CSV" 파일은 적외선 센서로 실험쥐의 활동량을 주기적으로 감지하여 감지된 결과를 설정된 저장 주기에 따라 자동으로 저장하는 파일이다. Fig. 10에서 보인 바와 같이 이 파일은 Microsoft Excel 및 메모장에서 읽을 수 있는 형태로 구현하였다.

2.3 Behavior of MAMS

MAMS의 동작 원리는 다음과 같다.

1. 정지 상태에서 Fig. 11의 녹색 시작 버튼을 누르면 녹색 등이 on 되면서 동작을 시작하고, 동작 상태에서 녹색 시작 버튼을 누르면 녹색 등이 off 되면서 동작을 정지한다.

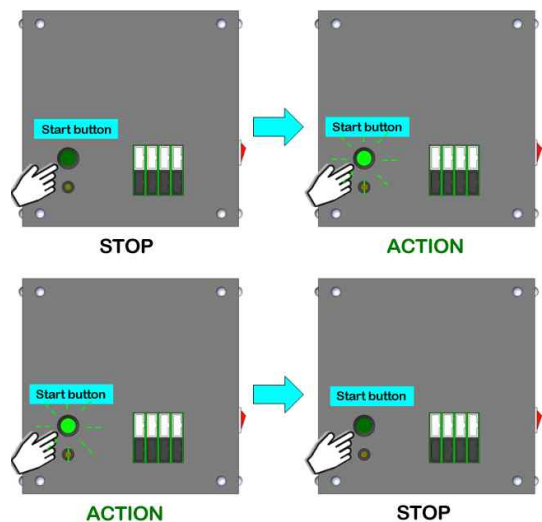


Fig. 11. Operation of start and stop for measurement

2. 센서가 감지되면 Fig. 12의 노란색 동작확인 LED가 on/off를 반복하며 알려준다.

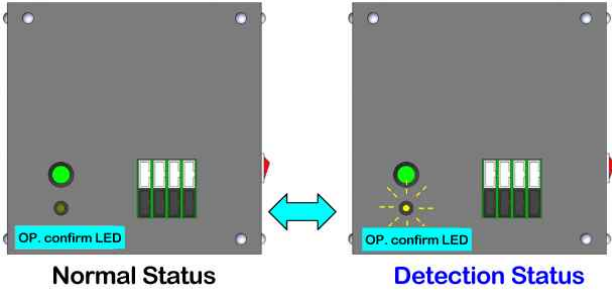


Fig. 12. Confirm of sensing operation

3. 센서에 감지된 수는 설정 파일에서 적용한 저장 주기에 따라 주기적으로 마이크로 SD 카드에 저장된다.

2.4 Specifications of MAMS

MAMS의 디바이스 사양은 Table 3과 같다.

Table 3. Specifications of Implemented Device

Data Logger	Dimensions	width	180 mm
		depth	180 mm
		height	37 mm
MAMS Holder	Base plate dimensions	width	500 mm
		depth	500 mm
		height	10 mm
	Mount bar dimensions	diameter	15 mm
		height	150 mm
Cage	Inner dimensions	width	410 mm
		depth	410 mm
		height	325 mm
	Outer dimensions	width	420 mm
		depth	420 mm
height	330 mm		
Cage Cover	Dimensions	width	430 mm
		depth	430 mm
		height	5 mm
Infrared ray sensor Infrared white sensor	Sensor bar dimensions	width	420 mm
		depth	31 mm
		height	50 mm
		sensor spacing	82 mm
Sensor Cable	Infrared ray sensor	length	2 m
	Infrared white sensor	length	2 m

Sensor Bar 사양은 Table 4와 같다.

Table 4. Specifications of Sensor Bar

Sensor Bar Configuration	Infrared ray sensor	5 EA
	Infrared light sensor	5 EA
All Sensor Bar Configuration	Infrared ray sensor	1 Layer 10 EA 2 Layer 10 EA
	Infrared light sensor	1 Layer 10 EA 2 Layer 10 EA
Sensing method	Sequential sensing of individual sensors	
Sensing time	One-time Individual sensing	5 ms
	One-time all sensing	100 ms

MAMA의 전기 사양은 Table 5와 같다.

Table 5. Electric specifications of MAMS

※ Base 25℃

Electric specification	Min.	Typ.	Max.	Unit
Power	4.75	5.0	5.25	V
Electric current	-	-	T.B.D	A

MAMA의 센서 사양은 Table 6과 같다.

Table 6. Sensor specifications of MAMS

Spec. of Infrared ray sensor	Min.	Typ.	Max.	Unit
Peak wavelength	-	875	-	nm
Spectrum bandwidth	-	45	-	nm

Spec. of Infrared light sensor	Min.	Typ.	Max.	Unit
Spectral sensitivity	700 ~ 1000	nm	-	-
Peak sensitivity wavelength	-	880	-	nm

최종적으로 구현된 MAMS는 모두 아크릴 소재로 제작하여 무게와 조립 등이 편리하도록 하였으며, 구현된 MAMS 부품은 Fig. 13과 같다.



Fig. 13. The Components of MAMS (2 set)

완성된 MAMS는 Fig. 14와 같다.

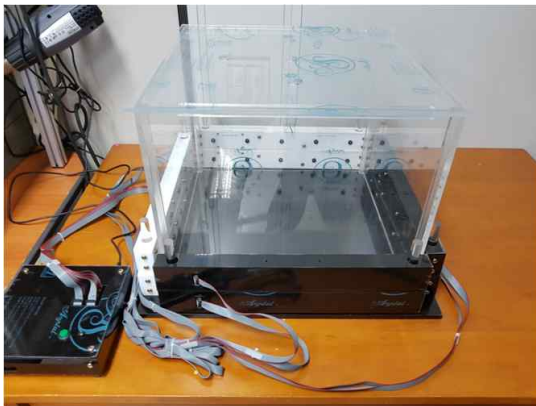


Fig. 14. Assembled MAMS

IV. Experiment

본 연구에서 개발한 MAMS는 동물실험에서 가장 많이 이용되는 쥐(Rat) 또는 생쥐(Mouse)의 개체나 그룹에 대한 이동 빈도 측정 실험을 위해 설계되고 구현되었다.

본 시스템은 다음 5가지 목표를 충족하도록 개발하였다.

1. 기존 시스템에서 측정되지 못하는 IRED 사이의 이동에 대한 측정이 가능하도록 하였다.
2. 적외선 센서의 개수가 여러 개를 부착하여 적용되고 있어 그에 따른 순차 센싱 방법을 적용하였다.
3. 순차 센싱을 통해 IRED의 수명을 연장하고, 전력 소비를 최소화하였다.
4. 볼트/너트 등의 나사 없이 조립이 가능하도록 하여 이동과 청소에 편리성을 제공하였다.
5. 현장 시험을 통한 동작 오류를 최소화하여 검증한다.

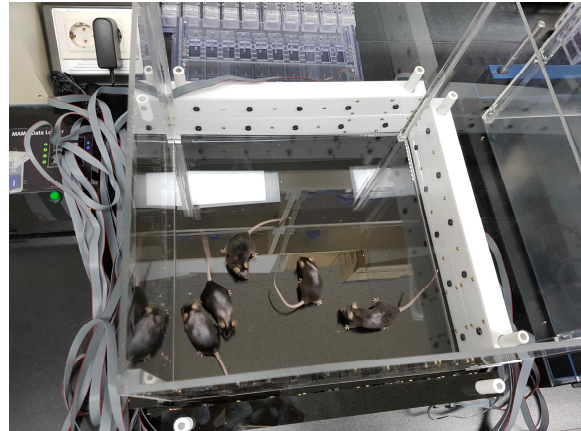


Fig. 15. Measurement experiment using MAMS

본 논문에서 구현한 Fig. 15의 MAMS와 이탈리아 Ugo社의 47420모델에서 5마리의 실험쥐를 동일한 조건에서 투입하여 3분 30초 동안 5초 간격으로 측정치를 출력한다. 측정된 데이터는 Fig. 16과 같다. 이러한 실험을 총 10회 실시하여 결과를 얻는다.

Sequence	hh:mm:ss	Activity	Cumulative activity	Activity	Cumulative activity
1					
2					
3	1	00:00:05	10	10	8
4	2	00:00:10	12	22	11
5	3	00:00:15	13	35	10
6	4	00:00:20	20	55	17
7	5	00:00:25	33	88	30
8	6	00:00:30	26	114	26
9	7	00:00:35	25	139	22
10	8	00:00:40	16	155	16
11	9	00:00:45	24	179	25
12	10	00:00:50	27	206	20
13	11	00:00:55	19	225	22
14	12	00:01:00	41	266	34
15	13	00:01:05	20	286	20
16	14	00:01:10	25	311	21
17	15	00:01:15	19	330	15
18	16	00:01:20	26	356	20
19	17	00:01:25	17	373	23
20	18	00:01:30	23	396	20
21	19	00:01:35	29	425	15
22	20	00:01:40	34	459	34
23	21	00:01:45	32	491	33
24	22	00:01:50	29	520	28
25	23	00:01:55	20	540	26
26	24	00:02:00	19	559	18
27	25	00:02:05	32	591	25
28	26	00:02:10	23	614	20
29	27	00:02:15	31	645	15
30	28	00:02:20	28	673	23
31	29	00:02:25	27	700	28
32	30	00:02:30	37	737	45
33	31	00:02:35	18	755	15
34	32	00:02:40	25	780	30
35	33	00:02:45	22	802	25
36	34	00:02:50	27	829	22
37	35	00:02:55	10	839	2
38	36	00:03:00	23	862	23
39	37	00:03:05	22	884	14
40	38	00:03:10	27	911	27
41	39	00:03:15	13	924	10
42	40	00:03:20	26	950	15
43	41	00:03:25	20	970	22
44	[END]	00:03:30	16	986	10
45					

Fig. 16. Comparative measured value

Fig. 16에서 좌측의 측정값은 본 연구에서 개발한 MAMS에 의해 측정된 값이며, 우측의 측정값은 Ugo社의 47420모델로 측정된 결과값이다. 우측의 측정값은 감열식 프린터에 의해 출력된 값을 MAMS 결과값과 비교하기 위해 수기로 입력한다.

총 10회 측정된 결과값에 대한 평균값은 Table 7과 같다.

Table 7. Comparative average measured value

Count	MAMS value	UGO value
1	986	885
2	896	865
3	923	911
4	723	650
5	822	835
6	650	595
7	556	542
8	435	412
9	235	221
10	145	100
Total	6371	6016
Average	637.10	601.60

Table 7에서 보인 바와 같이 10회 측정된 평균값에서 35.5회의 히트 수에 대한 차이를 보였다. MAMS 측정값의 평균이 Ugo社의 47420모델보다 크다는 것을 볼 수 있다. 그 이유는 Ugo社의 47420모델의 단점으로 지적한 단방향의 경우 IRED 사이로 이동하는 실험쥐에 대해서는 측정이 되지 않았기 때문이다. 또한 1회에서 10회로 측정 횟수가 증가함에 따라 실제 히트된 값들로 줄어들고 있다. 이는 쥐의 동물적 특성상 Cage에 대한 호기심 및 위험도 탐색이 종료되어 점차 움직임이 둔화되었기 때문이다. 다만 위 실험에서 동일한 실험쥐(mouse) 그룹을 Cage를 옮겨서 실험하였기에 시차에 따라 다소 오차가 있을 수는 있으나 이는 수의학과에서 그동안 실험해 오던 형식으로 볼 때 큰 오류가 없는 것으로 확인되었다.

Table 7에서 제시한 결과로도 알 수 있듯이 MAMS로 측정된 결과가 기존의 Ugo社 47420모델보다 신뢰성 있는 측정 결과를 보이고 있음을 알 수 있다.

V. Conclusions

본 논문에서는 기존의 측정 시스템에서 측정할 수 없었던 IRED 사이의 이동을 측정 가능하게 하고, 이동이 편리한 착탈식 설계와 가격을 낮출 수 있게 설계하고 구현하였다. MAMS는 실험 쥐 그룹의 정확한 이동 빈도 측정 결과를 제공할 수 있었으며, 또한 자동으로 측정된 데이터를 컴퓨터 시스템으로 쉽게 저장할 수 있어 기존의 Ugo社 47420모델보다 훨씬 간편하고 효율적인 시스템의 성능을 보였다. 또한 기존의 수작

업 처리나 목측과 관찰에 의한 방법을 탈피하여 의과학, 수의과학 분야에 필요한 과학적 측정 시스템을 제공하였다. 기존의 수평적 마우스 이동거리 측정 시스템[7]과 연동하여 동시에 측정할 수 있는 병합 시스템이 된다면 다양한 실험 연구자들에게 도움이 될 것으로 사료된다.

향후 연구가 더 진행될 필요가 있는 부분은 측정된 데이터를 블루투스나 WiFi 형식의 통신 기능을 첨가하여 원격에서도 데이터를 수집할 수 있도록 한다면 보다 편리한 시스템이 될 것이다.

REFERENCES

- [1] Alex S. Rivlin, Charles H. Tator, "Objective clinical assessment of motor function after experimental spinal cord injury in the rat", *Journal of Neurosurgery* 112(2): 577~581, Feb. 2010.
- [2] D. MICHELE BASSO, MICHAEL S. BEATTIE, and JACQUELINE C. BRESNAHAN, "A Sensitive and Reliable Locomotor Rating Scale for Open Field Testing in Rats", *Journal of Neurotrauma*, 12(1): 1-21, Jan. 2009.
- [3] Yuesheng Li, Rod J. Oskouian, Yuan-Ji Day, John A. Kern, Joel Linden, "Optimization of a mouse locomotor rating system to evaluate compression-induced spinal cord injury: correlation of locomotor and morphological injury indices", *Journal of Neurosurgery: Spine*, 4(2): 165~173, Feb. 2006.
- [4] Leblond H., L'Espérance M., Orsal D., Rossignol S., "Treadmill Locomotion in the Intact and Spinal Mouse", *Journal of Neuroscience* 23(36), 11411-11419, Dec. 2003.
- [5] <http://www.ugobasile.com/>
- [6] Kwak, H.Y., Sim, K.B., Huh, J.S., Lee, Y.S., "A New Locomotor Evaluation System in Rats based on Vector Image Processing with Modified Thiessen-Delaunay method," *The 3rd International Conference on Convergence Technology*, pp.15-21, 2013.
- [7] Kwak, H.Y., Huh, J.S., Lee, W.J., "A New Locomotor Evaluation System for Mouses Based on Continuous Shooting Images", *Journal of Korea Society of Computer Information*, 20(1): 153~161, Jan. 2015.
- [8] <http://www.tinyos.net>
- [9] Suh, J.H., Woo, C.W., "A Development of Intelligent Context-Awareness Middleware", *Journal of the Korea society of IT services*, 11(special Ed.): 165~176, Nov. 2012.

Authors



Ho-Young Kwak received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Computer Science from Hong-Ik University, Korea, in 1983, 1985 and 1990, respectively. Dr. Kwak joined the faculty of the Department of Computer Engineering at

Jeju National University, Jeju, Korea, in 1990. He is currently a Professor in the Department of Computer Engineering, Jeju National University. He has served as the Vice-president of The Korean Society of Computer Information. He is interested in IT-Medical convergence, USN, IoT Technology, Web Programming and software system.



Jisoon Huh received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Medicine from A-Ju University, Korea, in 1996 and 2001, respectively. Dr. Huh joined the Department of Neurosurgery, School of

Medicine at Jeju National University, Jeju, Korea, in 2006. He is currently a Associate Professor in the School of Medicine, Jeju National University. He is interested in Neurosurgery, medical information system, convergence of medical and computer science.



Won Joo Lee received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Computer Science and Engineering from Hanyang University, Korea, in 1989, 1991 and 2004, respectively. Dr. Lee joined the faculty of the Department of Computer

Science at Inha Technical College, Incheon, Korea, in 2008, where he has served as the Director of the Department of Computer Science. He is currently a Professor in the Department of Computer Science, Inha Technical College. He has also served as the Vice-president of The Korean Society of Computer Information and the Editor-in-Chief for the Journal of The Korean Society of Computer Information. He is interested in parallel computing, internet and mobile computing, and cloud computing.