



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 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](#)

碩士學位論文

로봇 공연 플랫폼을 이용한
콘텐츠 실현에 관한 연구

濟州大學校 大學院

메카트로닉스工學科

姜 來 鎭

2016年 2月



로봇 공연 플랫폼을 이용한 콘텐츠 실현에 관한 연구

指導教授 康 喆 雄

이 論文을 工學碩士學位 論文으로 提出함

2015年 12月

姜來鎰의 工學碩士學位 論文을 認准함

審査委員長

김동환



委 員

고석재



委 員

강철우



濟州大學校 大學院

2015年 12月



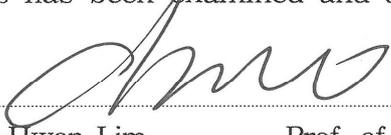
A Study on the Content Realized using the Robot Performance Platform

Rae-Yoon Kang
(Supervised by professor Chul-Ung Kang)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for
the degree of Master of Mechatronics Engineering

2015 . 12 .

This thesis has been examined and approved.


.....
Thesis Committee Chair, Jong-Hwan Lim

Prof. of Jeju National University


.....
Thesis Committee Member, Suk-Jun Ko

Prof. of Jeju National University


.....
Thesis Director, Chul-Ung Kang

Prof. of Jeju National University

Department of Mechatronics Engineering
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY



목 차

LIST OF TABLES	ii
LIST OF FIGURES	iii
SUMMARY	vi
I. 서 론	1
1. 연구 배경	1
2. 연구 목적	2
II. 위치인식을 위한 로봇공연 플랫폼	4
1. 로봇공연 시스템 구성	4
2. 로봇공연 플랫폼	5
3. 디지털 필터기	10
III. 로봇 공연 콘텐츠	25
1. 로봇의 위치인식	25
2. 로봇의 경로계획	35
3. 스토리 기반 로봇 공연	44
IV. 결론	48

LIST OF TABLES

Table 1 grouped reference value	13
Table 2 Environment setting with illumination in KS standard	16
Table 3 Grouping and the actual measurement error of the robot	34
Table 4 Performance and Path Plan of the Robot Content	46
Table 5 Story along the Robot Performance Area	47

LIST OF FIGURES

Fig .1 Configuration of Location Module	4
Fig. 2 Circuit construction of CDS sensor	5
Fig. 3 Construction of sensor space	6
Fig. 4 Communication of the Location System	7
Fig. 5 Transmission Protocol	7
Fig. 6 Reception Protocol	7
Fig. 7 Protocol of the Communication State Check	8
Fig. 8 Protocol of the Binary Data Collection	8
Fig. 9 Protocol of the A/D convert data Collection	9
Fig. 10 Data processing speed	10
Fig. 11 Sensor filtering algorithm	11
Fig. 12 Grouped sensor space	12
Fig. 13 Average output voltage of the grouped sensor space	12
Fig. 14 Digital Comparator	13
Fig. 15 Output voltage vs. resistance value for 40 and 400lux	14
Fig. 16 Output voltage vs. illumination for cds sensor and module	15
Fig. 17 Modules output voltage by illumination	16
Fig. 18 Illumination environment	17
Fig. 19 Sensors data by Rating	18
Fig. 20 Output of the location identification module for open environment	19
Fig. 21 Output of the location identification module for dark environment	20
Fig. 22 Voltage and reference data of the location identification module for 100Lux, 250Lux	21
Fig. 23 Location identification module sensor and controller part	22

Fig. 24 Performance stage using location identification module	24
Fig. 25 Mapping of Sensor Information and Center Outcome of Robot	25
Fig. 26 New Mapping of Sensor Information and Center Outcome of Robot	26
Fig. 27 location identification module program	27
Fig. 28 location identification module program ADC data mode	28
Fig. 29 Mapping of Center Outcome of Robot	29
Fig. 30 Robot grouping process	30
Fig. 31 Robot grouping test 1	32
Fig. 32 Robot grouping test 2	33
Fig. 33 Position Error of Real Position and Outcome Position	35
Fig. 34 Moving Direction and Goal Direction on Coordinate System of Performance stage	36
Fig. 35 Error of Robot straight	37
Fig. 36 Path planning Flowchart of Robot	38
Fig. 37 Evaluation of the position recognition accuracy(75Cm)	39
Fig. 38 Evaluation of the position recognition accuracy(125cm)	39
Fig. 39 Distance error along the Path plan(75cm)	39
Fig. 40 Distance error along the Path plan(120cm)	40
Fig. 41 Distance error between the final position and the target position	40
Fig. 42 Experimental methods of error rate to the movement	41
Fig. 43 Path Plan and Robot Position on Performance Stage with Multi Robot	42
Fig. 44 Distance error between the final position and the target position	43
Fig. 45 Success Rate of Center Outcome in the Moving Process	43
Fig. 46 Story-based robot performance content	44
Fig. 47 The Settings on the program of performance content	45
Fig. 48 Operation of the robot at each point	49

SUMMARY

Position Awareness Technology is very important factor for movements and performance of Robot. We generally categorize Position Awareness Technology into two type of Scene Analysis and Proximity Method according to characteristic of the sensor. In order to use these sensors for locating robot, it requires enough space for sensor installation on the robot. Because present developed robots don't have enough space for installing sensors, the robot performance is limited.

As a solution of this space problem, performance platform which can detect robot location has developed, installing CDS cells in the platform. Illumination change resulted from robot's movement calculates robot location. To minimize error on position awareness of robot, reference parameter regarding illumination change is calibrated with filtered parameter.

Using the collected sensor data, To estimate plurality of robot location were grouped within the range of sensor values.

Robot stayed on the platform suggests a pass plan for distance moving from robot's current position to a goal position. By a route planning, plurality of robot reaches a given target point and it is commanded motion

I. 서론

1. 연구 배경

21세기로 들어서면서 로봇은 전기, 전자 등 기반 기술 분야의 기술혁신에 의해 공장 생산라인 등으로 대표될 수 있는 국한적인 환경에서의 사용에서 벗어나 같은 작업을 지속적으로 반복하는 산업용, 정밀한 부위를 수술하는데 사용되거나 모터로 구동되는 의수 등의 의료용, 극한 상황에서 인간의 힘을 들이지 않고 작업을 하기 위한 우주·해저용 등으로 대표되는 응용 로봇들로 발전하였고 현재에 들어 청소기 로봇등과 같은 가정용 로봇의 등장으로 인간의 삶에 더욱 밀접하게 다가왔으며, 특히 관광지·관공서 등에서 전시물을 홍보 및 소개하는 안내 로봇과 교육 및 엔터테인먼트 분야의 공연을 위한 퍼포먼스 로봇의 연구 개발이 지속적으로 이루어지고 있다[1-3].

이러한 이동을 필요로 하는 로봇의 경우 현재 자신의 위치와 이동 목표점의 위치를 정확히 알아낼 수 있는 자기위치인식과 주변의 사물 등 장애물을 판단하는 환경인식기능, 현재 위치부터 지정된 목표점까지 이동하기 위해서 경로생성기술이 필요하다[4,5].

로봇의 위치인식 기술은 거의 동일한 원리에 기반하며, 특정 환경 내의 물체, 사람, 지점 등 하나 이상의 참조 포인트의 상관관계로부터 위치를 측정한다[6].

위치인식 방법의 분류는 기본 원리에 따른 분류와 위치신호 주체에 따른 분류, 참조 포인트의 종류나 신호 통신 특성에 따른 분류의 3가지로 분류할 수 있으며, 기본 원리에 따른 분류 방법에는 근접(Proximity)방식을 이용한 위치 인식과 삼각 측량(Triangulation)기술을 이용하는 방법, 신호의 특성에 따른 장면분석(Scene Analysis) 기술로 구분할 수 있다[7-9].

근접성을 이용한 방법에는 이미 위치가 알려진 장치에 근접해 있는 물체에 대한 위치를 감지한다. 이러한 방식의 센서에는 물리적 타입인 압력센서 터치센서 등을 이용하는 방법과 적외선센서의 무선셀 접촉점을 감시하는 방법, POS나

컴퓨터 로그인등의 기록의 자동적인 사용자 ID시스템의 정보를 확인하는 방법이 있다.

장면 분석을 이용한 방법은 특정지점에서 관측된 전자기적 또는 물리적신호의 특성을 데이터베이스화 해 놓은 후 이동저장장치에서 취득된 신호의 특성과 비교하여 위치를 측정한다[10].

위의 대표적인 위치측정방법 중 많이 사용되는 방법으로는 장면분석을 통한 방법이며, 이미 많은 연구들로 인해 그 성능이 확인되고 있다. 그러나 이러한 방법은 장애물 등의 주변사물이 있는 실내에서 사용하는데 있어 다음과 같은 문제점이 있다.

장면 분석을 이용한 방법의 경우 설치된 참조위치가 많을수록 높은 정확도를 가지기는 하나 실내 인구, 구조물의 이동과 온도, 습도 및 단말의 차이에 따라서 변하므로, 같은 위치에 있더라도 수신된 데이터에 오차가 발생할 수 있다.

근접성을 이용하는 방법의 경우 IR 등의 근거리센서를 이용하는 방식 자체의 문제로 신호가 벽을 통과하며 생기는 신호의 소멸 또는 감쇠로 인한 측정정보 획득이 불가능한 경우가 있다[11].

로봇공연을 위해 기 개발된 엔터테인먼트 로봇을 이용하는 경우 위치인식을 위한 센서를 탑재할 공간을 확보할 수 없다. 이러한 문제로 인해 대부분의 로봇공연의 경우 사전에 계획된 몇 개의 동작을 사용하여 아이돌 그룹의 댄스 흥내 등 단순한 동작의 공연을 제공하고 있다. 관람자에게 구현동화와 같은 스토리가 있는 동적공연콘텐츠를 제공하기 위해서는 기 개발된 시스템을 통해 위치인식 기능을 실현시킬 필요가 있다. 또한 위치인식을 기반으로 이동 목표점까지 위치를 지속적으로 보정하는 경로계획도 포함되어야 한다[12,13].

본 연구에서는 로봇공연 콘텐츠 실현을 위해 로봇의 위치인식을 위한 공연환경에 능동적으로 대응 할 수 있는 공연 플랫폼을 개발하였다.

2. 연구 목적

로봇의 정확한 이동을 위해서는 로봇의 현재 위치와 이동해야 할 목표점을

정확히 측정해야 하며, 명령에 의한 이동 중 실시간으로 위치를 측정하여 목표점까지의 거리와 방향에 따른 보정을 해 주어야 한다. 이를 위해서는 로봇의 위치를 정확히 판단할 수 있는 센서와 움직임과 목표점에 대한 보정을 하는 알고리즘이 필요하다.

또한 기 개발된 엔터테인먼트 로봇의 경우 로봇자체의 내·외장에 센서를 부착하는 점에 있어 전원에 대한 문제, 설치 공간에 부족에 대한 문제로 로봇의 자체적인 센서의 추가설치 없이 현재위치를 확인 할 수 있는 방법이 필요하다.

이에 본 연구에서는 로봇의 위치를 정확히 판단하기 위해 근접한 물체에 의한 환경의 변화로 위치를 추정하는 근접성 센서중에 한종류인 CDS CELL을 위치인식모듈의 센서로 적용하였고, CDS CELL의 빛에 따른 값 변화를 이용하여 로봇의 위치를 인식할 수 있는 시스템을 설계하였다.

위치인식모듈의 특징은 CDS CELL을 이용한 공연 로봇의 무대공간을 제작함으로서 로봇의 전원을 사용하는 센서의 장착이 불필요하며, 고속으로 센서셀의 정보를 수집하기 위한 디지털 필터와 수집된 센서셀의 정보를 메인 컨트롤러에 전송하는 인터페이스로만 구성되어 고속 작동이 가능하다.

또한 메인컨트롤러는 위치인식장치에서 움직이는 다수의 로봇이 작동하는 경우에도 각각 로봇의 현위치를 구별하여 추정할 수 있으며, 이를 기반으로 각각의 로봇에 공연컨텐츠에 따른 스텝에 따른 목표점을 위치인식장치의 메인컨트롤러에서 로봇으로 전송함으로서 로봇 내부에서의 복잡한 계산으로 이동에 생기는 오차의 감소와 전용이 아닌 불특정다수의 상용화된 로봇을 직접 활용 할 수 있다는 특징이 있다.

본 연구에서는 기존의 고정적인 로봇 공연 콘텐츠의 문제점인 소형 엔터테인먼트 로봇의 위치인식을 해결하기 위하여 불특정 다수 로봇의 위치를 정확히 확인하고 제어할 수 있도록 인터페이스를 작성하였다. 이와 같은 연구 과정으로 로봇의 콘텐츠 제작이 쉬워지며, 위치인식 방식으로서도 연구분야에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

본 논문은 총 4장으로 이루어져 있으며, 2장에서 개발된 로봇공연 플랫폼에 대한 구성과 내용을 서술하며, 3장에서는 공연 플랫폼을 이용한 공연콘텐츠 개발 내용, 4장에서 결론을 기술하였다.

II. 위치인식을 위한 로봇공연 플랫폼

1. 로봇공연 플랫폼 구성

본 연구에서 개발한 로봇공연 플랫폼은 기 개발된 엔터테인먼트 로봇의 위치 인식의 문제를 해결하고자 개발되었다. 플랫폼은 센서 모듈과 메인컨트롤러로 이루어져 있으며 로봇의 위치를 직접적으로 측정하기 위해 공연 무대화 하였다. 확장성과 이동성을 고려하여 모듈화 하여 제작하였으며, 각각의 모듈은 320x320의 크기로 9개를 배열하면 1mx1m의 로봇 공연 플랫폼을 이용한 무대가 구성된다.

공연 무대는 로봇과 독립적으로 작동하며, 로봇의 위치를 감지해 메인컨트롤러에 위치정보를 전송한다. 위치인식 모듈의 구성은 Fig. 1과 같다.

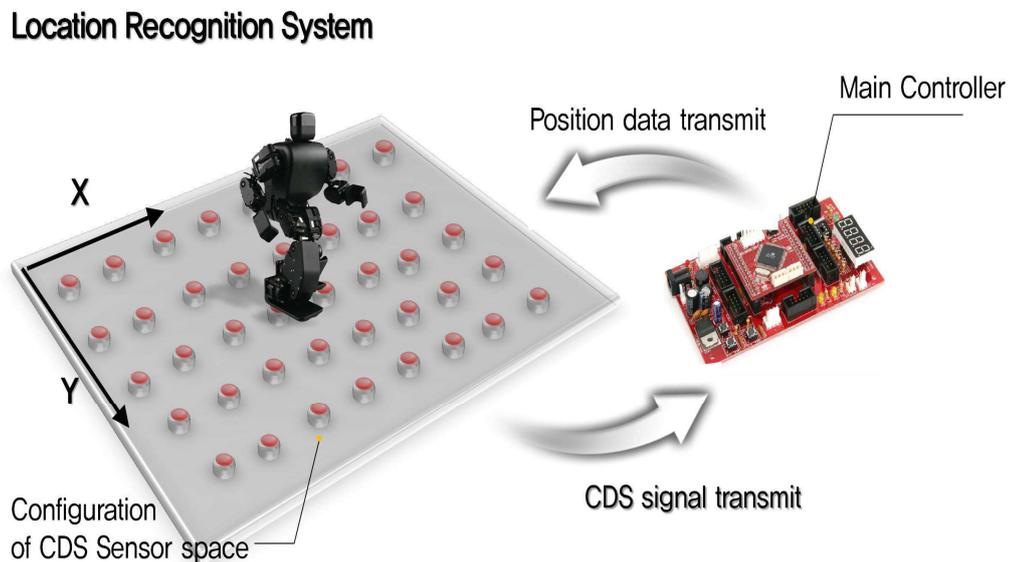


Fig .1 Configuration of Location Module

2. 로봇공연 플랫폼

위치인식 모듈은 로봇의 발을 딛는 위치의 조도를 이용하여 위치를 측정하기 위해 조도에 민감하게 반응하는 CDS Cell을 사용하였다. CDS Cell은 빛의 세기에 따라 값이 변하므로 로봇이 센서 위에 위치하는 경우 센서로 들어오는 빛의 세기가 현저하게 줄어든다. 이때 센서의 값은 0에 가까우며, 이러한 특성을 이용해 로봇의 위치를 감지할 수 있다. 센서는 로봇의 이동반경을 고려하여 4cm 간격으로 배치하였으며 1개 모듈에 배치되는 센서의 수는 8x8의 총 64개이다.

모듈에 배치된 다수의 센서정보를 수집하기 위해 Fig. 2 와 같이 전원 공급에 따라 해당 센서에서만 정보를 수집할 수 있도록 매트릭스 구조를 갖는 회로를 설계하였다.

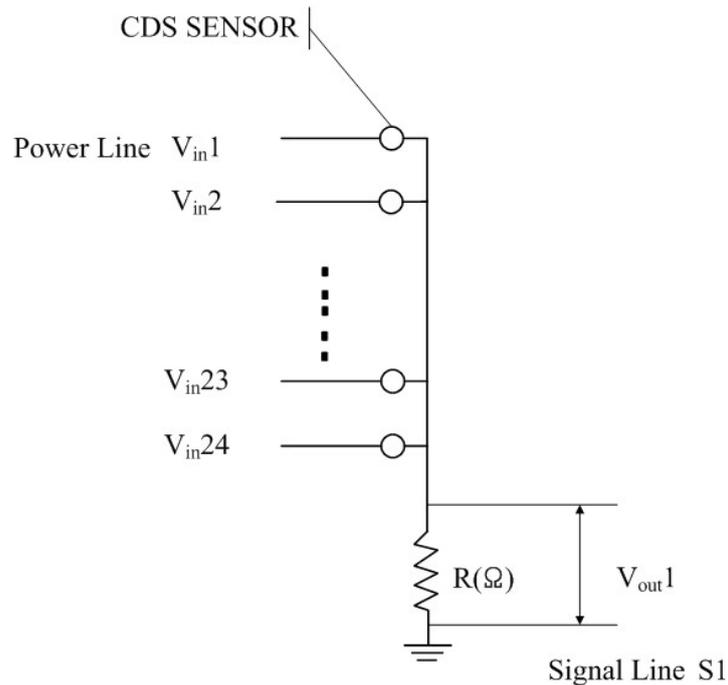


Fig. 2 Circuit construction of CDS sensor

모듈은 8x8 개 로 이루어져 있으므로 Fig. 2와 같은 회로가 8개 존재하게 된다. 이에 따른 회로의 구성은 Fig. 3과 같다.

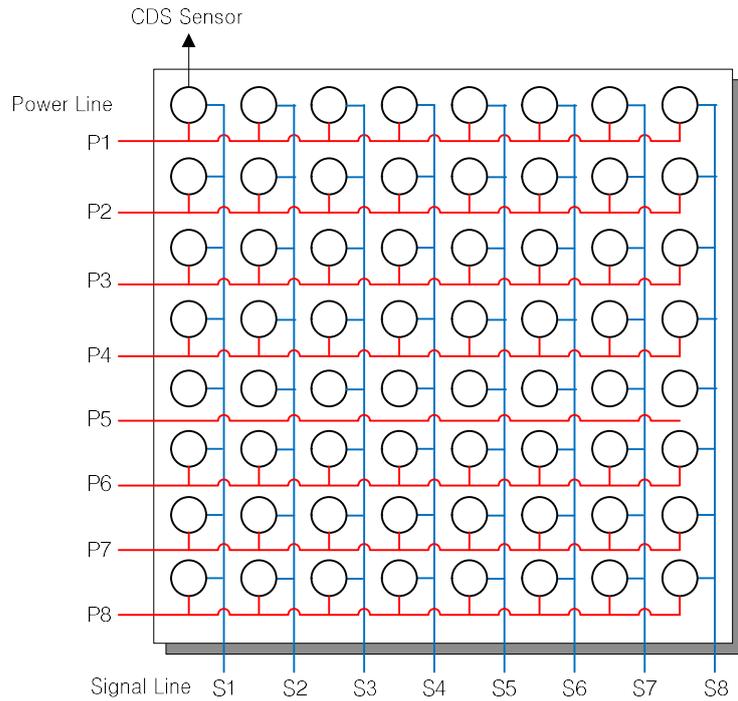


Fig. 3 Construction of sensor space

모듈은 Fig.3과 같이 8개의 동일한 입력행 단자는 1개의 파워신호선에, 동일한 출력열 단자는 1개의 출력신호선에 연결되어 있다. 8개(P1,P2,...,P7,P8)의 파워신호선은 위치인식모듈에 탑재되어 있는 컨트롤러의 디지털 포트에, 8개(S1,S2,...,S7,S8)의 출력신호선은 위치인식모듈에 탑재되어있는 컨트롤러의 A/D 컨버터 포트의 디지털 포트에 각각 연결되어 있다. 센서 데이터 센싱에 따른 회로의 구동은 다음과 같다. 센서구동전압을 순차적으로 P1부터 연결시켜 주면 신호선 8개(S1, S2, ... S7, S8)의 출력신호라인을 통하여 같은 열에 배치되어 있는 8개의 센서 정보가 획득된다. 이 과정에서 다른 센서값과의 충돌을 방지하기 위해서 나머지 7개의 센서라인의 파워신호선에는 센서 구동전압을 정지시키는 전압(0V)를 디지털 포트를 통해서 걸어준다. P1에 해당하는 신호선 8개의 신호가 모두 획득되면, 이후 파워는 P2로 연결이 되고, P2외에 나머지 파워 신호선은 OFF상태가 되며, 신호선 8개의 신호를 획득한다. 이러한 방법으로 전체 모듈에 대한 센싱을 시작하여 P1에서 P8까지 순차적으로 파워선이 연결되며 각 파워 신호에 따른 신호 라인의 출력신호를 획득한다.

9개의 모듈이 모여 1mx1m의 공연 무대가 되는 만큼 수집되는 센서 정보를 메인 컨트롤러로 전송하기 위해서 1대 n의 통신이 가능하여야 한다. 이를 위해서 다중 통신이 가능한 RS485 통신방법을 사용하여 Fig. 4와 같이 위치인식모듈과 을 구성하였다.

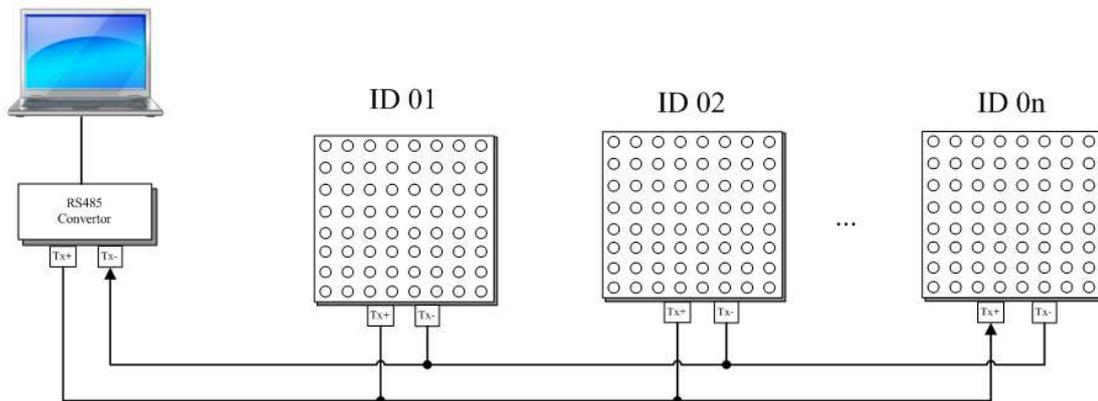


Fig. 4 Communication of the Location System

다수의 위치인식모듈로부터 센서정보를 수집하기 위해 메인컨트롤러와 모듈 사이에 Fig. 5, Fig. 6의 송수신 통신프로토콜을 결정하여 다수의 모듈로부터 센서정보를 수집한다.

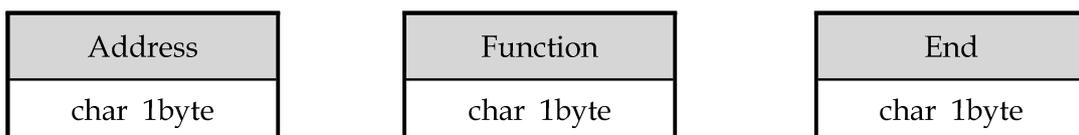


Fig. 5 Transmission Protocol

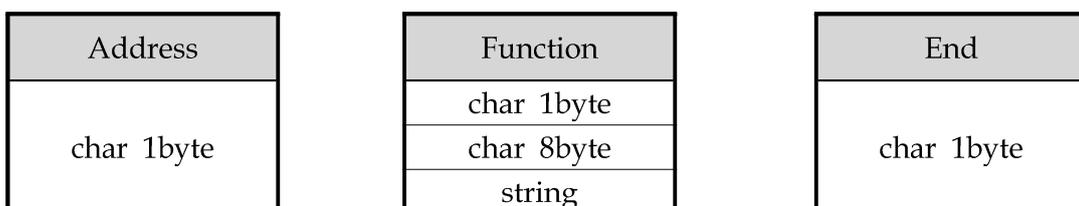


Fig. 6 Reception Protocol

통신상태 확인을 위한 프로토콜은 Fig. 7과 같다.

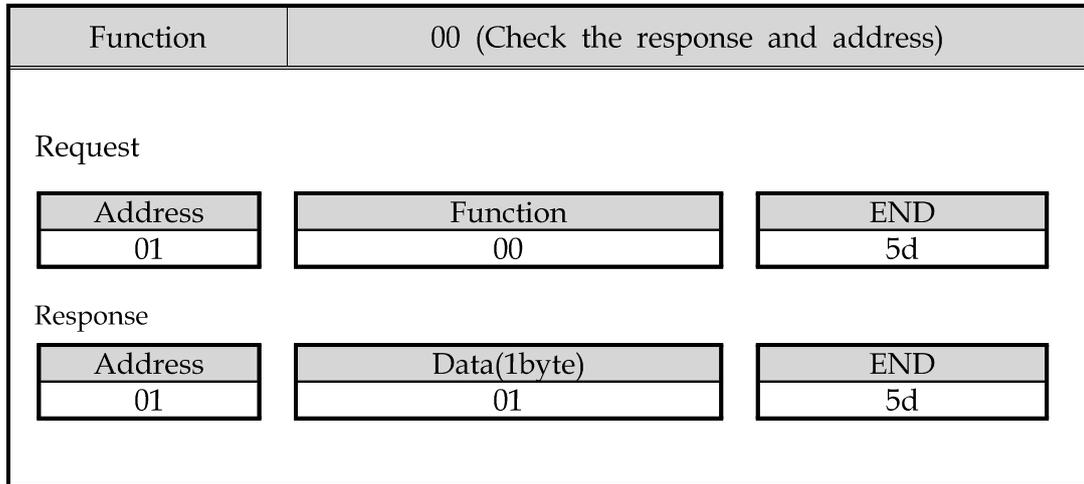


Fig. 7 Protocol of the Communication State Check

센서 데이터를 2치화 한 데이터의 수집을 위한 통신 프로토콜은 Fig. 8과 같다.

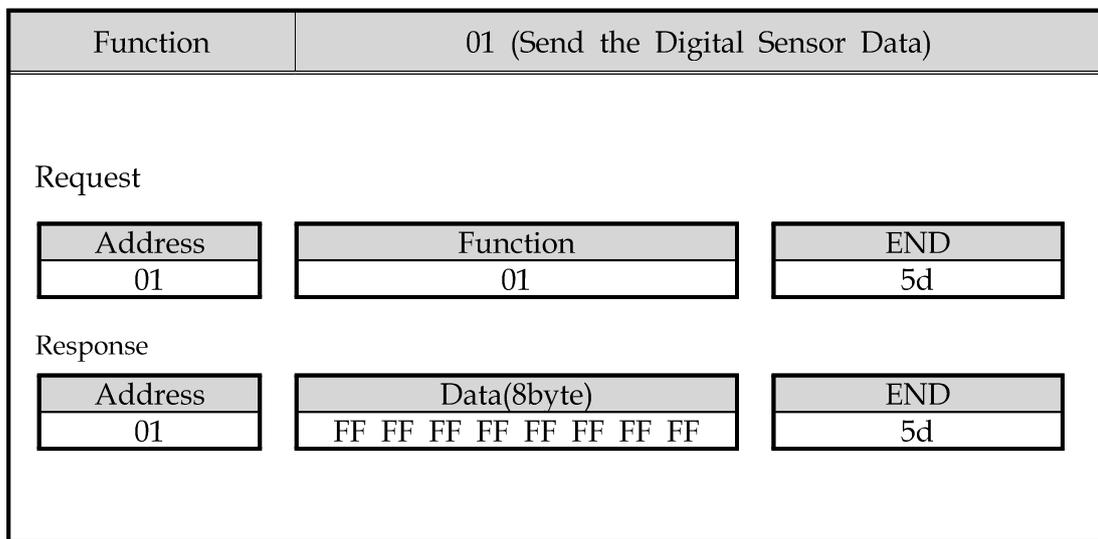


Fig. 8 Protocol of the Binary Data Collection

센서의 A/D변환 데이터를 수집하기 위한 통신 프로토콜은 Fig. 9와 같다.

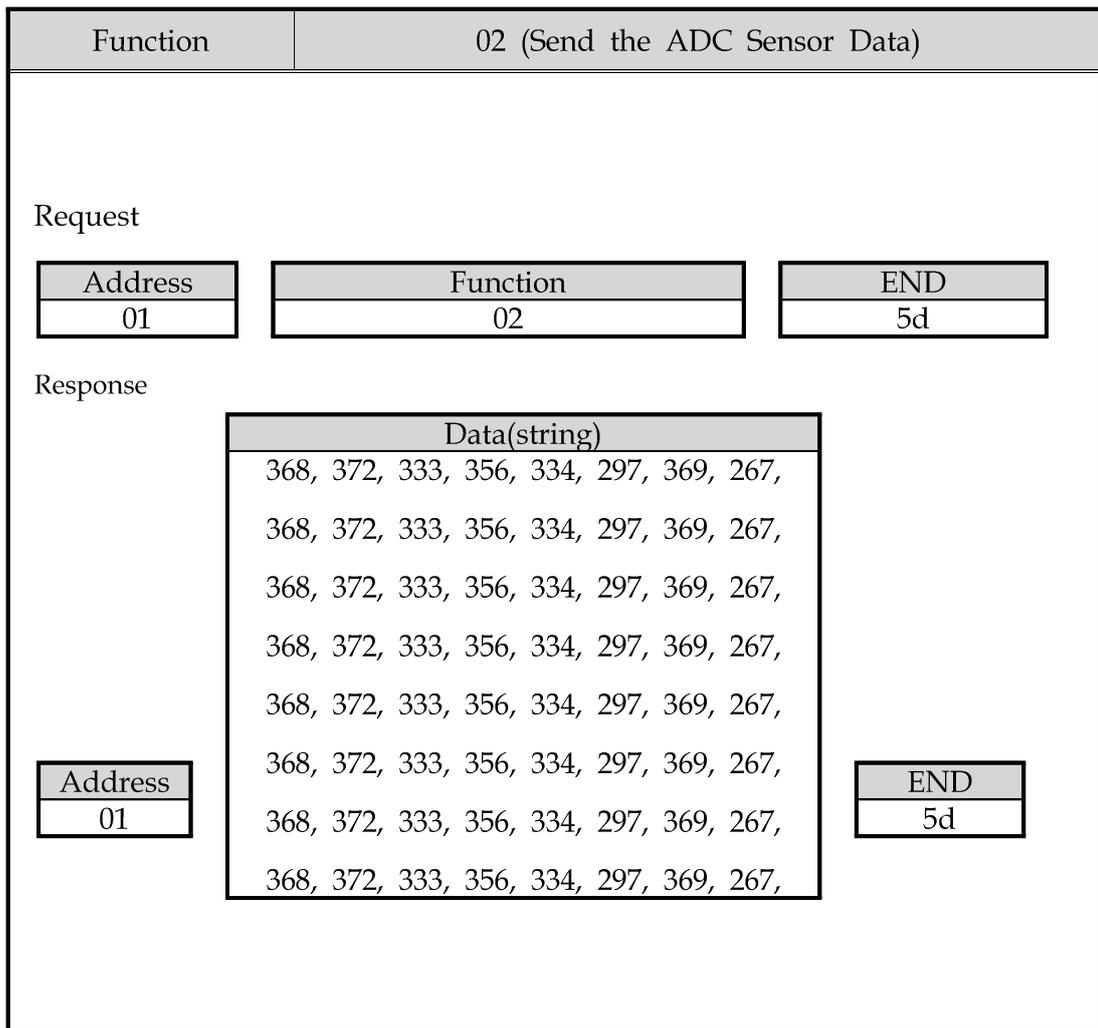


Fig. 9 Protocol of the A/D convert data Collection

위와 같은 통신 프로토콜을 이용하여 모듈 9개로 구성되어 있는 1m×1m의 무대인 경우, 1개의 모듈에서 가공된 센서정보를 수집하는데 필요한 시간은 초당 7번 (153ms×7=1071ms)의 2차화 센서정보를 수집할 수 있다.

Communication mode	RS-485	
Reception stand by Delay	①	1.5ms
Transmit byte	②	Digital 10byte Analogue 64byte
Analysis time	③	2ms
Number of the module	④	9EA (1m×1m)
Calculation of data processing speed	⑤=(①×②×④) +(③×④)	Digital 153ms Analogue 882ms

Fig. 10 Data processing speed

3. 디지털 필터기

센서 정보를 획득하기 위해서 보편적으로 사용되는 센싱 방법은 A/D 변환을 통하여 센서로부터 입력받은 값을 직접 확인하는 것이다. 그러나 센서의 수가 1개 모듈 당 64개이며, 모듈의 개수가 1개 늘어남에 따라 추가되는 센서의 개수는 64"개 이다. 때문에 수백개의 센서에서 A/D 변환을 통한 출력값을 얻으려 할 경우 각각의 변환시간이나 파워 공급에 따른 Delay를 고려할 때, 로봇의 이동 속도를 정확히 추정할 수 없는 문제가 생긴다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 아날

로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 디지털 필터기를 구성하였다. 디지털 필터기는 정확하고 신속하게 센서 정보를 수집할 수 있다. 조도환경의 변화를 유연하게 적용할 수 있는 필터기의 알고리즘은 Fig. 11과 같다.

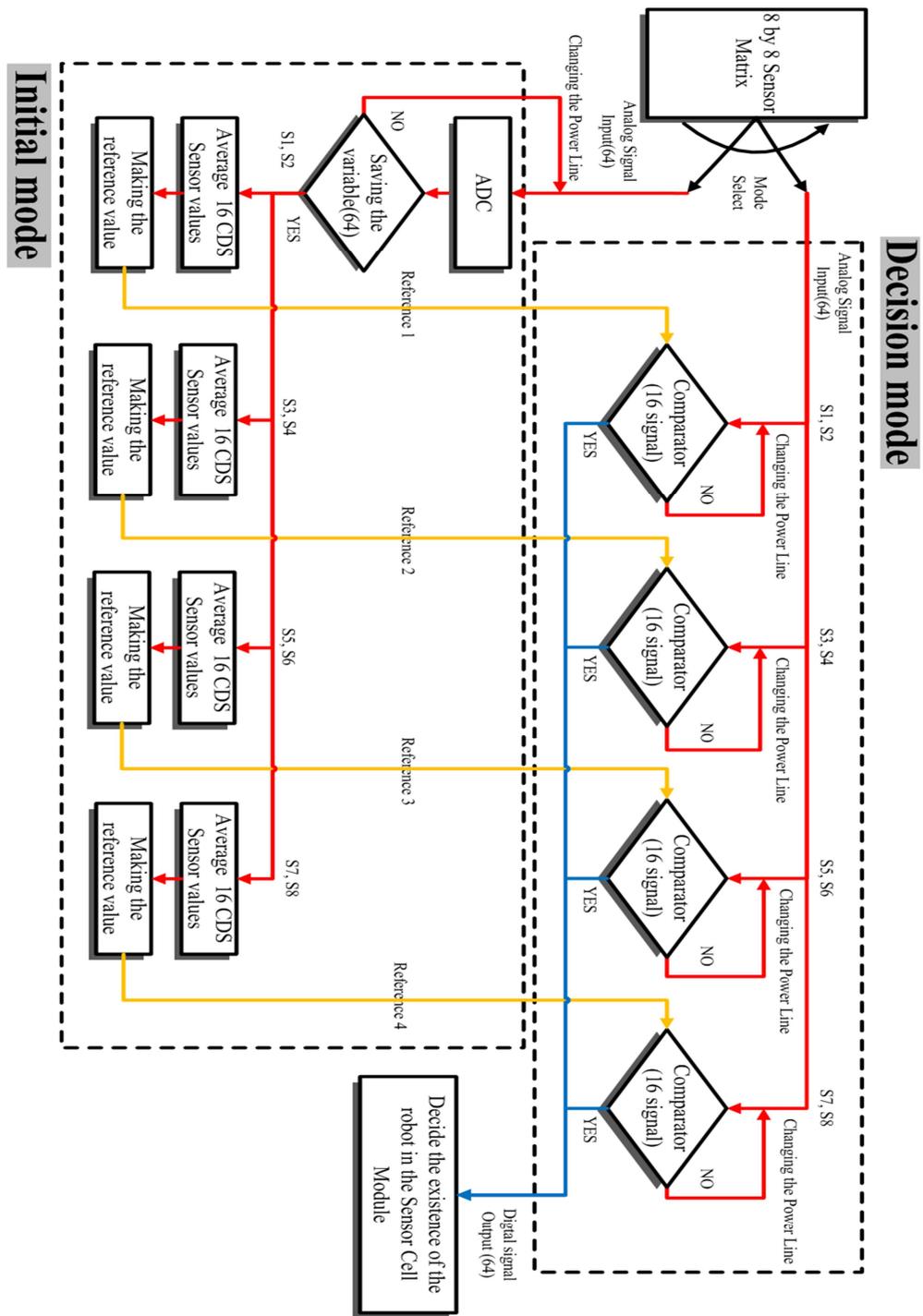


Fig. 11 Sensor filtering algorithm

알고리즘의 작동은 위치인식모듈의 마이크로컨트롤러와 센서모듈의 전원

입력 후 최초 1회에 한해 주변의 조도 환경을 체크하기 위해서 컨트롤러에서 Initial Mode가 구동된다. 이때 출력신호선(S1 S2.....S7, S8)에 미리 연결된 모듈 컨트롤러의 A/D컨버터를 이용하여 총 64개의 A/D변환 센서값을 획득한다. 획득한 64개의 센서값은 동일한 모듈을 면적영역으로 분리함으로서 각 영역에서 능동적으로 주변환경의 조도에 대응하기 위해 2행씩 그룹화 하는 과정을 거친다. S1,S2는 그룹1, S3,S4는 그룹2, S5,S6는 그룹3, S7,S8은 그룹4로 그룹화한다. Fig. 12는 모듈 내 그룹화 상태를 나타낸다.

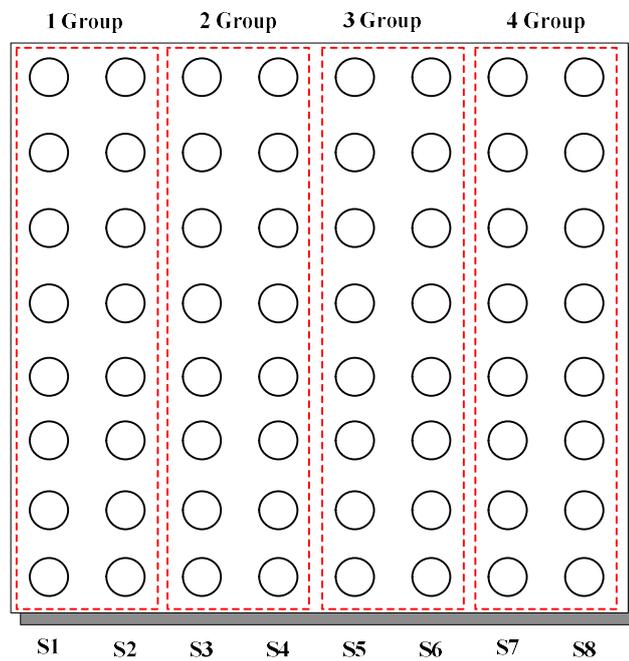


Fig. 12 Grouped sensor space

그룹화 진행 후 센서의 출력 값을 확인하기 위해 교실내 형광등 점등시 조도 (350Lux) 환경에서 각각 그룹의 출력 실험을 진행하였고, 결과는 Fig. 13과 같다.

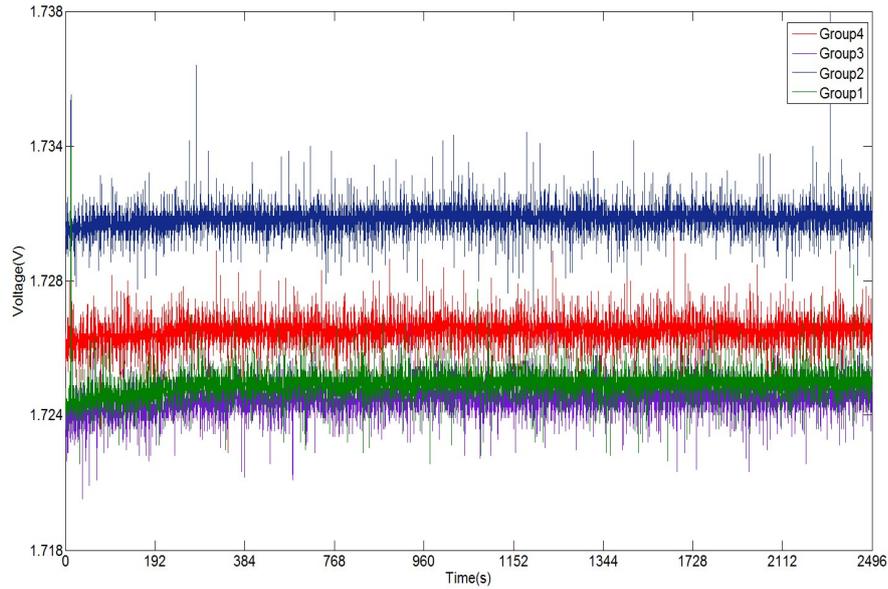


Fig. 13 Average output voltage of the grouped sensor space

실험 결과 같은 조도 상에서 모듈 위에 아무 물체도 없는 상태에서 실험이 이루어 졌으나, 4개 그룹의 출력이 다름이 확인되었다. 그룹영역별로 1.72~1.73V 사이에서 센서 출력이 이루어짐을 보였다. 출력값에서 확인 할 수 있듯이 각 그룹 영역마다 다른 디지털 필터기가 필요하다.

Initial Mode에서는 위와 같은 Fig 13과 같은 센서 정보를 이용하여 평균값의 50%수준으로 각 그룹의 디지털 필터기 Reference 값이 결정된다.

Decision 모드로 전환되면, Initial Mode에서 결정된 Reference 값이 Fig. 14와 같은 디지털 필터기의 (-)포트로 입력된다.

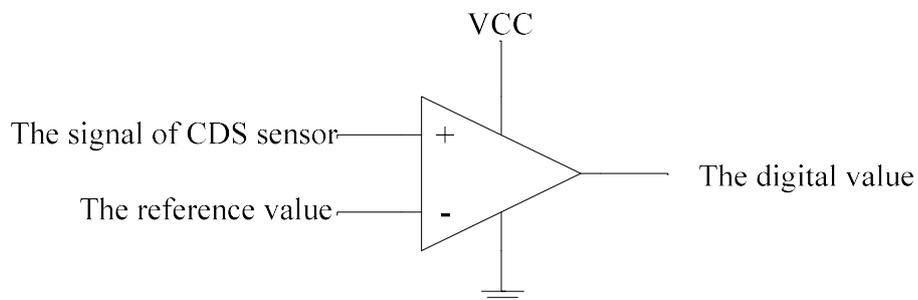


Fig. 14 Digital Comparator

Table. 1은 350Lux 조도 환경에서 결정된 Reference 값을 나타낸다.

Table 1 Grouped reference value

Group	Reference	Comparator input
Group 1 (Reference 1)	1.725v	0.8625v
Group 2 (Reference 2)	1.730v	0.8650v
Group 3 (Reference 3)	1.724v	0.8620v
Group 4 (Reference 4)	1.727v	0.8635v

위치인식 모듈 컨트롤러는 파워선에 대한 신호선을 스위칭 하면서 Digital 데이터를 획득한다. 즉, 입력된 50% Reference 값과 기존의 아날로그 신호값 (S1,S2,...,S7,S8)과 비교하여 Reference값보다 아날로그 신호값이 높게 출력될 경우에는 “1”을 출력하고, 낮을 경우에는 “0”의 디지털 신호값을 출력한다. 이렇게 수집한 디지털 값을 이용하여 로봇의 위치를 파악한다.

CDS Cell의 사용에 있어 가장 중요한 요소는 다양한 조도 환경상에서 변화가 센서 출력으로 충분히 반영되고 있는가이다. 때문에 40Lux에서 400Lux의 조도 환경에서 저항 R의 값을 0Ω에서부터 100kΩ까지 변화시키며 CDS Cell의 출력을 측정 한 결과 Fig. 15와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

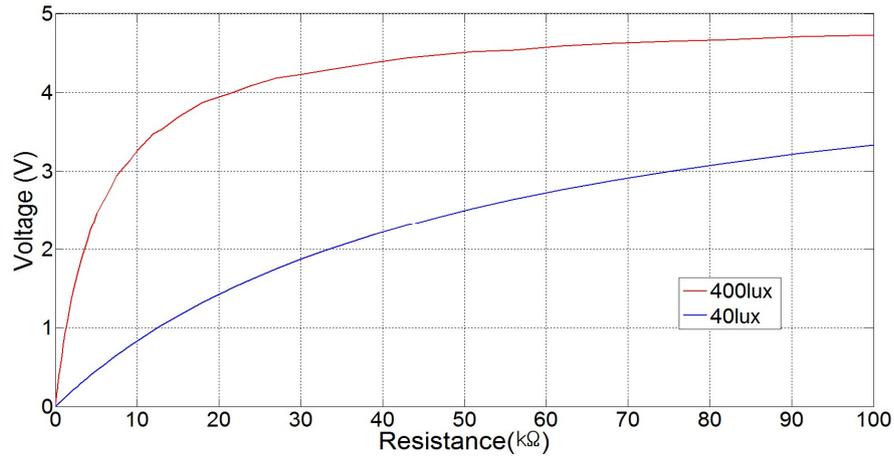


Fig. 15 Output voltage vs. resistance value for 40 and 400lux

실험 결과로 10kΩ 부근에서 CDS Cell의 출력변화가 가장 큰 것을 확인 하여 회로의 최적 저항을 10kΩ으로 선택 하였다.

모듈은 매트릭스 구조로 64개의 CDS Cell이 합성저항으로 이루어져 이에 대한 영향에 대한 실험이 필요하다. 조도가 0Lux에서 700Lux까지 변화는 환경에서 CDS Cell이 1개만 연결되어 있는 회로와 센서 64개가 합성저항으로 연결된 회로에 대한 실험을 진행하였다.

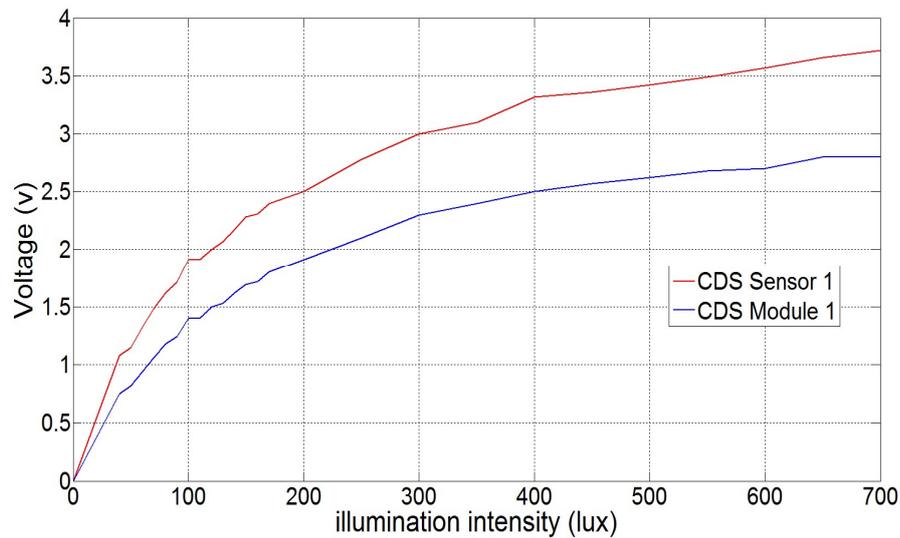


Fig. 16 Output voltage vs. illumination for cds sensor and module

Fig. 16의 결과 상 CDS Cell의 1개 연결된 회로가 모듈화된 회로에 비해 전압값이 높게 나타나고 있음이 확인되었다. 이는 CDS Cell 자체도 조도에 따라 값이 변하는 가변저항과 같으므로, 다수의 센서를 연결하게 되면 합성저항이 생긴다는 것을 보여준다. 실험 결과로 가진 고유 저항이 각 센서의 출력에 영향을 미치고 있음을 보여준다. 따라서 CDS Cell의 센서 공간을 설계할 때는 센서의 수만큼 발생하는 합성저항을 고려하여 입력전압과 전류를 설정해 주어야 한다.

1mx1m의 무대를 구성하기 위해서는 9개의 모듈이 필요하며, 1개의 모듈은 8x8의 매트릭스 구조로 이루어져 있으므로, 1mx1m의 무대 구성을 위해서 필요한 CDS Cell의 개수는 576개가 된다. 센서의 개수에 따른 입력전압과 전류를 설정하기 위해서 576개의 연결에 대한 조도 0Lux에서 500Lux에 따른 변화 실험을 진행하였다.

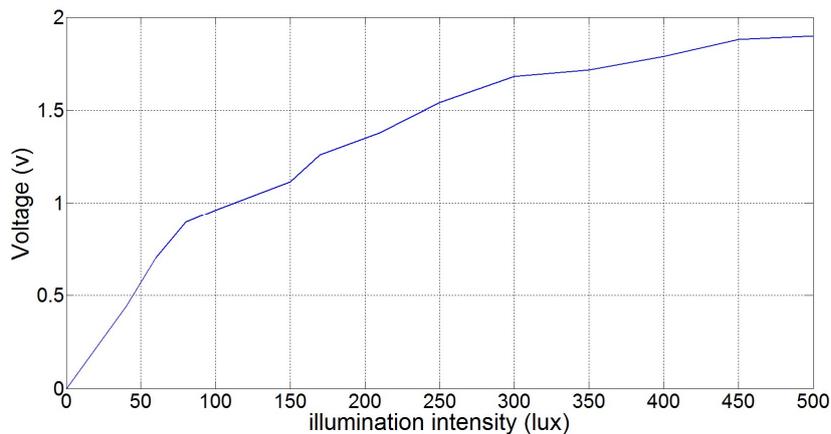


Fig. 17 Modules output voltage by illumination

Fig. 17의 결과로 시스템의 안정성을 위해 기존의 5V였던 입력전압을 3.75V로 낮추고, 전류를 높여 센서가 정상 작동 할 수 있도록 하였다. 저항 및 입력전압을 바탕으로 모듈의 환경적 특성을 분석하기 위해서 Table. 2와 같이 KS조도 기준에 의한 환경을 설정하였다. 각 조도 기준에 따른 환경은 Fig. 18(a)-(d)와 같다.

Table 2 Environment setting with illumination in KS standard

Illumination	Sensor data average	KS standard	Set the environment
0	0v	A	Robot recognized
40	0.4409v	D	Shadow recognized
60	0.7019v		
80	0.8961v	E	Corridor Meeting room
100	0.9619v		
150	1.1156v		
170	1.2617v	F	Auditorium Gymnasium Meeting room
210	1.3781v		
250	1.5417v		
300	1.6811v		
350	1.7166v	G	Classroom Office
400	1.7899v		
450	1.8810v		
500	1.8999v		



Fig. 18(a) Rating D



Fig. 18(b) Rating E

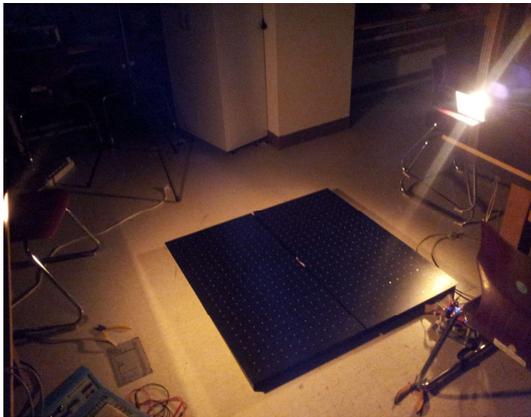


Fig. 18(c) Rating F

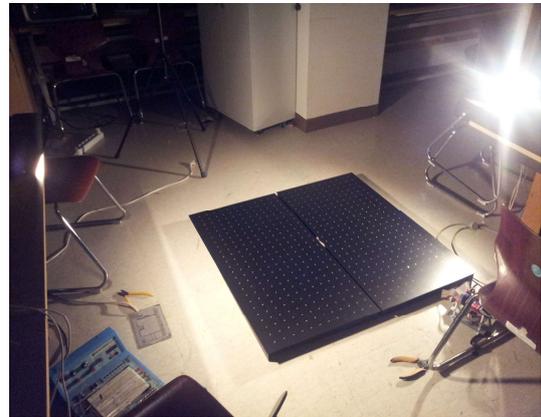


Fig. 18(d) Rating G

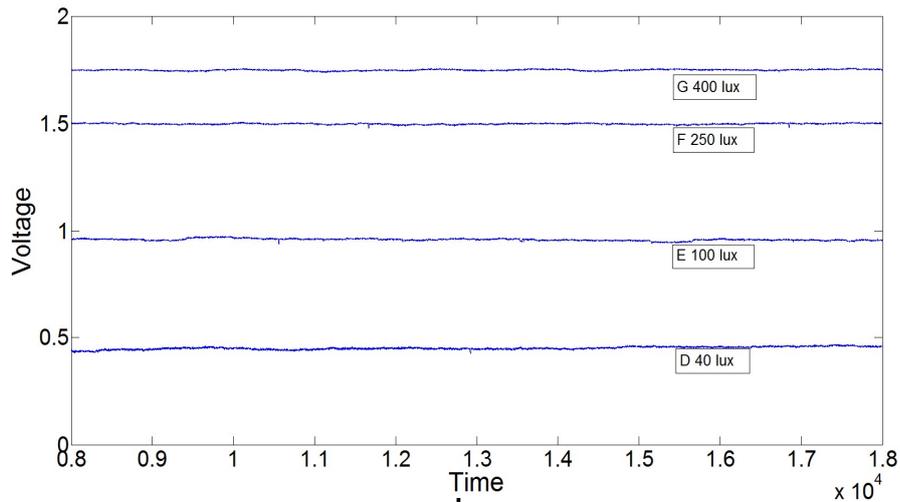


Fig. 19 Sensors data by Rating

Fig. 19는 설정된 각 조도 등급에 따른 모듈의 신호값을 시간에 따라 나타낸 것이다. D등급은 0~0.4V, E등급은 0~0.9V, F등급은 0~1.5V, G등급은 0~1.7V 사이에서 센서값이 변화한다. 이 때 각각의 Reference 값은 최대값과 최소값의 중간값을 선택하게 되지만, 40Lux ~ 60Lux 값은 로봇이 센서 인식공간에 위치하였을 때 그림자가 생성되는 환경으로 인식한다. 따라서 조도 등급이 E 이상인 경우 Reference값은 40Lux 이하의 값으로 설정하여 시스템이 로봇의 그림자를 인식하지 않도록 설정하였다.

Fig. 20은 측정 시간동안 모듈을 환경에 그대로 노출한 경우를 나타내고, Fig. 21은 광을 완전히 차단한 경우의 결과를 보여준다.

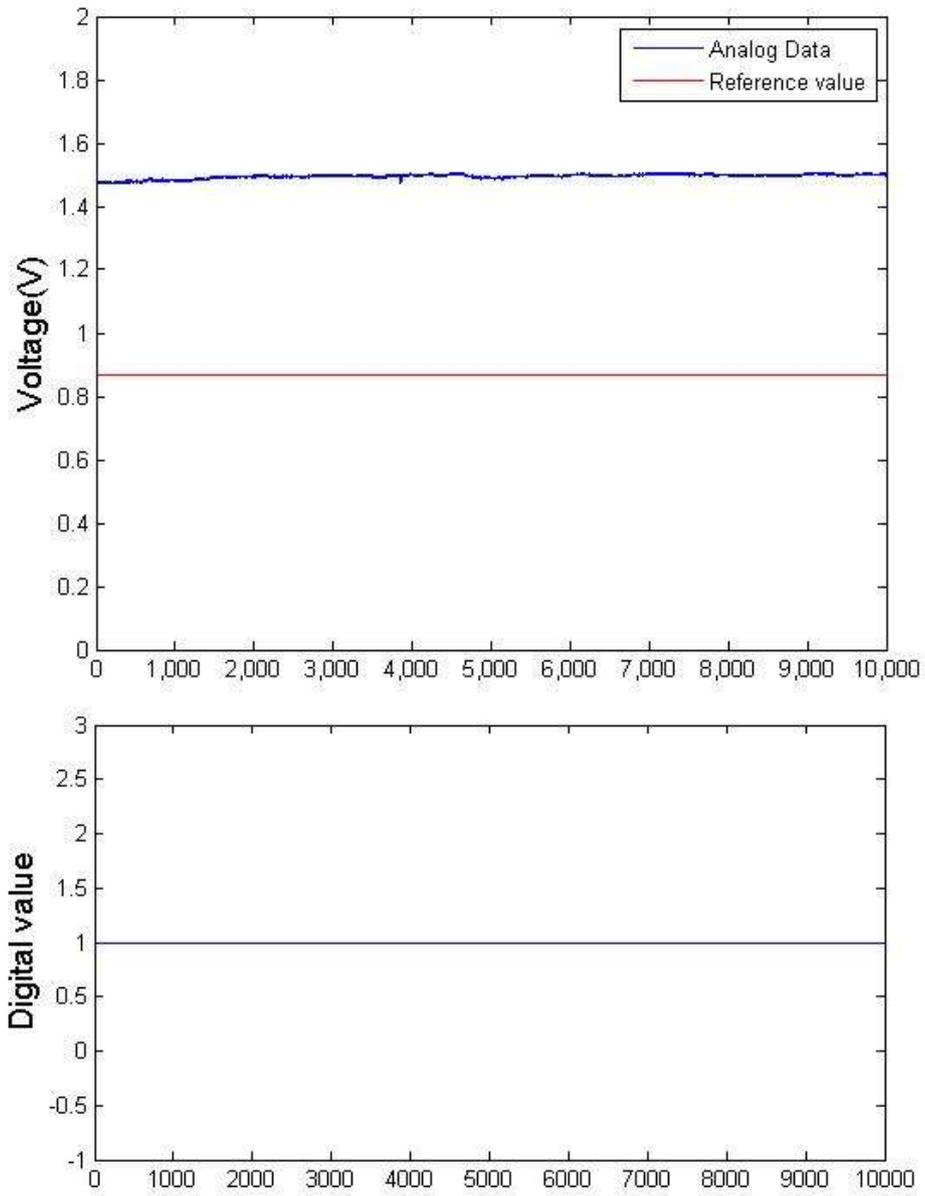


Fig. 20 Output of the location identification module for open environment

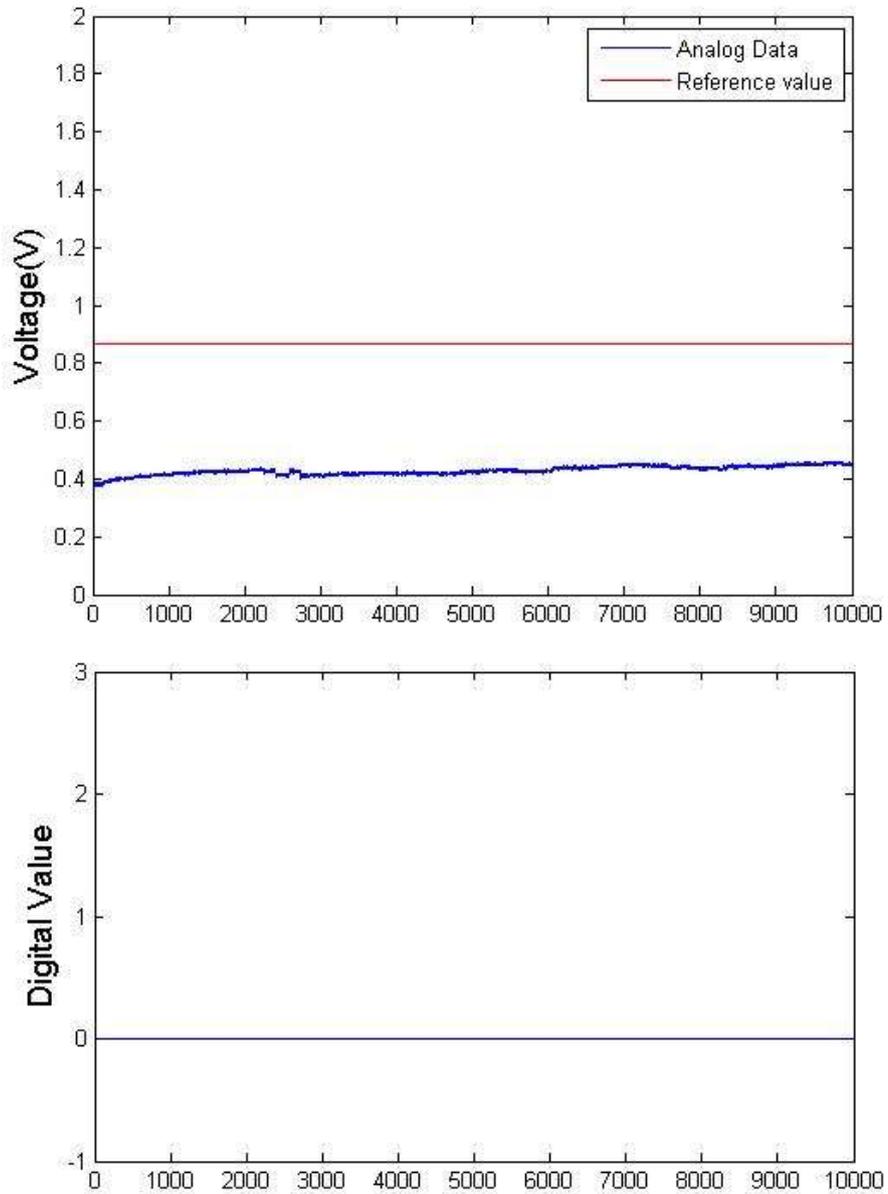


Fig. 21 Output of the location identification module for dark environment

디지털 필터기의 기준전압 이상의 센서정보 값을 출력하는 경우 2치화 정보 “1”로, 디지털 필터기의 기본 전압 이하의 센서 정보값을 출력하는 경우 2치화 정보 “0”으로 변환되는 결과를 나타낸다. 또한 조도 변화에 따른 디지털 필터기

의 Reference값을 확인하기 위해 로봇 플랫폼의 공연환경을 대표할 수 있는 회의실과 강당에서 조도 환경에 대한 Reference 값을 확인하였다. Fig. 22(a)와 Fig. 22(b)은 각각 100Lux인 복도, 회의실 등의 환경과 250Lux인 강당이나 체육관 등의 환경에서 발생하는 센서값과 이를 통해 발생하는 Reference값을 나타낸다. Reference값은 센서값의 1000샘플의 센서정보 평균값에서 50% 수준으로 결정된다.

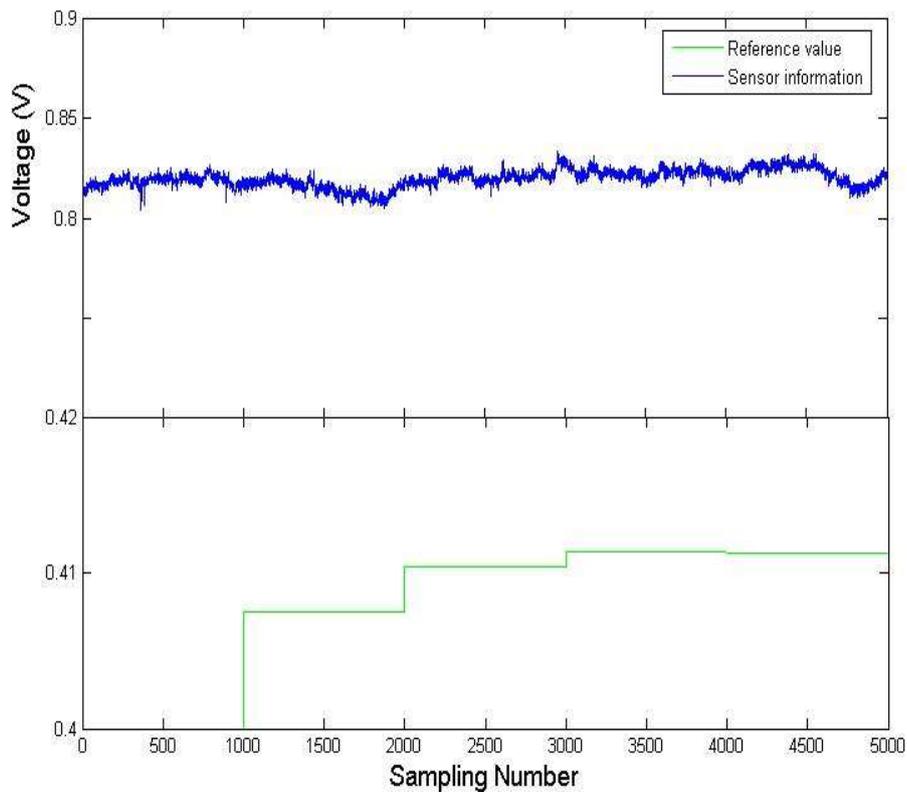


Fig. 22(a) Voltage and reference data of the location identification module for 100Lux

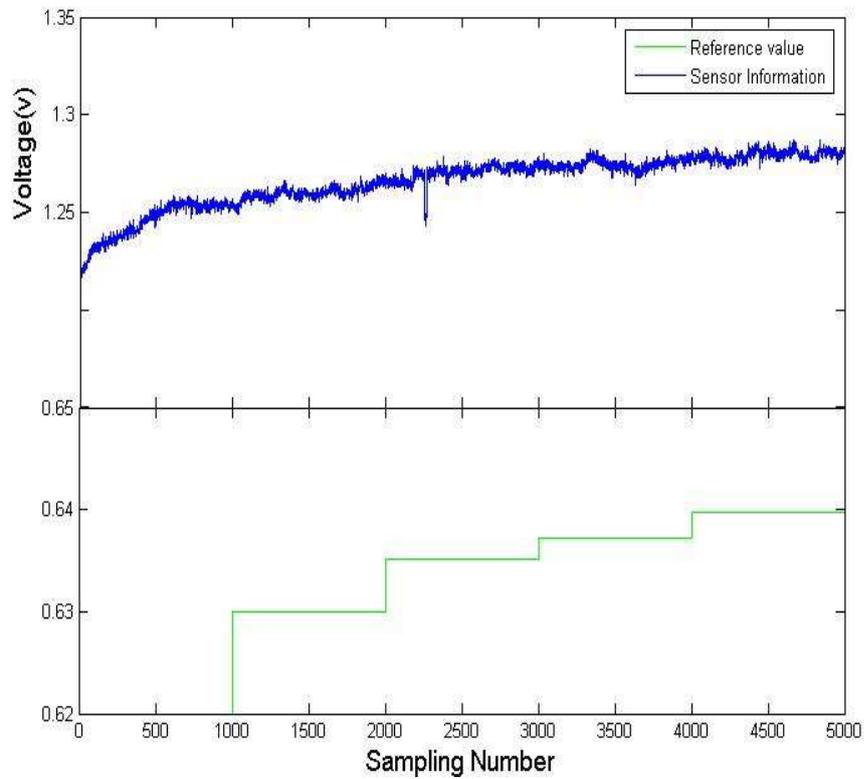


Fig. 22(b) Voltage and reference data of the location identification module for 250Lux

실험 결과로 동일한 실내 환경이라도 조도환경이 시간에 따라 변화하기 때문에 디지털 필터기의 조도환경에서 적응성을 높이기 위해서 Reference 값을 필요에 따라 조절할 필요가 있다. 위 과정에 의해 개발된 위치인식 모듈의 센서부는 Fig. 23(a)와 같으며, 컨트롤러는 Fig. 23(b)와 같다.

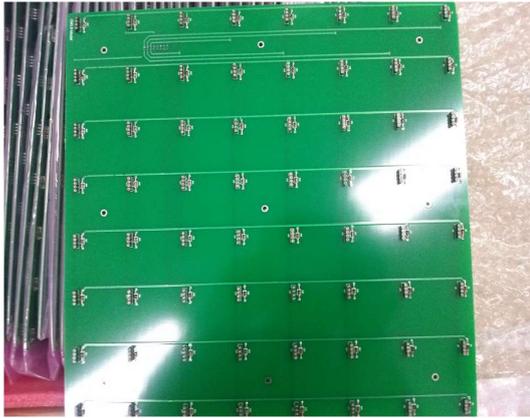


Fig. 23(a) Location identification module sensor part

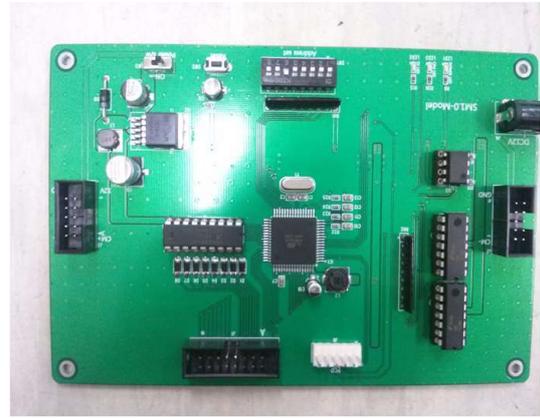


Fig. 23(b) Location identification module controller part

각각의 위치인식 모듈은 센서부와 컨트롤러로 이루어지며, 센서크기 및 배치 간격에 맞게 오차범위 0.1mm를 지정하여 센서상판을 제작하였고, 컨트롤러를 장착할 수 있도록 하판을 제작하였다. 상판과 하판은 지정된 높이에 맞게 연결 및 조립이 가능하도록 하였다. 위와 같은 센서 모듈을 9개 연결하고 고정하기 위해 서 프로파일을 이용하여 공연무대장치의 하부를 제작하였고 각각의 프로파일을 조립하고, 그 위에 위치인식 모듈을 9개 조립하여 Fig. 24과 같이 완성된 공연무대장치가 된다.



Fig. 24 Performance stage using location identification module

III. 로봇 공연 콘텐츠

1. 로봇의 위치인식

메인컨트롤러는 위치인식 모듈로부터 빛이 완전히 차단된 경우 “0”, 그 이외의 경우에는 “1”의 값을 갖는 2차원 정보를 전송받는다. 이 데이터를 이용하여 위치인식모듈과 1대1로 대응되는 평면 정보로 변환한다. 로봇이 위치한 구역에 대한 정보를 도식화하면 Fig. 25와 같이 로봇의 발이 위치한 센서는 “0”으로, 그 이외인 경우에는 “1”로 도식화 할 수 있다.

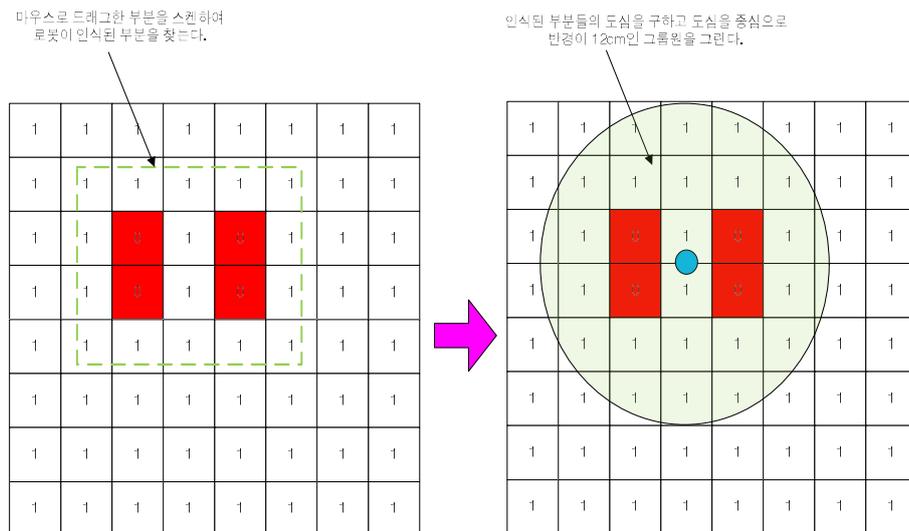


Fig. 25 Mapping of Sensor Information and Center Outcome of Robot

로봇 공연에서 최소 1회에 한해 그룹화와 로봇의 도심을 결정하기 위해 마우스를 이용하여 드래그한다. 그 사각 영역을 스캔하여 “0”으로 평가되는 로봇 발에 의해 가려진 위치를 그룹화 변수에 저장하게 된다. 최종적으로 그룹화 변수에 저장된 위치정보로부터 로봇의 도심을 결정한다. 메인 컨트롤러는 그룹화를 진행하는 최초 1회를 제외한 이후의 전 과정에서 로봇의 위치를 자동으로 추적해야

한다. 로봇 이동실험에서 1샘플링시간(250ms)동안 이동거리가 최대 8.5Cm 이내로 평가되었으며, 이에 따라 로봇의 도심을 중심으로 반경 12Cm의 원형영역에 대하여 센서값을 스캔한다. Fig. 26과 같이 새로운 정보가 그룹화되고 그룹에 새로운 도심이 결정된다.

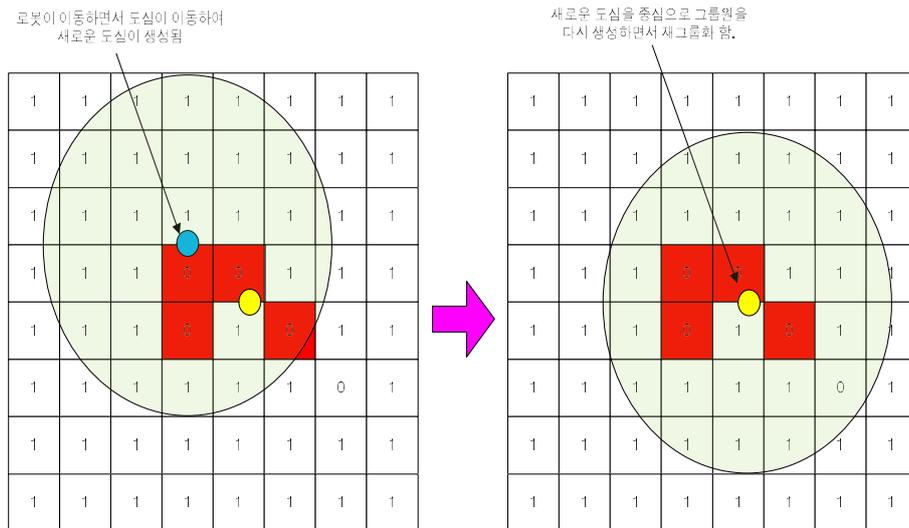


Fig. 26 New Mapping of Sensor Information and Center Outcome of Robot

메인 컨트롤러는 모듈형 공연장치의 위치데이터 획득, 로봇의 위치를 화면에 표시, 로봇의 움직임 제어 등의 로봇과 위치인식 모듈과의 연계를 주 기능으로 한다. 따라서 메인컨트롤러의 주요 기능을 눈으로 확인하고 제어할 수 있도록 하는 프로그램을 개발하였다. 프로그램의 주요 기능으로는 위치인식 모듈과 메인컨트롤러와의 통신 및 로봇과의 통신, 로봇의 움직임에 대한 위치인식 Display, 로봇의 독립적인 위치추정을 위한 그룹화, 위치인식모듈의 상태점검, 위치인식 데이터 Logger, 스토리기반의 공연 콘텐츠 구현 등이 있다. Fig. 27(a)와 Fig. 27(b)는 메인컨트롤러의 위치인식 프로그램의 Display Mode를 나타낸다.

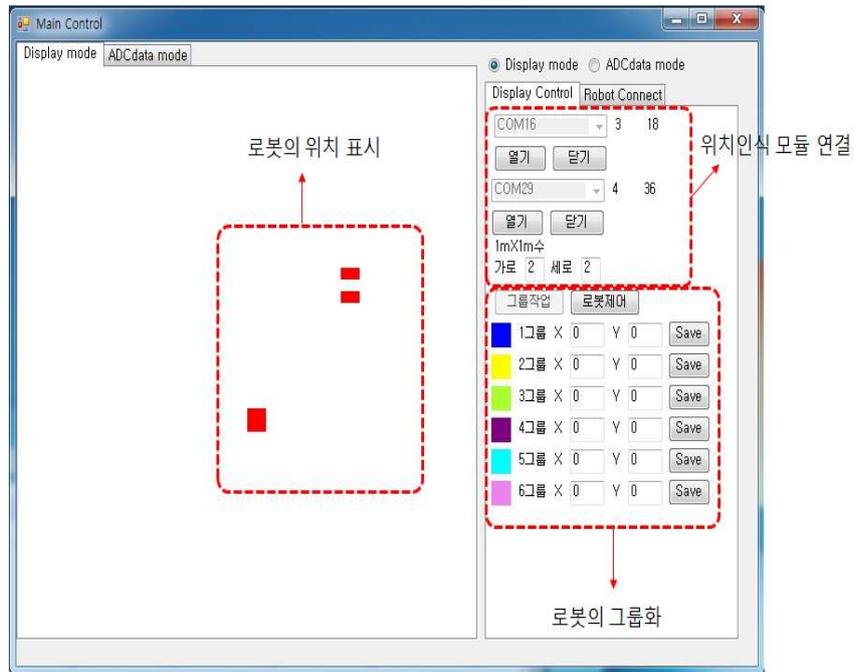


Fig. 27(a) location identification module program display mode-display control

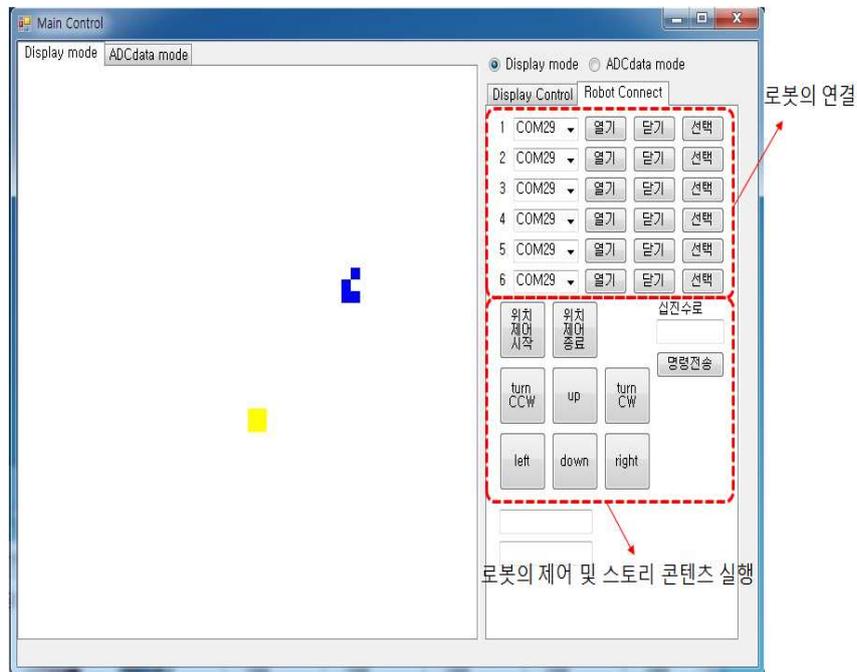


Fig. 27(b) location identification module program display mode-robot control

프로그램의 Display모드에서는 로봇의 위치를 표현하고, 각각의 로봇에 대한 그룹화 과정을 진행할 수 있다. 또한 로봇을 연결하여 직접적으로 제어를 하거나 각 그룹에 대한 목표 위치를 설정하여 정해진 이동경로에 따라서 따라 이동하도록 명령을 내릴 수 있다. 그룹화된 로봇이 움직이는 현황을 실시간으로 볼 수 있다. Fig. 28은 ADC Mode를 나타낸다.

위치인식 모듈의 상태 확인 및 센서 데이터 Logger

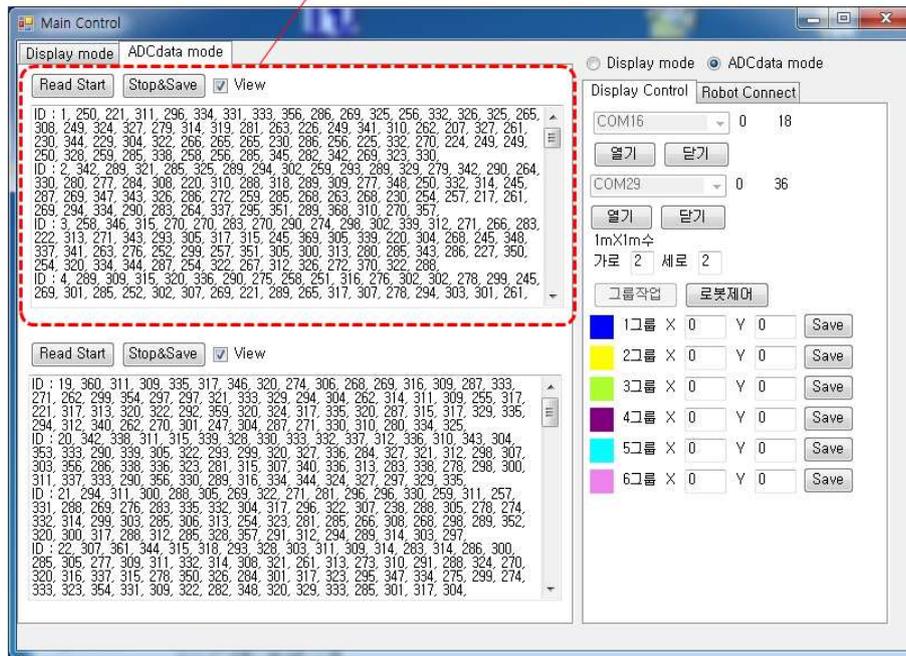


Fig. 28 location identification module program ADC data mode

프로그램의 ADC Mode에서는 위치인식 모듈 각각에 대한 ADC값을 읽어 올 수 있으며, 이 값들을 통해서 센서가 정상 작동하는지를 확인 할 수 있다. 또한 프로그램 외부에서 센서의 특성을 분석하기 위해 전송받은 ADC값을 텍스트 파일로 저장하는 기능이 있다. Fig 29는 위치인식모듈의 불특정 위치에서 확인되는 로봇의 위치 정보를 도식화 한 것이다.

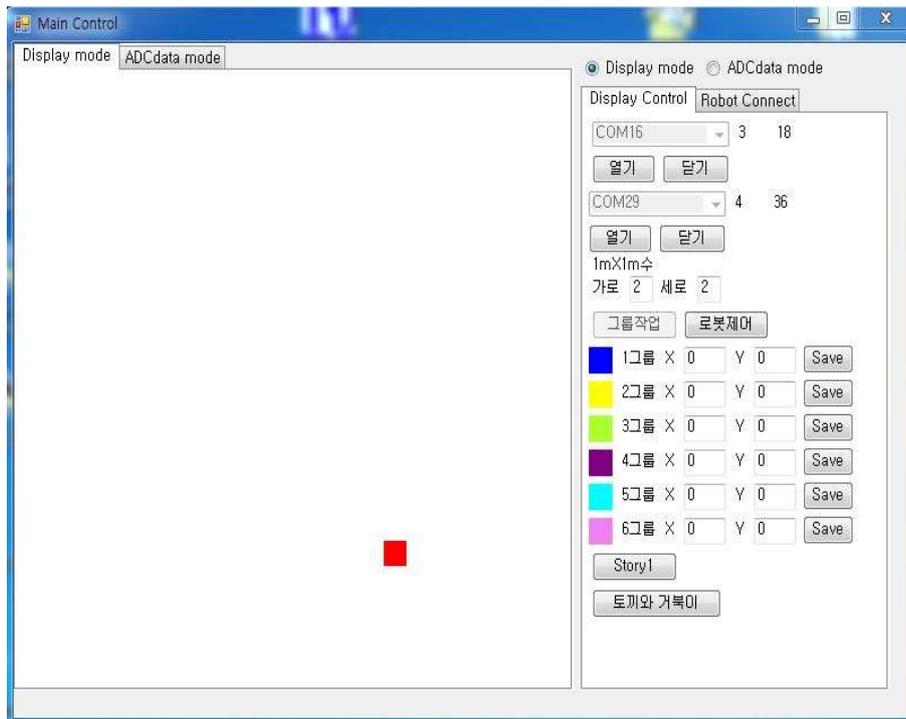


Fig. 29 Mapping of Center Outcome of Robot

스토리기반의 공연 콘텐츠를 제작하기 위해서는 복수의 로봇이 각각 상황에 맞도록 독립적으로 위치인식이 가능하여야 한다. 특히 공연 모듈 내에 위치한 복수의 로봇을 각각 추정하기 위해 스토리에 따른 이동 경로 계획이 필요하다. 또한 위치인식 결과와 이동경로 계획으로부터 이동 가능한 공간을 추정함으로써 멀티로봇 상태에서 로봇의 고유 위치를 추정하는 기술이 필요하다.

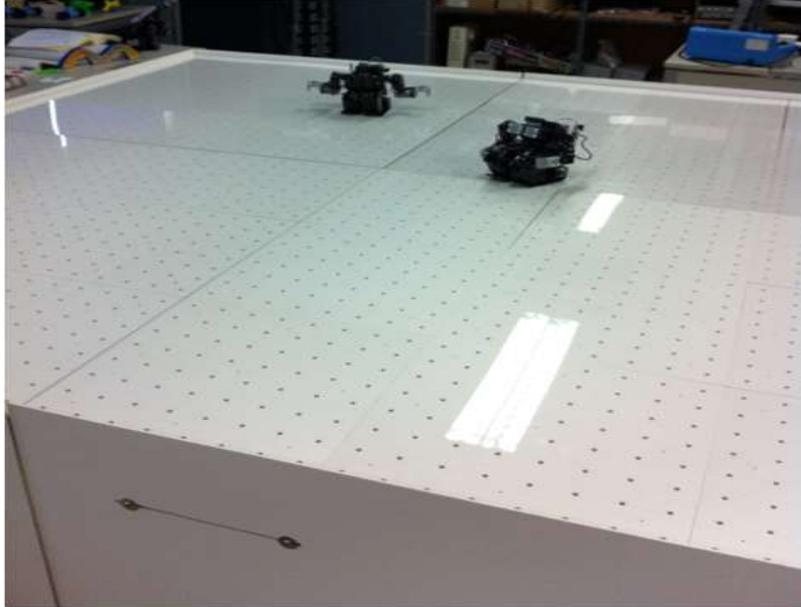


Fig. 30(a) Robot Position

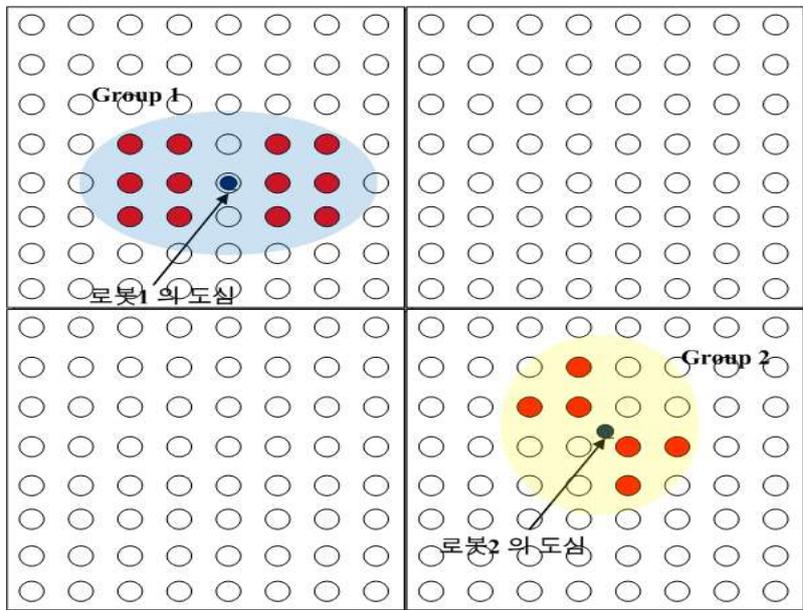


Fig. 30(b) Mapping of Center Outcome of Robot

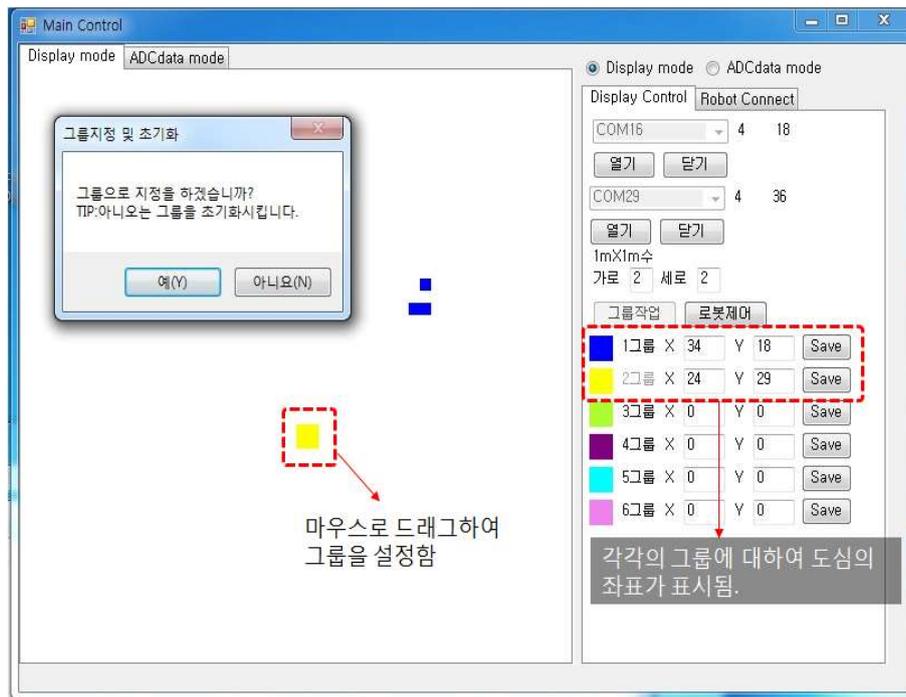


Fig. 30(c) Grouping of robot

Fig. 30(a)-(c)는 로봇의 위치(a)에 따른 도심 산출(b)을 통한 그룹화(c) 과정을 나타낸다.

로봇이 공연 무대장치에 위치하게 되면 최초 1회에 마우스로 드래그하여 각의 로봇에 대한 그룹을 지정한다. 이때 인식된 센서 범위에 대한 도심은 자동으로 계산되어지며, 로봇이 이동할 때마다 도심의 위치는 갱신된다. 그룹화 된 로봇은 각 그룹마다 색이 지정되어 구분할 수 있고, 위치변화를 저장하여 로봇이 지정된 경로로 정확히 움직이고 있는지 파악할 수 있다.

센서 공간 내 다수의 로봇이 존재하는 경우 각각의 서로 가른 그룹으로 인식되어 도식화하며 메인 컨트롤러에 나타낸다. 다수 로봇의 그룹화 성공률을 확인하기 위한 실험을 진행하였다. Fig. 31(a)-(b)와 Fig. 32(a)-(b)에서 (a)는 로봇의 위치이며 (b)는 각 위치에 따른 도식화된 패턴 결과를 나타낸다.

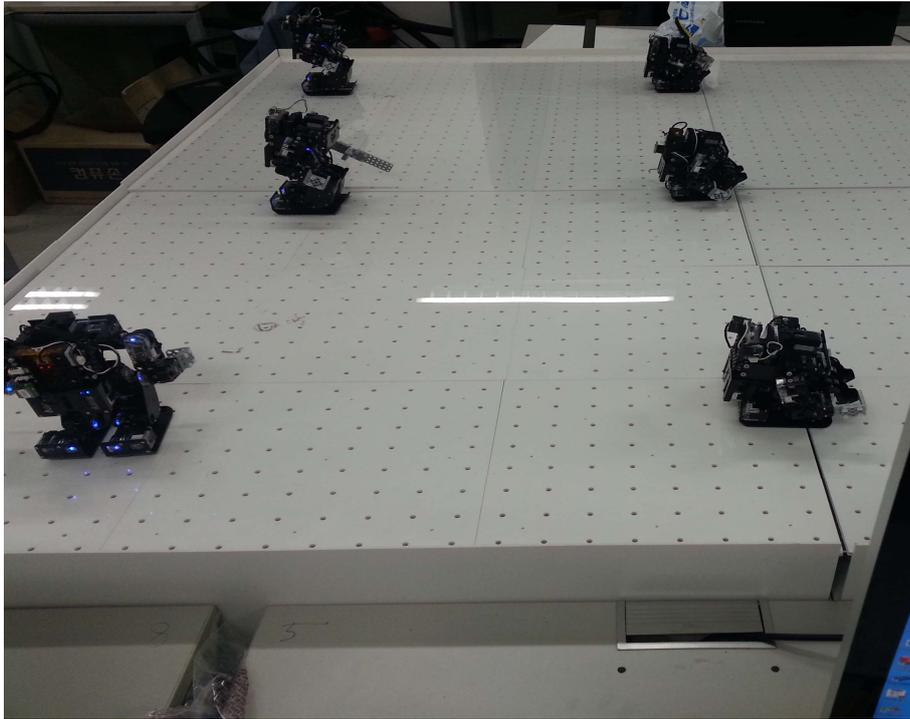


Fig. 31(a) Robot Position

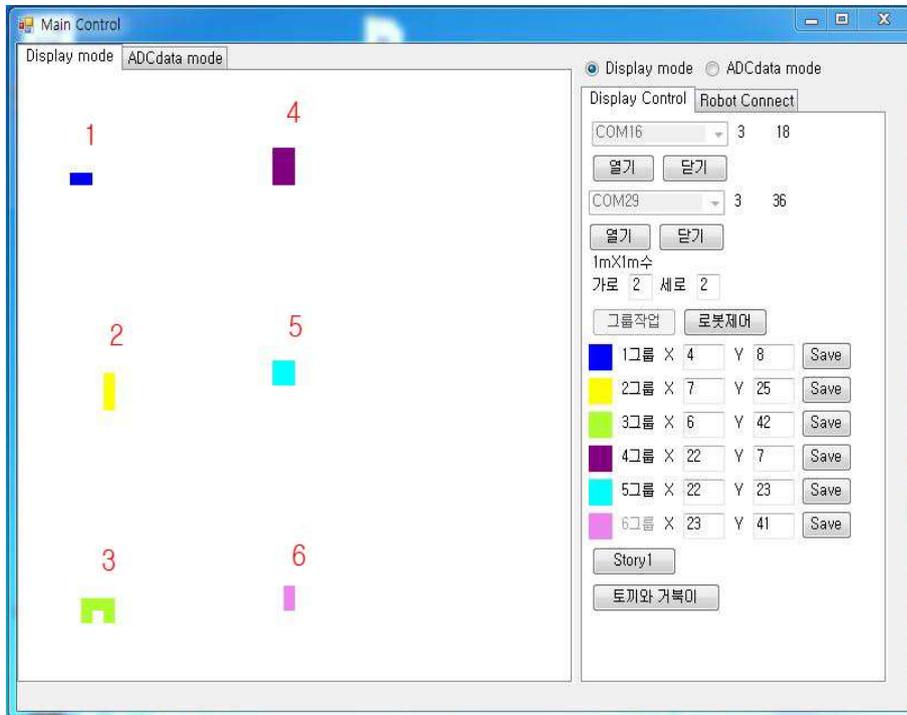


Fig. 31(b) Position Pattern of the Robot



Fig. 32(a) Robot Position

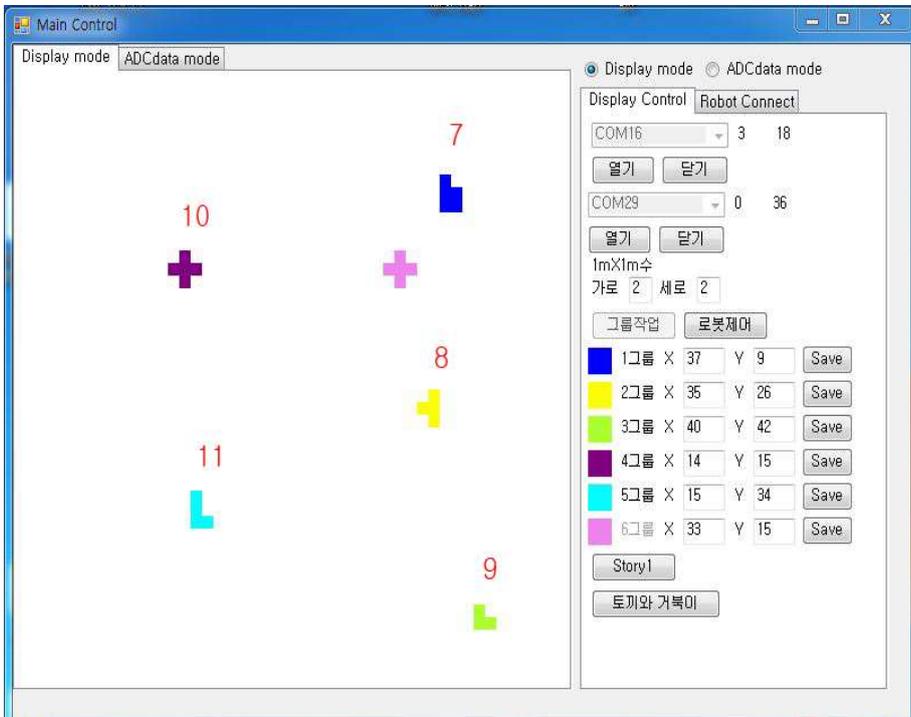


Fig. 32(b) Position Pattern of the Robot

아래의 Table. 3과 Fig. 33는 그룹화 성공률 실험에서 모듈 내 로봇의 실제 위치와 그룹화 정보를 이용한 계산 측정치로부터 얻어진 위치오차에 대한 결과를 보여준다.

Table. 3 Grouping and the actual measurement error of the robot

Pattern number	The actual distance (x, y)		Position Measuring (x, y)		Error (x, y)	
1	18	28	16	32	2	-4
2	29.5	100.5	28	100	1.5	0.5
3	23.5	168.5	24	168	-0.5	0.5
4	87.5	28	88	28	-0.5	0
5	86	94.5	88	92	-2	2.5
6	92	165	92	164	0	1
7	151	35.5	148	36	3	-0.5
8	143	104	140	104	3	0
9	161	168	160	168	1	0
10	53	61.5	56	60	-3	0.5
11	59.5	1339	60	136	-0.5	3
12	131.5	55.5	132	60	-0.5	-0.5

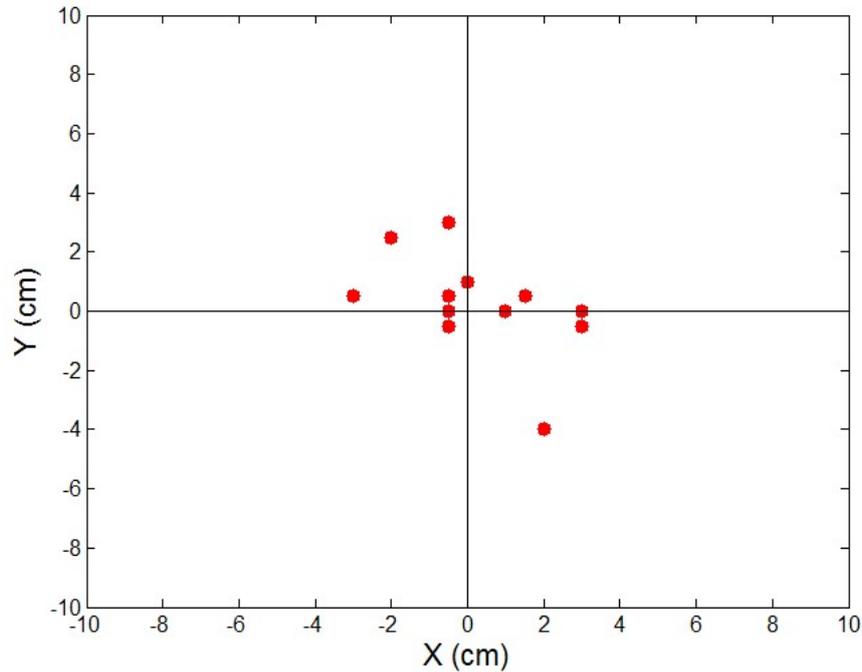


Fig. 33 Position Error of Real Position and Outcome Position

실거리 위치와 측정위치로 인한 오차가 4Cm이내의 오차 범위내에서 도심이 측정되는 것을 확인하였다. 4Cm는 CDS Cell이 배열된 사이 간격으로 이와 같은 오차가 나온다는 것은 그룹화 성공률이 100%라는 것으로 판단할 수 있다.

2. 로봇의 경로계획

스토리 공연 콘텐츠 제작을 위해서는 로봇의 이동이 필수이며, 로봇의 이동경로계획은 반드시 설계되어야 한다. 따라서 그룹화된 각각의 로봇이 정해진 목표점까지 이동할 수 있도록 메인컨트롤러에서 적절한 보정을 통하여 로봇의 이동경로계획을 설계하여야 한다.

로봇의 이동경로계획은 로봇이 자신의 위치를 파악하고, 설정한 목표위치에 도달하기까지 방향을 계속해서 보장해 주는 것이다.

Fig. 34은 이동경로 계획에 따른 로봇의 좌표를 나타낸다.

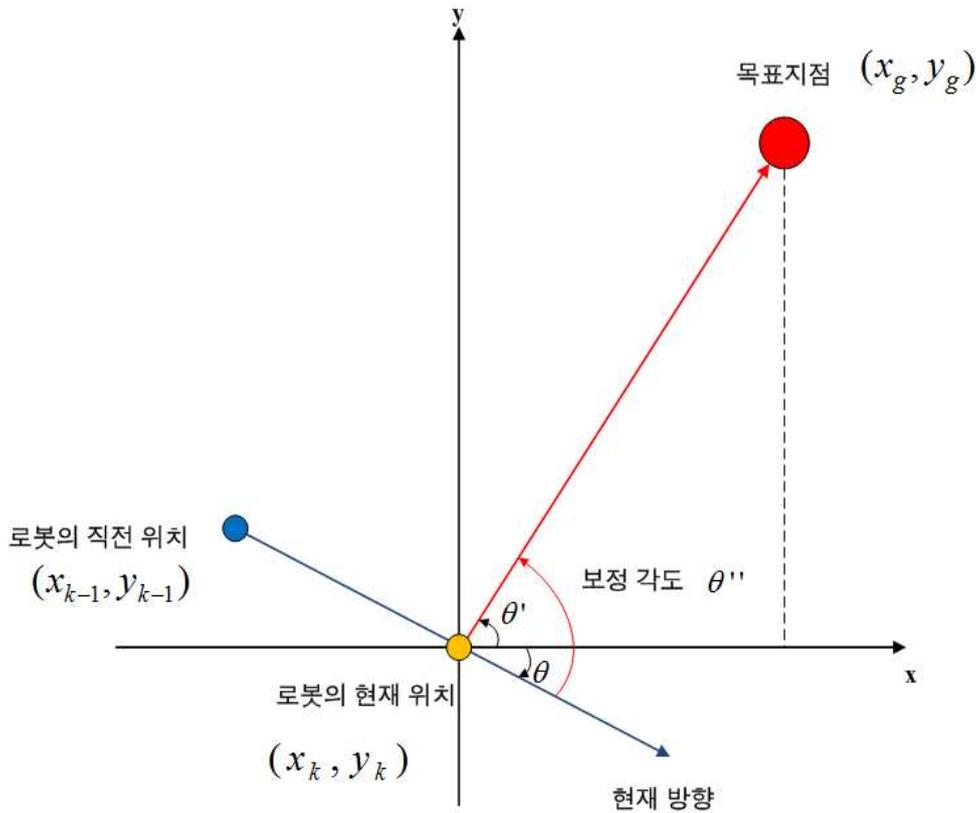


Fig. 34 Moving Direction and Goal Direction on Coordinate System of Performance stage

로봇의 좌표는 현재 위치에 대한 x-y좌표로 표현되며, 로봇의 방향은 이동 직전의 위치와 현재 위치를 비교하여 현재 방향을 나타낸다. 현재 위치에 대한 θ 와 θ' 는 다음과 같다.

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{y_{k-1} - y_k}{x_{k-1} - x_k}\right) \quad \theta' = \tan^{-1}\left(\frac{y_g - y_k}{x_g - x_k}\right) \quad (3.1)$$

이때, 로봇의 방향 결정을 위하여, θ , θ' 은 사분면의 위치에 따라 각도를 보정

해 주어라 한다. 즉, θ, θ' 가 각각 2사분면과 3사분면에 위치하는 경우, $180 + \theta$ 와 $180 + \theta'$ 로 보정을 해 주어야 한다. 최종적으로 로봇의 이동에 따른 보정각(θ'')는 다음과 같다.

$$\theta'' = \theta - \theta' \quad (3.2)$$

여기서 $\theta'' > 0$ 이면, 시계방향으로 보정하고, $\theta'' < 0$ 이면, 반시계방향으로 보정한다. $|\theta''| > 180$ 일 경우에는 반대 방향의 회전이 적은 보정각을 선택해 주어야 한다. 이에 따라 $\theta'' = \theta'' - 360$ 으로 보정해 주어야 한다.

본 연구에 이용된 퍼포먼스 로봇의 경우 자체 오차로 인해 직진 이동시 시계 방향으로 오차가 약 3° 발생하고 있다. Fig. 35은 로봇의 직진 명령을 5회에 따른 결과를 나타낸다.

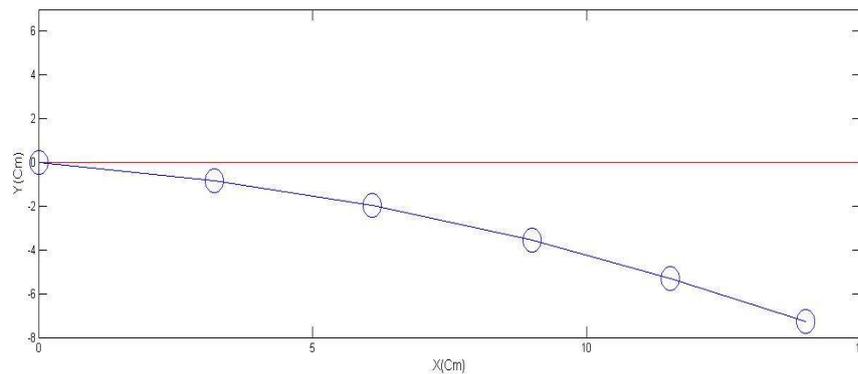


Fig. 35 Errors that occur in the rectilinear motion of the robot

때문에 로봇의 이동에 따른 오차를 보정하기 위해서 보정각(θ'')은 오차가 발생하는 방향의 반대 방향인 시계반대방향으로 3° 씩 보정을 해 주어야 한다.

Fig. 36은 로봇의 이동 경로에 따른 순서도를 나타낸다.

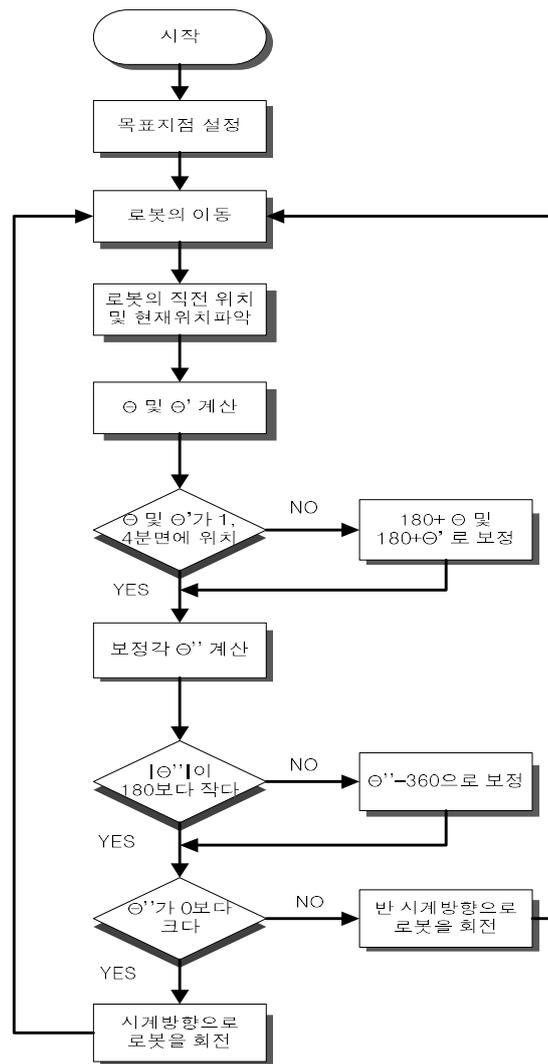


Fig. 36 Path planning Flowchart of Robot

로봇의 위치인식과 경로 계획에 대한 평가를 위해 로봇의 75cm와 125cm를 이동하는 실험을 20회 진행하였다. Fig. 37와 Fig. 38은 각각 실험 1회에 해당하는 경로 계획을 나타낸 것이며, 원은 측정된 로봇의 위치를 나타낸 것이다.

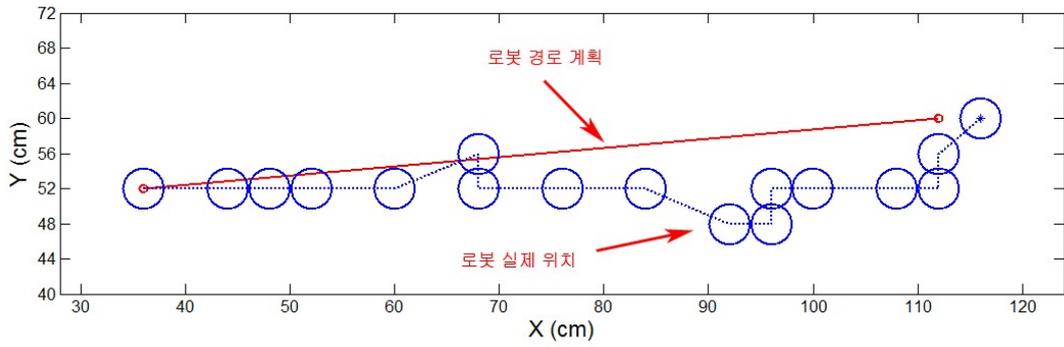


Fig. 37 Evaluation of the position recognition accuracy(75Cm)

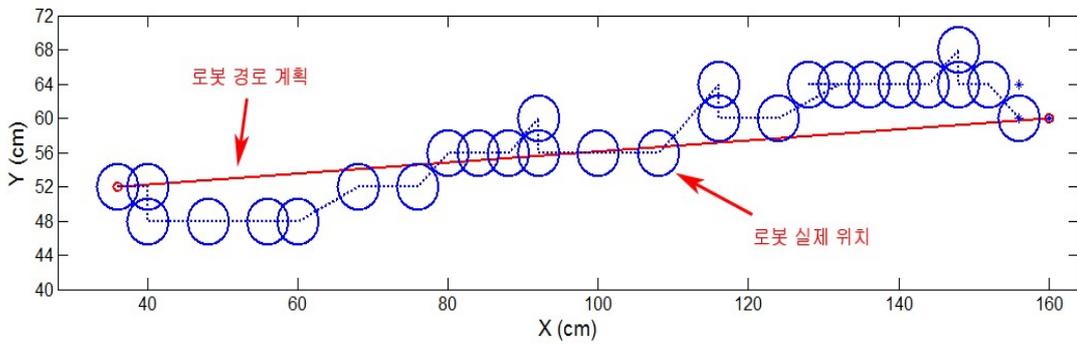


Fig. 38 Evaluation of the position recognition accuracy(125cm)

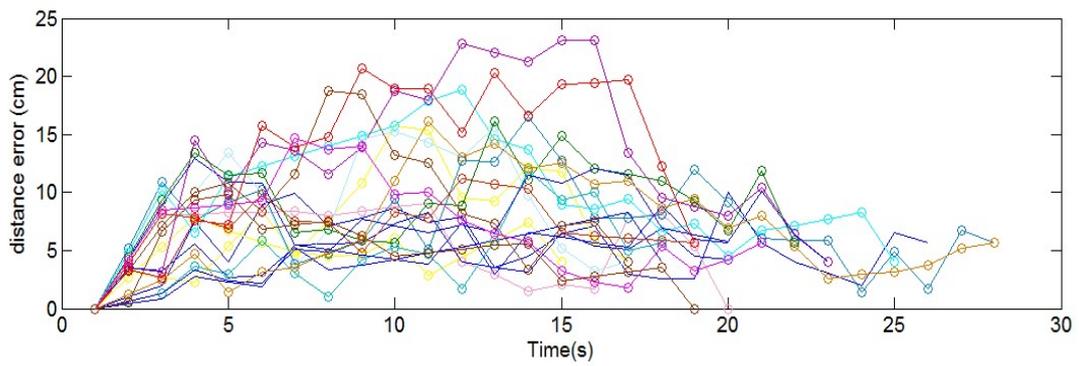


Fig. 39 Distance error along the Path plan(75cm)

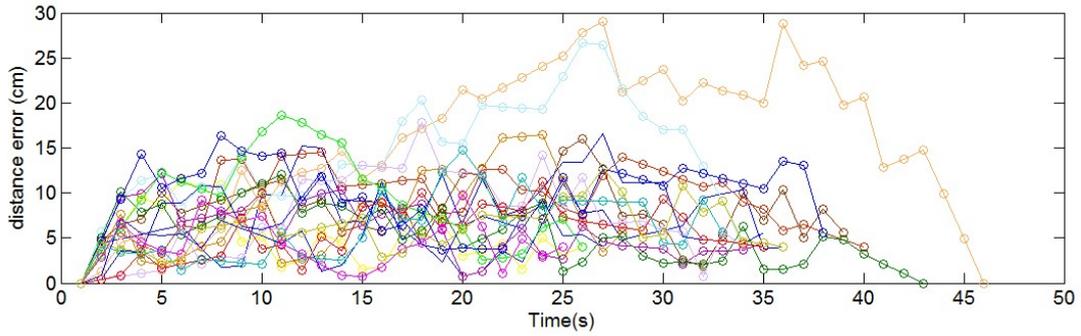


Fig. 40 Distance error along the Path plan(120cm)

Fig. 39와 Fig. 40은 위 실험에서 경로 계획과 측정된 로봇의 위치를 평가한 거리 오차를 나타낸 것이다.

75cm경로 계획에 따른 20회의 실험에서 최대 23cm 거리 오차를 보이는 경우가 발생하였다. 120cm경로 계획에 따른 20회의 실험에서는 28cm와 26cm의 오차를 보이는 경우가 발생하였다.

다음의 Fig. 41은 주행 목표점과 로봇의 주행완료를 인식한 최종 위치와의 거리 오차를 나타낸 것이다.

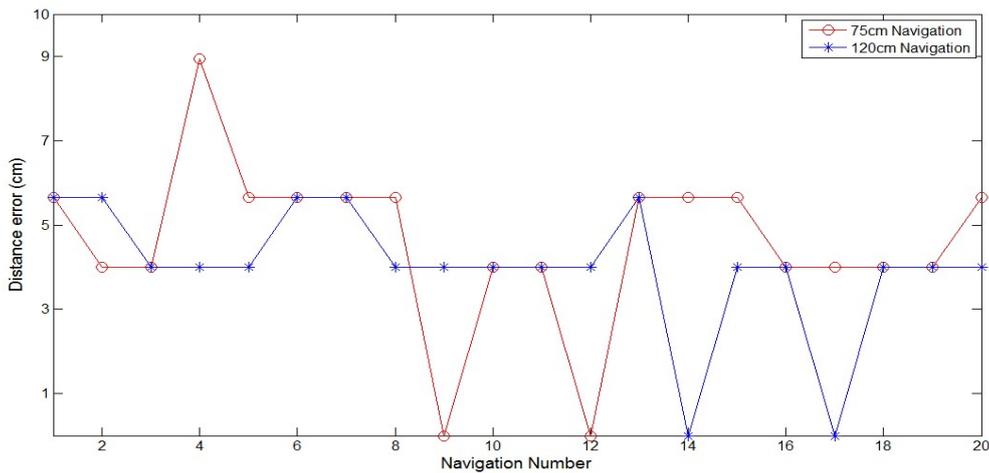


Fig. 41 Distance error between the final position and the target position

주행 평가 과정에서 발생하는 오차에서도 목표지점까지 최대 9cm 오차를 갖는 것으로 확인되었다.

다수의 로봇의 이동에 따른 위치추정 에러율을 확인하기 위해 4개의 로봇을 이용하여 이동실험을 진행하였으며, 실험 방법은 Fig. 42와 같다.

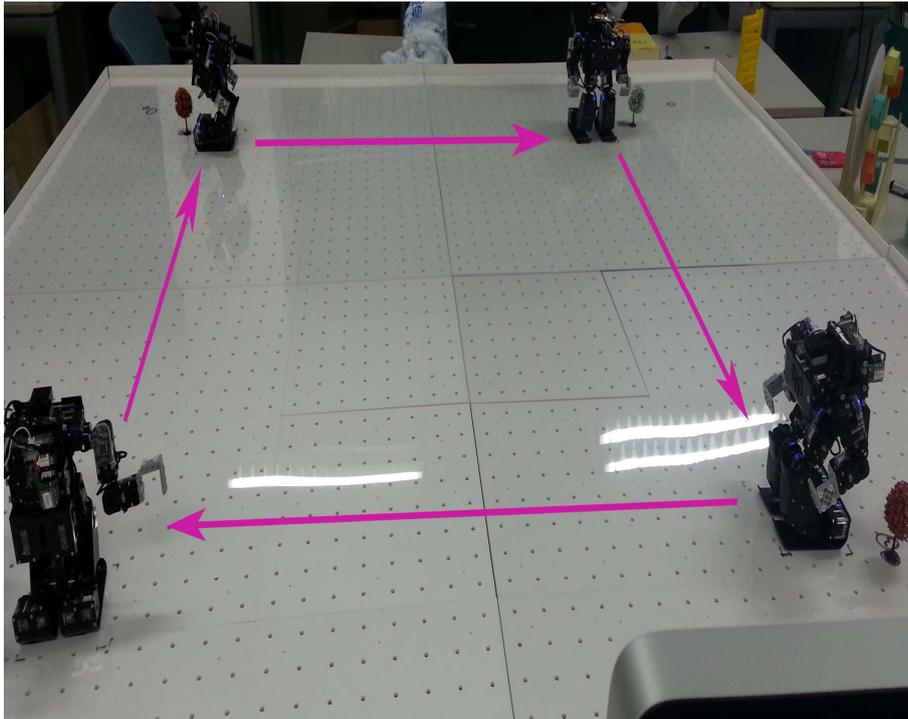


Fig. 42 Experimental methods of error rate to the movement

위치인식 모듈 위에 위치한 4개의 로봇의 위치에서 로봇 1은 1→2→3→4→1, 로봇 2는 2→3→4→1→2, 로봇 3은 3→4→1→2→3, 로봇 4는 4→1→2→3→4의 경로를 따라 이동하는 주행실험을 10회 실시하였다. Fig. 43는 10회의 주행 실험 중 1회에 대한 경로 계획과 이동 중에 측정된 로봇의 위치를 나타낸 것이다.

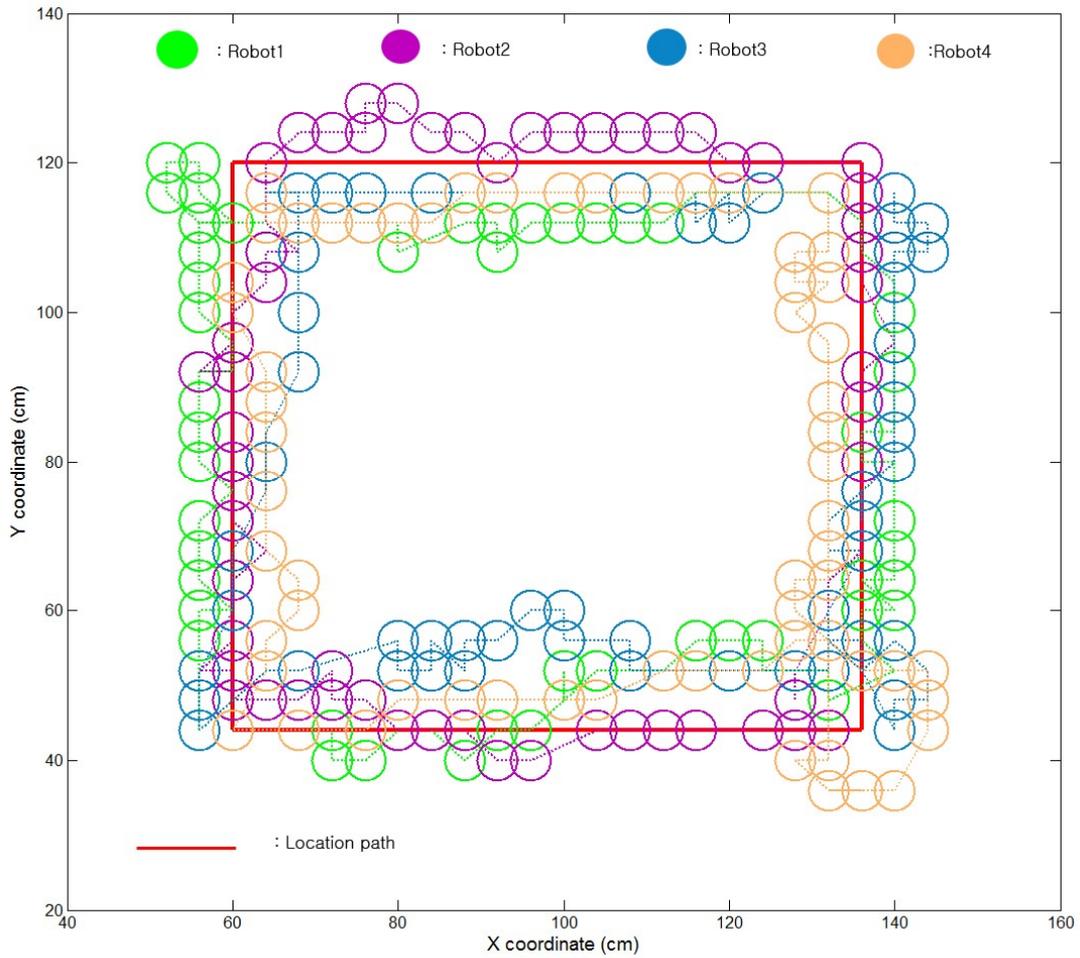


Fig. 43 Path Plan and Robot Position on Performance Stage with Multi Robot

Fig 44는 위와 같은 실험에서 최종 목표위치와 주행완료 후 로봇의 위치와의 오차를 나타낸 것이다.

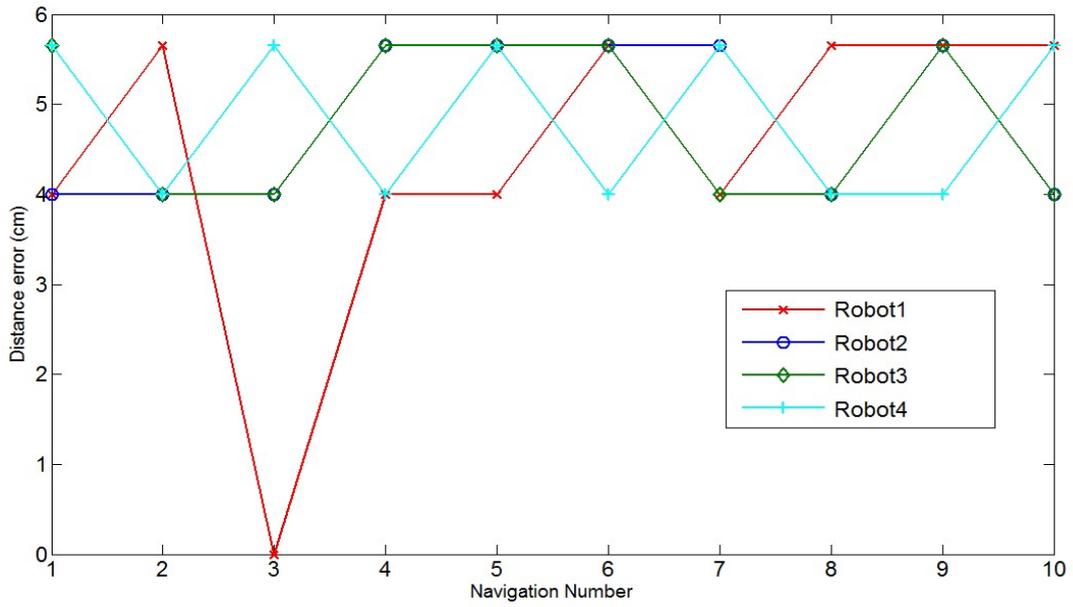


Fig. 44 Distance error between the final position and the target position

Fig. 45는 최종목표지점까지 주행하는 과정에서 그룹화와 로봇의 도심측정에 성공한 횟수를 낸다.

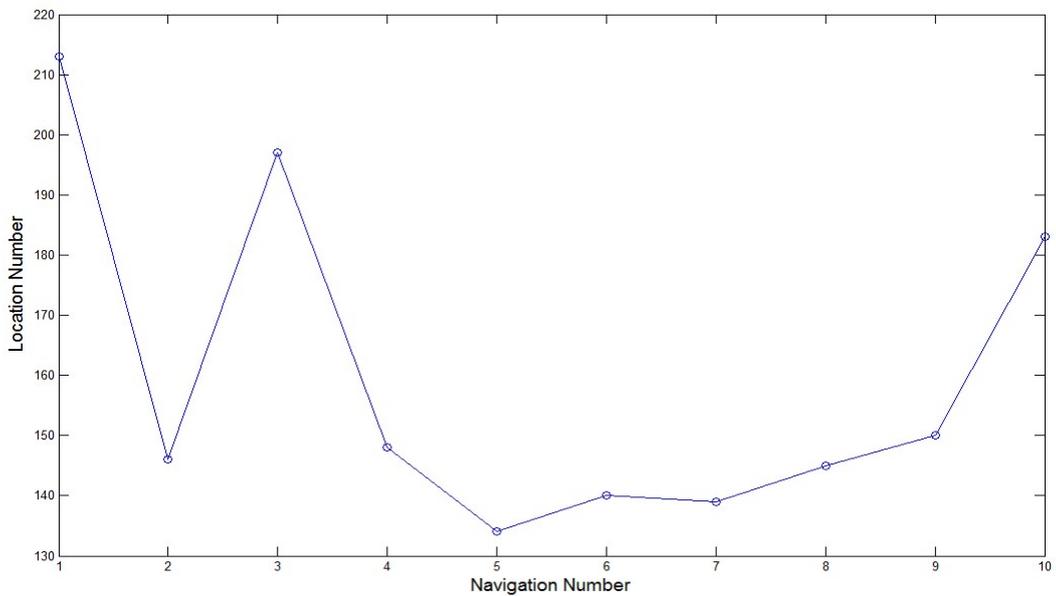


Fig. 45 Success Rate of Center Outcome in the Moving Process

Fig. 45의 결과로부터 멀티로봇 상황에서도 위치추정에 실패하는 경우가 없음을 확인하였다.

3. 스토리 기반 로봇 공연

위치인식 모듈을 이용하여 스토리 기반의 로봇공연을 기획하였다. 본 논문에서 개발한 공연 콘텐츠의 구성은 경로계획과 이동 중 수행하는 동작으로 구성된다. 비교적 단순하면서도 이해가 쉬운 “토끼와 거북이”를 주제로 스토리를 구성하여 로봇 공연을 Fig. 46과 같이 시연하였다. 토끼와 거북이 로봇 공연 콘텐츠는 아래 그림과 같이 3대의 로봇에 각각 토끼, 거북이, 해설 역할을 부여하여 사전에 계획된 경로 이동과 동작을 수행하도록 하였다.



Fig. 46 Story-based robot performance content

로봇은 Fig. 47과 같이 Group1, Group2, Group3 으로 그룹화 되어 공연 무대에서 각각 위치가 인식된다. 사전에 계획된 이동경로에 따라 위치를 보정하면서 이동하며, 사전에 지정된 위치에 도달하면 스토리 구성에 필요한 로봇 퍼포먼스 동작을 수행한다. Fig. 47은 공연콘텐츠의 프로그램 상 구성이다.

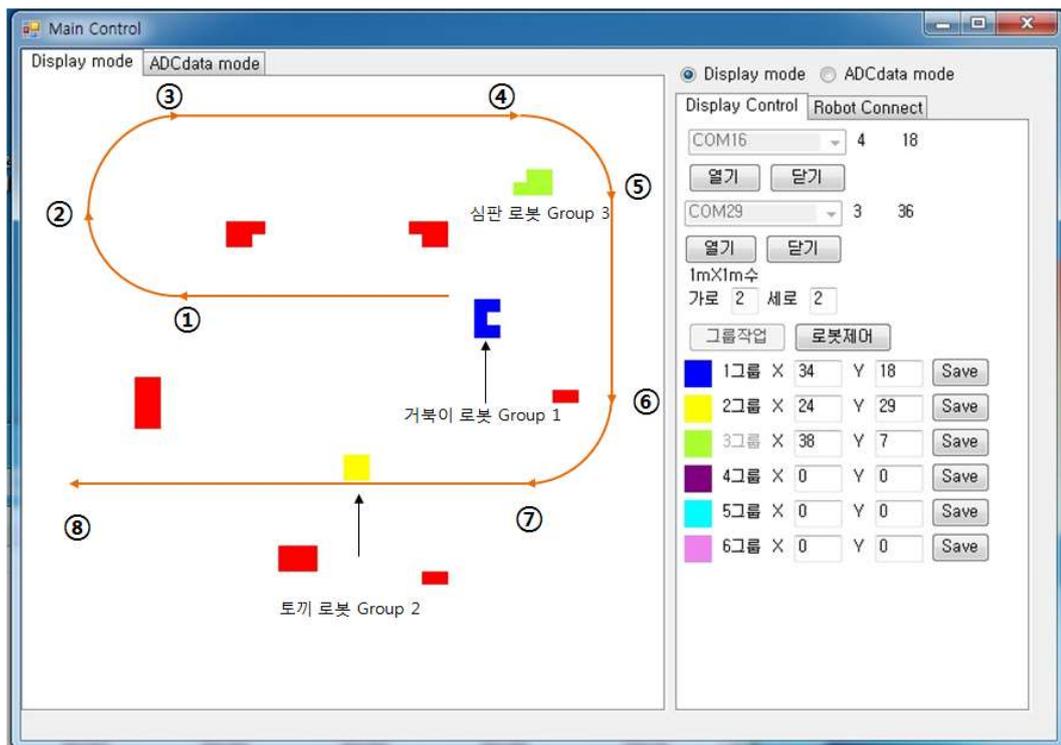


Fig. 47 The Settings on the program of performance content

스토리 기반의 로봇 공연 “토끼와 거북이”의 콘텐츠 구성(경로계획, 퍼포먼스 계획)은 다음과 Table 4 와 같고, 각 구역마다 진행되는 스토리는 Table 5와 같다.

Table 4 Performance and Path Plan of the Robot Content

구역		로봇 동작
1Point	Group1(turtle)	1지점으로 이동
	Group2(rabbit)	1지점으로 이동
	Group3 (commentator)	팔을 뻗으며 이야기하는 동작
2Point ~ 3Point	Group1(turtle)	1구역의 위치에서 대기하고 있다가 토끼가 2구역 위치에 도착과 동시에 2구역으로 출발. 천천히 3구역까지 이동.
	Group2(rabbit)	2구역을 지나 3구역까지 전력질주
	Group3 (commentator)	팔을 뻗으며 이야기하는 동작
4Point	Group1(turtle)	3구역에서 계속해서 4구역으로 이동.
	Group2(rabbit)	여유를 부리는 동작을 취하며 해설로봇과 대화하는 동작.
	Group3 (commentator)	토끼와 대화하는 동작
5Point ~ 6Point	Group1(turtle)	4구역, 5구역, 6구역 계속해서 이동.
	Group2(rabbit)	5구역을 지나 6구역에 도착하면 토끼는 잠자는 동작.
	Group3 (commentator)	펼쩍 뛰면서 토끼에게 말을 하는 동작
7Point ~ 8Point	Group1(turtle)	7구역을 지나 8구역에 도착하면 춤을 추는 동작.
	Group2(rabbit)	거북이가 8번 구역에 도착하면 좌절하는 동작.
	Group3 (commentator)	팔을 뻗으며 이야기하는 동작

Table 5 Story along the Robot Performance Area

구역		스토리
1Point	Group1(turtle)	해설로봇의 토끼와 거북이의 경주에 대한 이야기를 시작하며 토끼와 거북이는 출발신호로 이동함.
	Group2(rabbit)	
	Group3 (commentator)	
2Point ~ 3Point	Group1(turtle)	토끼는 출발과 동시에 재빠르게 이동을 하지만 거북이는 느리게 이동을 한다. 이 상황을 해설로봇이 이야기를 함.
	Group2(rabbit)	
	Group3 (commentator)	
4Point	Group1(turtle)	뒤쳐진 거북이를 보고 토끼는 여유를 부리며 해설 로봇과 이야기 한다.
	Group2(rabbit)	
	Group3 (commentator)	
5Point ~ 6Point	Group1(turtle)	거북이는 쉬지 않고 계속해서 이동하지만 토끼는 방심하여 중간에 잠을 자기 시작함. 해설로봇은 거북이가 역전하면 토끼의 잠을 깨움
	Group2(rabbit)	
	Group3 (commentator)	
7Point ~ 8Point	Group1(turtle)	거북이는 쉬지 않고 달려 결승선에 도착하였지만, 방심한 토끼는 거북이에게 승리를 내줌. 해설로봇은 이 상황을 이야기하고 스토리를 마무리함.
	Group2(rabbit)	
	Group3 (commentator)	

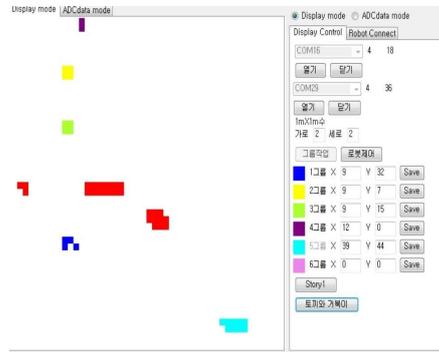


Fig. 48(a) Point 1

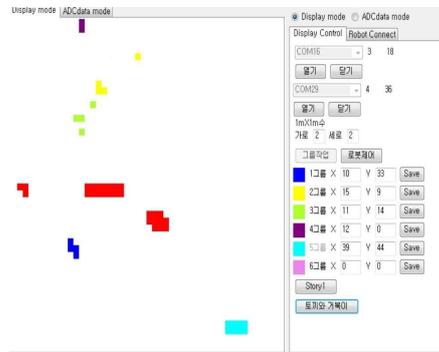


Fig. 48(b) 2-3Point

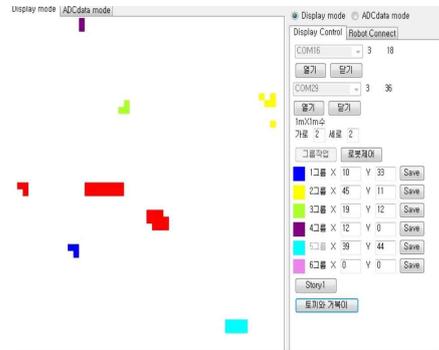


Fig. 48(c) 5Point

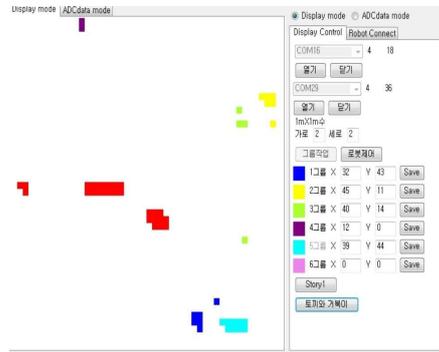


Fig. 48(d) 6Point

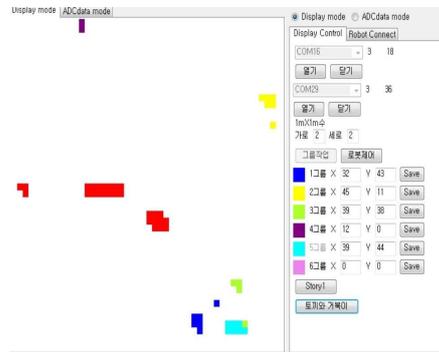


Fig. 48(e) 8Point

Fig. 48(a)-(e)는 로봇 콘텐츠에서 스토리에 따른 로봇의 이동계획과 동작을 나타낸다. 실험 결과로 각각의 지점에 따른 로봇에 대한 명령과 목표지점까지의 이동, 위치인식이 정확히 이루어짐을 확인하였다.

IV. 결론

본 논문에서는 로봇공연 콘텐츠 실현을 위해 로봇의 위치인식을 위한 위치인식모듈을 개발하여 디지털필터기와 경로계획 실험을 통해 동작특성을 확인하고 스토리 기반의 공연콘텐츠를 제작하였다. 이러한 연구를 통해 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- 디지털 필터기를 개발하여 주변 환경에 따라 수집한 센서값에 Reference값을 적용함으로써 각 조도 환경에 따른 변화를 감지하고 적용하여 출력값을 제어할 수 있었다.
- 기 개발된 로봇이 위치인식을 위한 여러 종류의 센서를 장착하는데서 발생하는 많은 데이터의 처리량으로 인한 문제를 로봇과 독립적인 시스템을 개발함으로써 해결할 수 있었다.
- 위치인식모듈과 독립적인 복수의 로봇이 여러 상황에 맞게 위치인식이 가능하도록 로봇 그룹화 기술을 개발하여 각각의 로봇에 대하여 센서가 인식된 범위를 도심화 하여 그룹화 하였다. 이를 통해서 그룹이 된 로봇에 대해서 이동 경로에 맞게 동작을 수행하도록 할 수 있었다.
- 로봇과 독립적인 위치인식 기술을 개발함으로써 로봇이 동적으로 이동하면서 댄싱 및 공연을 할 수 있다. 이에 따라 스토리를 기반의 공연인 “토끼와 거북이”구성하여 공연에 적합함을 확인하였고 이를 통해서 연극 등의 공연 콘텐츠도 실현이 가능할 것으로 예상된다.

본 논문의 연구 결과가 로봇 공연 콘텐츠에 실제로 적용되기 위해서는 다음의 문제에 대한 연구가 필요하다.

- 위치인식모듈은 실험에 사용된 한 종류의 로봇에 맞추어 제작이 되어 좀 더 다양한 로봇이 범용 적으로 사용되기 위해서는 다른 로봇을 대상으로 하는 실험을 진행하고 적용할 필요가 있다.
- 로봇의 이동에 따른 그룹화의 오차나 이를 통한 위치 추정의 오차는 적은 것으로 확인 되었으나 로봇의 이동과정에서 오차가 발생하는 것이 확

인되었다. 이를 보정하는 과정이 필요하다.

참고 문헌

- [1] 장광수 외 4인. 멀티센서 엔터테인먼트 4족 보행로봇. Journal of the Korea robotics society , 2007, 4(1):63-70
- [2] Myoung Jae Jun, Young Sun Ryuh. The Character humanoid robot this is able to rock-paper-scissors game. HCI Society of Korea, 2014, 595-597
- [3] Dong Jin Kim, Seung Hwan Yu, Yun De Shen, Seung Ik Jang, Chang Doo Kee. Design and Implementation of a Bird Type Biped Robot for Entertainment. Journal of the Korean Society for Precision Engineering, 2005, 38-45
- [4] I. Fuji-Keizai, "Wireless sensing networks: Market, rd and commercialization activities," Market Research Report. 2004
- [5] X. L. K Pahlavan and J. Makela, Indoor Geolocation science and technology, IEEE Communications Magazine, 2002, 112-118
- [6] 이주상. 비전 기반 자기 위치 인식 시스템을 이용한 홈서비스 로봇 설계 및 구현. 전남대학교 박사학위논문. 2006
- [7] 유재준. 실내 위치기반 서비스 기술 및 서비스 개발 동향. 정보통신산업진흥원, 2013, 14-26
- [8] S.Y. Lee, J.B Song, "Robust mobile robot localization using optical flow sensors and encoders," Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation, Vol.1, No. 26, pp.1039-1044, 2004.
- [9] J.H. Lee, M. Hashimoto, "Controlling Mobile Robots in Distributed Intelligent Sensor Network," IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol. 50, No. 5, pp.890-902, 2003.
- [10] 정성훈, 한현석, 김민환. 모자이크 영상을 이용한 비전 기반 위치 인식. 한국 멀티미디어학회 춘계학술발표대회 논문집. 2009, 제 23권 1호, 407-410
- [11] 이명성, 문승진. 센서를 통한 기존 실내 위치인식의 문제점과 새로운 측정

방안 제안. 한국인터넷정보학회 학술발표대회 논문집. 2008, 9권 1호, 103-106

[12] Hee Sang Yoon, Taeh Hyoung Park. The Integrated Path Planning Method for Smooth Navigation of Autonomous Mobile Robot, Information and Control Symposium, 2010, 51-52

[13] Kyeonah Yu, Su Jin Cho. Path-Planning for Group Movement in Dynamic Environments, Journal of the Korea Society of Computer and Information, 2013, 117-126

감사의 글

대학원을 입학한지 3년이라는 시간이 빠르게 지나갔습니다. 그동안 연구실과 학교에서 여러 인연을 만나 즐거웠던 시간을 함께 지내고 많은 가르침을 얻을 수 있었습니다. 대학 생활을 마무리 하는 지금, 항상 부족했던 저에게 많은 가르침과 격려를 보내 주시고 뜻깊고 좋았던 시간을 보내게 해 주셨던 분들에게 감사의 마음을 전하고자 합니다.

대학원 생활을 시작에서 끝까지 많은 가르침과 격려를 계속해주신 강철웅 교수님께 먼저 감사드립니다. 그리고 학부부터 대학원까지 많은 관심을 가져주시고 조언을 해 주셨던 임종환 교수님과 따뜻한 말과 격려를 계속 해 주시고 논문에 있어서도 많은 조언을 해 주신 고석준 교수님께 진심으로 감사의 말을 전합니다. 또한 학부 생활부터 대학원을 졸업하는 지금까지 많은 도움을 주신 메카트로닉스 공학과의 여러 교수님께도 감사의 마음을 전합니다.

대학원을 시작하는 즈음 학부시절과 달라진 학교생활에 지칠 때마다 힘이 되어준 수훈, 준일리와 경찬형, 시호형, 기동, 동현, 태일, 재연, 윤정, 현애, 혜진이에게 진심으로 고마움의 뜻을 전합니다. 학부 시절 군복학으로 아무것도 모르고 멍하니 학교만 다니던 저에게 연구실의 소중함을 알려주시고 많은 도움을 주신 근현이형과 연구실 생활과 논문을 쓰는데 있어서 많은 도움을 주신 상섭, 정규, 대영, 정훈형, 진현형과 연구실의 현진형, 병택, 형규, 우섭, 창의, 상현, 수미에게도 고마움을 전합니다.

항상 저를 먼저 생각해주고 아껴주는 아버지, 어머니께 진심으로 사랑한다는 말을 전합니다. 제가 졸업하는 모습을 바라고도 바라셨던 지금 안계시는 할머니께도 사랑하고 또 감사하라는 말을 전하고 싶습니다.

2015년 12월 강래운