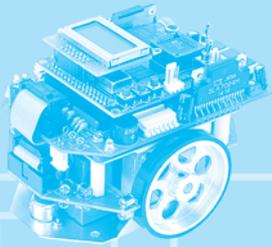


# 로봇 구조 일반





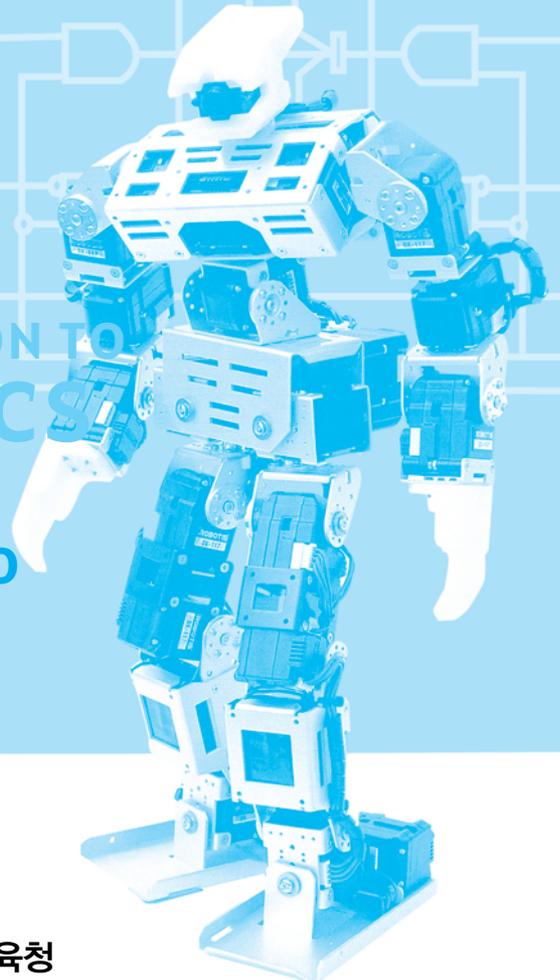
# 로봇 구조



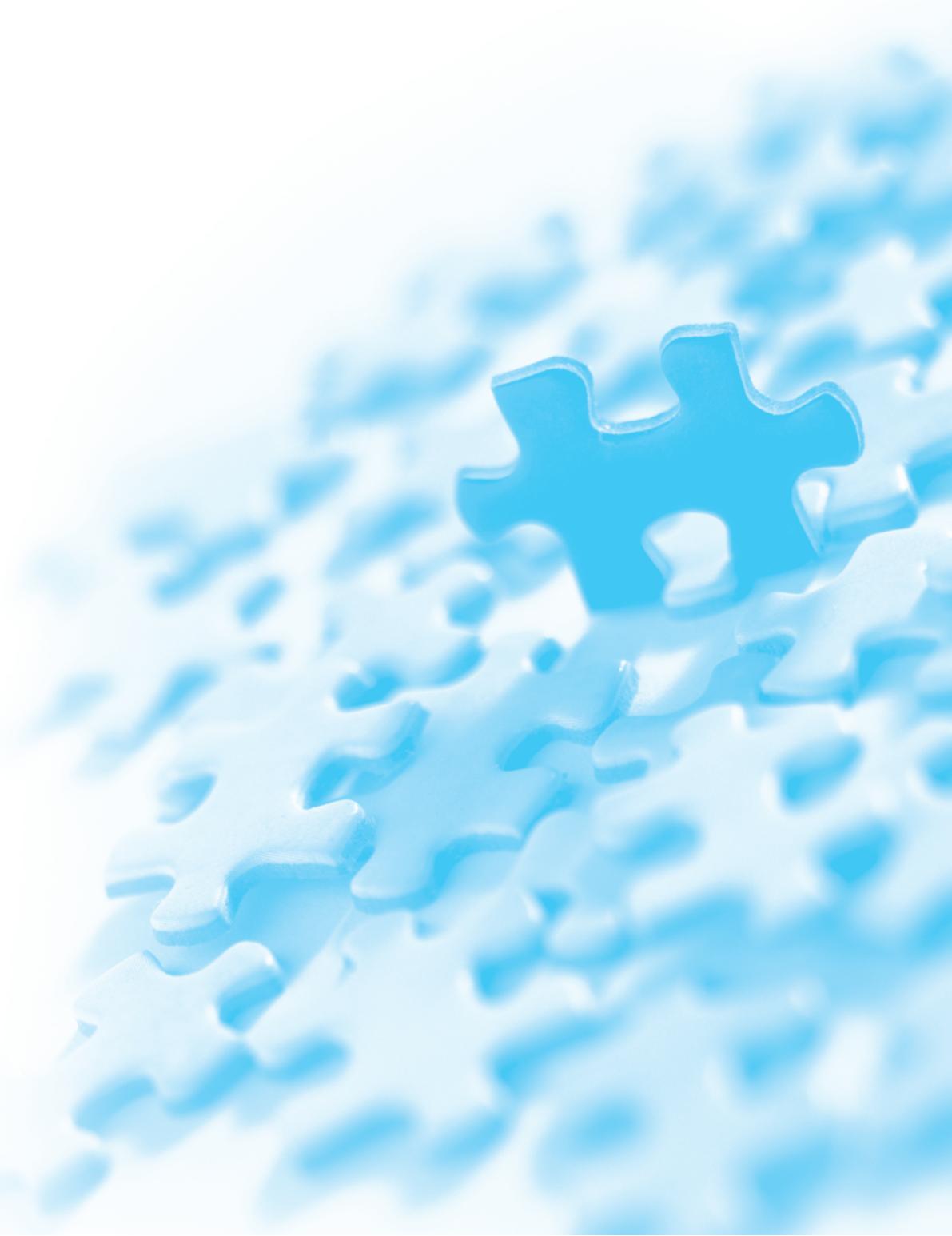
조경래·신정호·이정서·조자희·김영주 저

일반

INTRODUCTION TO  
**ROBOTICS**  
INTRODUCTION TO  
**ROBOTICS**  
INTRODUCTION TO  
**ROBOTICS**



머리말



**이 책은,** 새로 개정된 제7차 교육 과정에 따라 실업계고등학교의 기계과, 전자기계과, 로봇과 및 이에 준하는 학과에서 학습할 수 있도록 엮은 교과서이다. 인간의 새로움에 대한 도전의식은 인간 자신의 편리함과 안전뿐만 아니라 삶의 질을 향상시키고 미래 사회의 준비인 것이다.

초기 자동차 생산라인을 중심으로 제조현장에서부터 적용되기 시작한 로봇은 점차 반도체·디스플레이 제조 장비 분야에서도 활발한 성장세를 보이며 2007년까지 매년 7% 성장이 지속될 전망이다. 한국은 제조업 근로자별 로봇 이용대수가 세계 3위, 로봇 판매대수 세계 5위인 로봇 시장을 가졌다. 그럼에도 불구하고 지금까지 공업계고등학교에서의 로봇교육은 이렇다 할 교재 없이 단순한 프로그램 작성과 티칭 펜던트를 조작하는 수준의 교육이 전부였다. 따라서, 생산 현장에서 많이 사용하고 있는 로봇을 조작·운용·관리할 수 있는 실무 중심의 '로봇' 교육과정 개발이 절실한 실정이다. 이를 통하여 로봇 구조, 제어, 서보모터, 감속기, 센서 등의 교육과정으로 로봇산업의 수요 증대에 맞춘 인력 양성 시스템이 구축되어야 한다.

이와 같이 로봇구조 및 제어 기술은 미래의 첨단 과학 발전에 대단히 중요한 역할을 하기 때문에, 그 응용 범위가 날로 확대되고 있다. 그러므로 선진 공업국으로 도약하는데 주역이 될 학생들에게는 로봇 구조 일반은 매우 중요한 것이라고 할 수 있다.

이 교과서는 로봇의 개요, 기계와 운동전달, 센서와 전동기, 로봇 제어, 응용 로봇으로 구성되어 있다.

1. 로봇의 기초가 되는 로봇의 개념, 산업용 로봇, 서비스 로봇의 종류를 알고 이를 활용할 수 있는 능력을 기르도록 한다.
2. 로봇의 구조부를 이해하기 위해서 기계와 기구, 기계의 운동전달, 전동용 기계요소, 전동관련 기계 장치를 알아보고 이를 응용할 수 있도록 한다.
3. 센서와 전동기에서는 주변의 상황을 전기적 신호로 전달해 주는 센서의 활용과 전기·공압 제어요소, 전동기 제어를 통하여 센서, 공압기, 전동기를 활용할 수 있도록 한다.
4. 로봇의 핵심이라 할 수 있는 로봇 제어를 통하여 제어 시스템, PTP 로봇, 다관절 로봇, 산업용 로봇 등을 제어할 수 있도록 한다.
5. 응용 로봇에서는 지금까지 배우 내용을 기초로 하여 스카라 로봇, 직교좌표 로봇 등을 제작할 수 있도록 한다.

끝으로, 로봇의 광범위한 분야를 이 한 권의 교과서에 편찬하는 것이 무리라고 생각 이 든다. 그러나 이 책을 통하여 꾸준한 학습과 연구를 한다면 로봇에 한걸음 가까이 다가갈 수 있다고 본다.

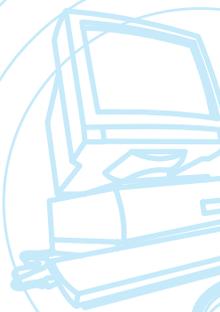


## I. 로봇의 개요

01 로봇의 개념	12
1. 로봇이란	12
2. 로봇의 분류	13
3. 로봇의 역사	14
02 산업용 로봇	15
1. 산업용 로봇의 정의	15
2. 산업용 로봇의 분류	16
3. 산업용 로봇의 구성	22
03 서비스 로봇	28
1. 서비스 로봇의 정의	28
2. 서비스 로봇의 종류	28

## II. 기계와 운동전달

01 기계와 기구	38
1. 기계와 기구의 정의	38
2. 기구의 종류	40
02 기계의 운동 전달	46
1. 기계의 운동	46
2. 운동의 전달 방법	49





03 전동용 기계 요소 .....	52
1. 축에 관한 기계 요소 .....	52
2. 나사 .....	61
3. 마찰차 .....	65
4. 기어 .....	67
5. 벨트, 체인 및 로프 전동 .....	73
6. 캠 .....	76
7. 링크 기구 .....	77
04 전동 관련 기계 장치 .....	81
1. 변속 기어 장치 .....	81
2. 완충 장치 .....	83
3. 제동 장치와 래칫 장치 .....	87
<b>III. 센서와 전동기</b>	
01 센서 .....	94
1. 센서의 정의 .....	95
2. 제어계에서 센서의 역할과 위치 .....	96
3. 센서 분류 방법 및 종류 .....	100
4. 로봇에 적용되는 센서 .....	103
02 전기 공압 기기 .....	119
1. 시스템 구성 요소 .....	119
2. 전기-공압 제어 요소 .....	121
3. 시스템 운동 요소 (액추에이터, Actuator) .....	130
4. 시스템 제어 요소 (프로세서, Processor) .....	137



03 전동기 .....	142
1. 전동기와 발전기 .....	143
2. 직류 전동기 (DC모터) .....	149
3. 유도 전동기의 원리 및 구조 .....	168

**IV. 로봇 제어**

01 로봇의 제어 시스템 일반 .....	178
1. 제어 시스템 개요 .....	178
2. 제어의 의미와 종류 .....	182
3. 자동 제어의 특징과 종류 .....	185
4. 시퀀스 제어 .....	188
5. 되먹임(Feedback) 제어 .....	189
6. 로봇 제어기 .....	191
02 PTP 로봇 제어 .....	199
1. 장비의 구성 .....	199
2. PLC에 의한 제어 실습 .....	204
3. 예제 프로그램 실습하기 .....	208
03 다관절 로봇 제어 .....	220
1. 실습 장비의 구성 .....	221
04 산업용 로봇 분해 조립 .....	225
1. 모터 브라켓 조립 .....	225





2. AC 서보 모터 조립 .....	226
3. 지지축 조립 .....	227
4. Ball Screw 결합 .....	227
5. LM 가이드의 기본 배치 .....	228
6. 부품의 배치 I .....	228
7. 슬라이더 조립 .....	230
8. 센서 조립과 슬라이더 고정 .....	230
9. 동작 검사 .....	231
10. 상부 커버 조립 .....	232
11. 측면 커버 조립 .....	232
12. 완성 .....	233

## V. 응용 로봇

01 스카라 로봇(수평 다관절 로봇) .....	238
1. 로봇의 구성 .....	238
2. 3축 스카라 로봇의 조립 .....	246
02 직교좌표 로봇 .....	249
1. 주요 구성 요소의 기능 .....	250
2. 직교좌표 로봇의 특징 .....	253
3. 직교좌표 로봇의 조립 .....	253
03 빛 센서를 이용한 라인 트레이서 .....	255
1. 차동 구동형 바퀴 구조 .....	256
2. 모터 .....	257
3. 라인 트레이서 로봇의 제작 .....	261
4. 로보랩을 이용한 프로그래밍 .....	270

I

# 로봇의 개요



## 학습목표

1. 로봇의 개념에 대해 설명할 수 있다.
2. 산업용 로봇에 대해 설명할 수 있다.
3. 서비스 로봇에 대해 설명할 수 있다.

# 01 로봇의 개념

## 1 로봇이란

로봇(robot)이란 말은 1922년 발표된 체코슬로바키아의 극작가 카렐 차펙(Karel Capek)이 쓴 희곡 <로섬의 유니버설 로봇(Rossum's Universal Robot)>에서 나온 체코슬로바키아어로서, 강제 노역을 의미하는 ‘로보타(robota)’에서 유래되었다.

로봇의 원어는 “일을 하는 기구”란 뜻으로 웹스터 사전에는 로봇을 인간과 비슷한 일을 하는 장치라고 명시하고 있다. 즉 로봇은 프로그램된 다양한 움직임에 따라 여러 가지 일들을 수행하는 조작기라는 것이다. 로봇을 한마디로 표현한다면 “로봇은 인간이 할 일을 대신해 주는 인간에 도움을 주는 친구”라고 말할 수 있다. 최근에는 미래의 로봇이 인간을 지배한다는 내용의 공상과학 영화도 많이 나오고 있지만 로봇의 궁극적인 목적은 인간의 행복을 위해 존재하는 것이라고 할 수 있다.

로봇이란 인간과 같이 운동 기능과 지능을 종합적으로 갖춘 범용의 기계라고 할 수 있다. 공학적으로 말하면 로봇은 작업을 하는 손, 환경을 이해하는 시각이나 촉각, 작업순서를 스스로 계획하여 실행하는 기능, 인간과의 대화수단을 갖추고 자유롭게 동작할 수 있는 범용의, 그러면서도 하나의 기체로 종합된 기계 시스템으로 다양한 과업 수행을 위해 프로그래밍될 수 있는 기계이다.

로봇에 대한 정확한 정의는 없지만 일반적으로 “인격을 갖고 있지 않은 기계로서 사람에 의해 프로그램 된 후에 명령에 따라 스스로 동작하는 기계”라고 말할 수 있을 것이다.

## 2 로봇의 분류

로봇의 일반적인 분류는 용도별로 크게 산업용과 비산업용으로 나눌 수 있으며, 다시 산업용 중에서 제조업 부문과 비제조업 부문으로 다시 구분할 수 있다. 일반적인 산업용 로봇은 자동차, 전기·전자 등 제조업 부문에 이용되며, 다시 비제조업 부문인 농업, 임업 등 1차 산업과 건설업 등에 포함된다.

그리고 산업용 로봇이 비제조업 부문에 이용될 경우, 이를 서비스 로봇의 범주에 포함시킬 수 있다. 따라서 서비스 로봇은 비제조업 부문에 이용되는 서비스 부문은 물론 가사, 노인과 장애인 등을 위한 여타 부문들을 포함한다.

산업용 로봇은 동작기구와 응용 분야 등으로 분류할 수 있는데, 동작기구에 따라 직각좌표 로봇, 원통좌표 로봇, 극좌표 로봇, 스카라 로봇, 관절 로봇 등이 있으며, 응용 분야에 의한 분류로는 용접, 조립, 도장, 검사, 이송, 기계공작 등에 이용되는 로봇으로 나눌 수 있다.

표 1-1 로봇 산업의 분류

구분		부문	기계구조별·용도별	
산업용 로봇	제조업	자동차, 전기·전자 등	기계 구조	직각좌표 로봇, 원통좌표 로봇, 극좌표 로봇, 스카라 로봇, 관절 로봇, 병렬 로봇 등
			용도	용접, 조립, 도장, 검사, 이송, 기계공작 등
서비스 로봇	비제조업	1차 산업, 건설업, 교통통신, 보안, 군사, 의료, 도소매업 등		
	비산업용	가사, 노인 및 장애인을 복지부문, 유아용 완구 등		



### 3 로봇의 역사

인조인간 또는 자동인간을 만들려는 시도는 고대에도 있었고, 그리스, 로마 등에서도 기원전에 종교의식의 한 도구로서 만들어졌다.

20세기에 들어와서도 자동인형의 제작은 여러 가지로 시도되었고, 과학이나 기술이 진보되어 종전보다는 정교한 자동인형을 만들 수 있었는데, 그것은 상품 전시용이었거나 박람회의 관객 유치용이었으며 실용적인 것은 아니었다.

1980년대 후반부터 1990년대에 걸친 이 시기는 마침 세계의 경제 활동이 양적인 확대로부터 질적인 향상으로 전환되고 제품에 대한 이용자들의 수요도 다양화되었기 때문에 여기에 대응하는 수단으로서 로봇이 효과적으로 이용되고 비약적으로 발전되고 보급되었다.

또한 자동제어 기술이나 원격조종 기술의 진보에 따라 우주나 해저, 고온이나 저온 등의 위험한 환경에서의 작업 또는 아주 단조로운 작업 등은 모두 인간에게는 이상적인 것인데, 현재는 이런 이상 환경에서 로봇의 이용분야가 확대되고 있다.

로봇의 응용분야는 네 가지를 들 수 있는데, 산업용, 의료용, 우주용 및 해저용이다. 예를 들면 자동차 생산과 같은 기계가공 공업에서는 사람의 팔이 하는 작업을 한번만 가르쳐 주면 몇 시간이든 같은 동작을 반복하는 산업로봇이 이미 많이 가동되고 있다.

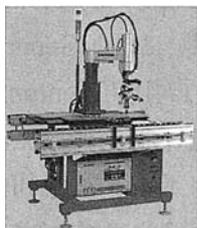
# 02 산업용 로봇

## 1 산업용 로봇의 정의

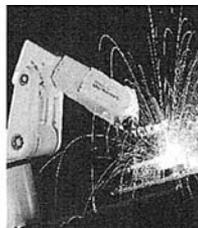
산업용 로봇은 1960년대 초부터 산업 현장에서 사용되고 있는 로봇으로, 대부분 인간의 팔에 해당되는 매니퓰레이터(Manipulator) 형태이다. 즉, 산업용 로봇은 인간의 모습과는 다르게 일반적으로 하나의 팔을 가지고 있으며, 작업에 알맞도록 고안된 도구를 손에 부착되고, 제어 장치에 내장된 프로그램의 순서에 따라 작업을 수행한다.

그림 1-1은 대표적인 산업용 로봇을 나타낸 것이다. 산업용 로봇은 로봇 관련 단체 또는 제작사에 따라 다르게 정의되고 있다. 그 중 미국 로봇협회(Robotic Industries Association, RIA)에 의한 정의가 일반적으로 널리 인용되고 있다.

“로봇은 여러 가지 작업을 수행하기 위하여 자재, 부품, 공구 또는 특별한 장치들을 프로그램된 대로 운반하도록 설계된, 재프로그램이 가능하고 다기능을



(a) 조립용 로봇



(b) 용접 로봇



(c) 물류 운반 로봇



(d) 페인팅 로봇

그림 1-1 각종 산업용 로봇

가진 매니플레이터이다.”

산업용 로봇은 인간의 노동력을 대신함으로써 인건비를 감소시키며, 작업의 정밀도와 생산성을 향상시켜 준다. 또한, 산업용 로봇은 생산 공정의 유연성을 증대시키며, 인간을 대신하여 반복적이고 위험한 작업을 수행함으로써 인간의 작업 환경을 개선하여 준다.



## 2 산업용 로봇의 분류

산업용 로봇은 분류의 기준에 따라 여러 가지로 분류될 수 있다. 그러나 산업 현장에서 많이 사용되고 있는 산업용 로봇의 분류 방법은 일반적 분류, 제어 방식, 또는 구조적 동작 특성에 따라 분류하는 것이다.

### (1) 일반적 분류

표 1-2는 산업용 로봇의 일반적 분류로서, 로봇이 보유하고 있는 기능에 따라 분류한 것이다.

표 1-2 산업용 로봇의 일반적 분류

구 분	정 의
수동 로봇 (manual robot)	사람의 조작에 의하여 움직이는 로봇
시퀀스 로봇 (sequence robot)	미리 설정된 순서와 조건 및 위치에 따라 동작의 각 단계를 차례로 수행하는 로봇
플레이백 로봇 (playback robot)	사람이 로봇을 직접 조작하여 작업 순서, 작업 위치 및 작업 조건 등의 정보를 교시하고 기억시켜 두었다가 이를 재생함으로써 교시된 작업을 되풀이할 수 있는 로봇
수치제어 로봇 (numerically controlled robot)	작업 순서, 위치 및 조건 등의 정보를 수치 또는 언어 등으로 표현하여 지시하면, 그 정보에 따라 작업을 수행하는 로봇

지능 로봇 (intelligent robot)	감각 및 인식 기능에 의하여 작업 수행에서 요구되는 행동을 스스로가 결정할 수 있는 기능을 가진 로봇
감각 제어 로봇 (sensory controlled robot)	감지기에 의한 감각 정보를 사용하여 스스로 동작을 제어하는 기능을 가진 로봇
적응 제어 로봇 (adaptive controlled robot)	제어 특성 및 조건을 작업 환경의 변화에 따라 스스로 변화시킬 수 있는 기능을 가진 로봇
학습 제어 로봇 (learning controlled robot)	작업 경험을 반영하여 다음 작업에서 요구되는 제어 특성 및 조건을 습득해 가는 기능을 가진 로봇

## (2) 제어 방식에 따른 분류

표 1-3은 산업용 로봇의 제어 방식에 따른 분류로서, 산업용 로봇의 동작을 제어하는 방식에 따른 것이다.

표 1-3 산업용 로봇의 제어 방식에 따른 분류

구분	정의
비서보 제어 로봇 (non-servo controlled robot)	로봇의 동작을 공압 실린더와 같은 비서보 장치를 사용하여 수행하는 로봇으로, 정교한 위치 또는 방향 등의 제어를 수행하지 않는 로봇
서보 제어 로봇 (servo controlled robot)	정교한 위치 또는 방향을 제어하기 위하여 서보모터와 같은 서보 제어 장치를 사용하여 로봇의 동작을 제어 하는 로봇
위치 결정 제어(PTP) 로봇 (point-to-point controlled robot)	공간상에 정해진 위치로부터 다음 위치로 이동하는 동안 로봇의 이동 경로에 관계없이 지정된 작업점만을 찾아가도록 제어되는 로봇
경로 결정 제어(CP) 로봇 (continuous path controlled robot)	공간상에 정해진 위치로부터 다음 위치로 이동하는 동안 로봇의 이동 경로가 경로 보간에 의하여 생성되고, 이를 추종함으로써 로봇의 이동 경로가 제어되는 로봇

## (3) 구조적 동작 특성에 따른 분류

산업용 로봇을 로봇의 구조적 동작 특성에 따라 분류한 것은 로봇의 설계 또는

응용에서 가장 많이 사용하는 분류 방법이다.

### 1) 직교좌표 로봇

일명 XY 로봇이라고도 불리는 직교좌표 로봇(Cartesian Coordinate Robot)은 그림 1-2에서와 같이 직선 운동을 수행하는 축으로만 구성되어 있는 로봇이다.

일반적으로 X, Y, Z의 3축으로 구성되며, 경우에 따라서는 1개 또는 2개의 축만을 사용하기도 한다. 또, 잡은 물체의 방향을 바꿀 수 있도록 하기 위하여, 로봇의 선단에 회전축을 붙여 4축으로 구성한 것도 있다.

직교좌표 로봇은 기계적으로 튼튼하고 안정적이며 위치 정밀도가 우수하다. 또한, 인간에게 가장 익숙한 직교좌표계를 사용함으로써 이용자가 쉽게 사용할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그러나 동작 영역에 비하여 설치 면적이 큰 것이 단점이다.

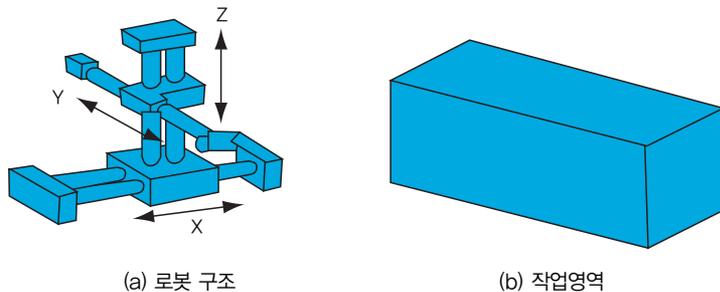


그림 1-2 직교좌표 로봇

### 2) 원통 좌표 로봇

원통 좌표 로봇(Cylindrical Coordinate Robot)은, 그림 1-3에서와 같이 원통의 길이와 반지름 방향으로 움직이는 2개의 직선축과 원주 방향으로 움직이는 하나의 회전축으로 구성된 로봇이다. 원통 좌표 로봇은 작업 영역이 넓고, 설치 면적도 적으며, 위치 정밀도도 우수하다. 그러나 로봇의 엔드 이펙터(End Effector)에 과중한 하중이 걸리는 작업이나 일감의 중량이 크면, 위치 정밀도

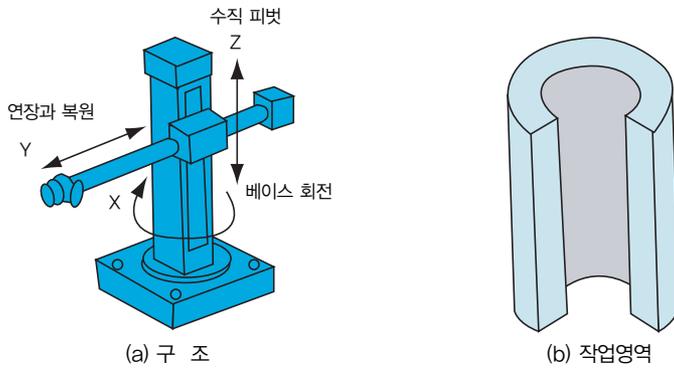


그림 1-3 원통 좌표 로봇

가 떨어지는 단점을 가지고 있다.

### 3) 극좌표 로봇

극좌표 로봇(Polar Coordinate Robot)은 1개의 직선축과 2개의 회전축을 그림 1-4에서와 같이 조합하여 구성한 로봇이다.

극좌표 로봇은 수직면에 대하여 상하 운동 특성이 우수하여 작업 영역이 넓고 경사진 위치에서 작업을 수행할 수 있으므로, 용접 작업이나 도장 작업에 적합하다.

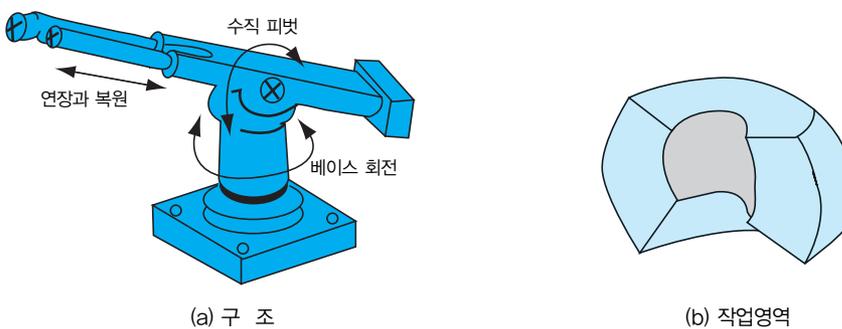


그림 1-4 극좌표 로봇

### 4) 수평 다관절 로봇

스카라 로봇(Selective Compliance Assembly Robot Arm, SCARA)이라고도

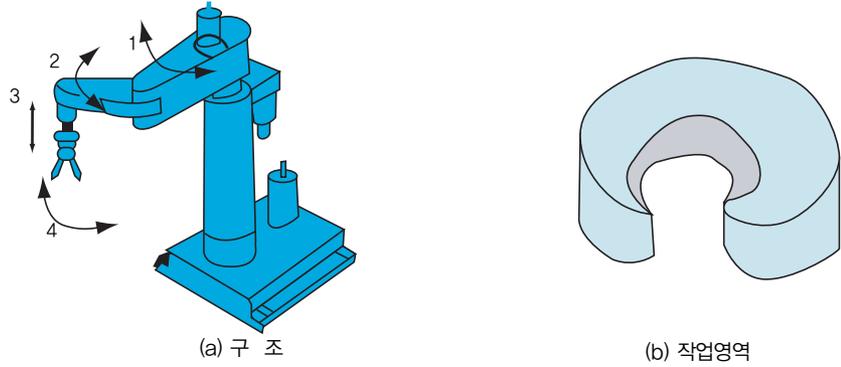


그림 1-5 수평 다관절 로봇

불리는 수평 다관절 로봇(Horizontal Articulated Robot)은, 그림 1-5에서와 같이 3개의 회전축과 하나의 직선축으로 구성된 다관절 구조의 로봇이다. 1, 2축은 수평 회전 운동을 하고, 3축은 수직 상하 운동을 하며, 4축은 다시 회전 운동을 수행한다. 스카라 로봇은 수평면상의 운동 특성을 가지고 있으므로, 조립 작업 또는 팔레타이징(Palletizing) 작업에 적합하다.

### 5) 수직 다관절 로봇

용접 및 도장 작업 등에 가장 많이 사용되고 있는 수직 다관절 로봇(Vertical Articulated Robot)은, 그림 1-6에서와 같이 관절의 구동이 모두 회전축에 의하

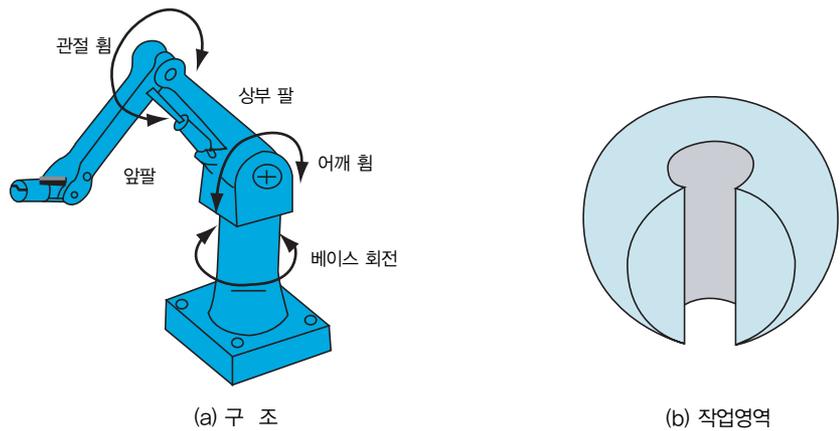
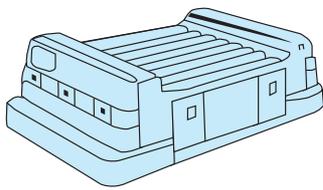


그림 1-6 수직 다관절 로봇

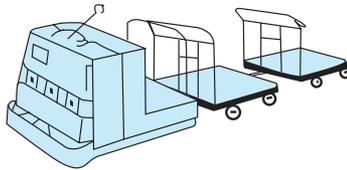
여 수행되는 구조를 가지는 로봇이다. 일반적으로, 6개의 회전 관절을 가지고 있으며 작업 공간 내에 위치하는 임의의 작업 지점에 임의의 방향으로 접근이 가능하다. 회전 관절만으로 구성되어 있어 제어와 사용이 어렵지만, 속도가 빠르고 공간 활용 능력이 우수하며, 설치 면적과 본체의 체적이 작다는 장점을 가지고 있다.

## 6) 이동 로봇

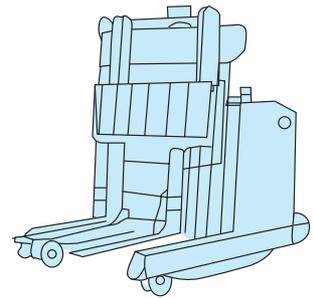
이동 로봇은 매니퓰레이터와 다르게 바퀴 또는 그 밖의 구동 장치에 의하여 이동할 수 있는 기능을 가진 로봇을 총칭하는 용어이다. 산업 현장에서 사용되고 있는 대표적인 이동 로봇은 그림 1-7에서와 같이 물품을 적재하고, 지정된 경로



(a) 무인 반송차



(b) 무인 견인차



(c) 무인 포크 리프트

그림 1-7 자율 주행 차량의 종류

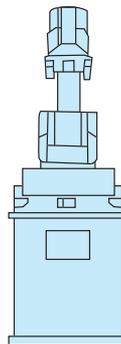
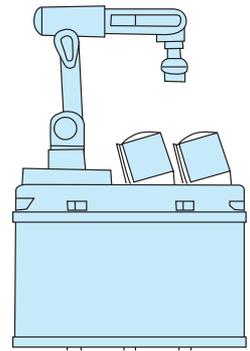


그림 1-8 매니퓰레이터 탑재형 이동 로봇

를 따라서 이동하는 자율 주행 차량이고, 그림 1-8은 반도체 생산에서 사용되는 매니플레이터를 탑재한 이동 로봇이다.

### 3 산업용 로봇의 구성

#### (1) 로봇의 구성

산업용 로봇의 기계 장치는 그리퍼에 잡힌 물체 또는 실질적 작업을 위한 엔드 이펙터를 3차원 공간에서 이동시키기 위한 로봇의 기구적인 부분이다. 산업용 로봇의 기계 장치는 어떠한 형태의 로봇에서나 구조적으로 몸통, 팔, 손목, 그리고 손으로 구분되어질 수 있다.

그림 1-9는 네 부분으로 이루어진 산업용 로봇 기계 장치의 기본 구조를 나타내고 있다.

3차원 공간에 있는 임의의 물체의 위치(Position) 및 자세(Orientation)를 결정하기 위해서는 위치에 3개, 자세에 3개, 합계 6개의 독립된 변수가 필요하다. 따라서, 물체를 3차원 공간에서 이동시켜 요구되는 위치 및 자세를 결정하기

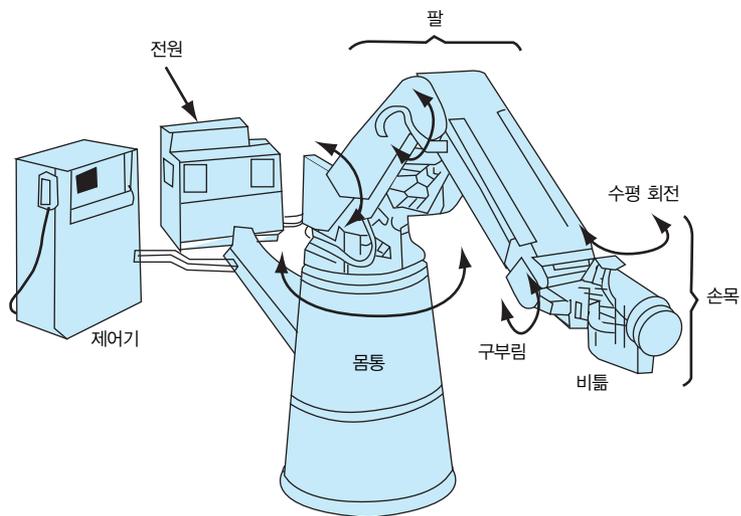


그림 1-9 산업용 로봇 기계 장치의 기본 구조

위하여 로봇에는 6개의 변수값을 자유로이 변경시킬 수 있는 자유도, 즉 6자유도가 필요하다. 특수한 경우, 수평 다관절 로봇과 같이 6자유도 미만의 자유도를 가지는 로봇이 사용되고 있다. 그러나 이들 로봇은 3차원 공간에 있는 임의의 위치에 임의의 자세로 도달할 수 없으며, 따라서 한정된 범위의 작업만을 수행할 수 있는 로봇이다. 예를 들어, 수평 다관절 로봇은 4자유도를 가지고 있고, 수평면 내에서의 운동만이 가능한 로봇이다. 그러므로 수평 다관절 로봇은 수평면 내에서의 운동만을 사용하여 작업이 완수될 수 있는 형태의 작업에만 활용될 수 있다.

로봇의 자유도를 결정하는 것은 관절(Joint)이다. 로봇 기구의 기본은 2개의 강체, 즉 링크(Link)를 1개의 관절을 사용하여 직렬로 결합한 것으로, 정지 링크에 해당되는 몸통이 고정되어 있고, 마지막 링크에 작업용 도구 또는 손을 결합한 것이다. 6자유도 로봇 기구의 기본은 정지 링크(몸통)로부터 팔에 해당되는 처음 3개의 관절은 위치를 결정하기 위하여 사용되고, 손목에 해당되는 나머지 3개의 관절은 로봇의 자세를 결정하기 위하여 사용된다.

로봇의 관절은, 그림 1-10에서와 같이 직선 운동을 하는 직동 관절(Prismatic Joint)과 축방향을 중심으로 회전 운동을 하는 회전 관절(Rotational Joint)이 있다.

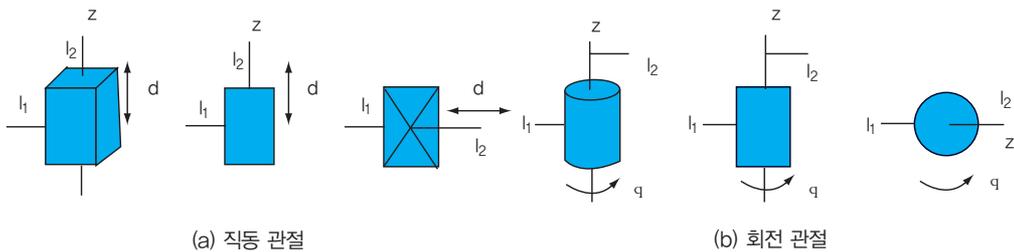


그림 1-10 관절의 종류

### 1) 몸통

몸통(Body)은 팔과 그 밖의 동작 기관을 지탱하기 위한 부분이다. 몸통이 고정

되어 있는 고정형 로봇과 일정한 거리를 움직일 수 있는 이동형 로봇이 있다. 산업 현장에서는 대부분 고정형 로봇을 사용하고 있으나, 반도체 생산 공정 등에서와 같이 이동형 로봇이 사용되는 곳도 있다. 이동형 로봇은 고정형 로봇과 비교하여 활용성은 높으나 이동을 위한 장치가 필요하여 구조가 복잡하고, 따라서 제어의 어려움 및 추가 비용이 요구되는 단점을 가지고 있다.

### 2) 팔

팔은 링크와 관절로 구성된다. 팔의 주기능은 손목과 손을 작업 영역의 특정 위치로 보내기 위한 것이다. 팔은 구조와 동작 특성에 따라 직각형, 원통형, 구형 그리고 다관절형으로 구분한다. 직각형은 직교좌표 로봇에서 사용되는 형태의 팔이며, 원통형은 원통 좌표 로봇에서 사용되는 팔이다. 구형은 극좌표 로봇에서 사용되며, 다관절형은 수직 다관절 로봇이나 수평 다관절 로봇에서 사용되는 팔이다.

### 3) 손목

손목은 그림에서 나타나 있는 것과 같이 비틀(Roll), 구부림(Pitch) 및 수평 회전(Yaw) 운동에 의하여 로봇의 손을 작업에서 요구되는 방향, 또는 위치로 이동

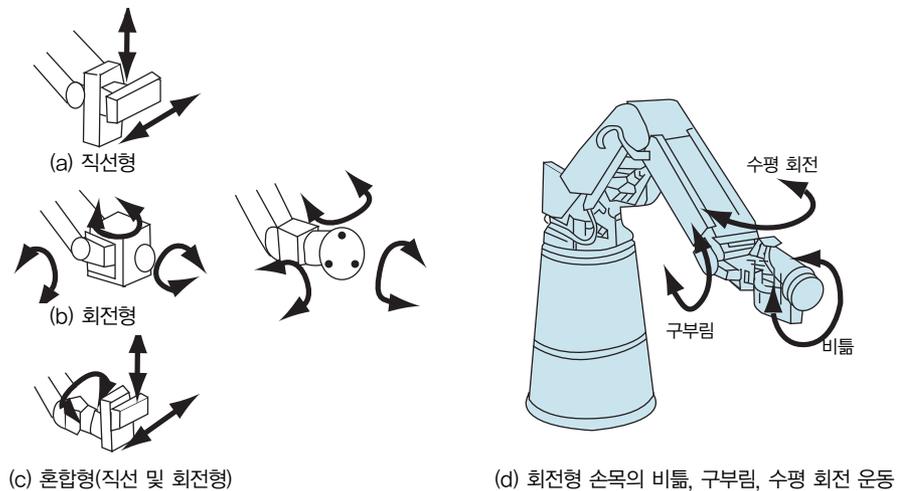


그림 1-11 손목 형태의 분류

시키는 역할을 수행한다.

손목은 손목 관절의 모양과 그에 따른 동작을 기준으로 하여, 그림 1-11에서와 같이 직선형, 회전형, 혼합형으로 분류한다. 직선형은 3개의 직각형 관절로 상하좌우 운동 및 관절들의 복합적인 직선 운동에 의하여 비틀 운동이 가능한 손목이다. 회전형은 3개의 회전형 관절로 구성되며, 비틀 운동, 구부림 운동, 수평 회전 운동을 한다. 혼합형은 2개의 직각형 관절로 구부림 운동과 수평 회전 운동을 하고, 1개의 회전형 관절로 비틀 운동을 한다.

#### 4) 손

그리퍼 또는 엔드 이펙터라고 불리는 로봇의 손은 인간의 손에 해당되는 부분으로, 물건을 잡거나 요구되는 작업을 실제로 수행하는 부분이다. 그리퍼는 손가락 또는 손 전체로 물건을 잡는 일을 할 경우에 주로 사용되는 집게 모양의 로봇 손을 지칭하는 용어이고, 엔드 이펙터는 작업 공구를 로봇 손의 위치에 부착하여 손 대신으로 사용할 때에 부르는 말이다.

산업현장에서 사용되고 있는 로봇 손은 요구되는 작업의 종류에 따라 다양한 형태를 취하는데, 그림 1-12는 산업현장에서 사용되고 있는 대표적인 산업용 로봇 손의 형태를 나타낸 것이다.

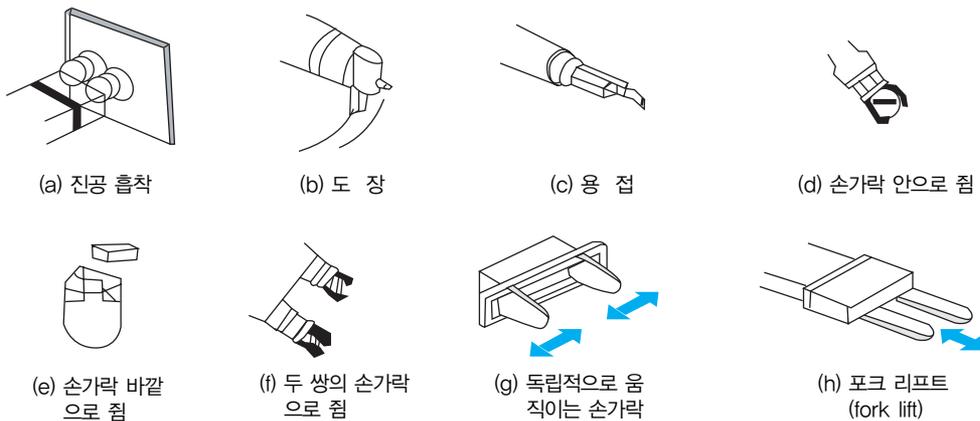


그림 1-12 대표적 산업용 로봇 손의 형태

## (2) 관절 구동 기구

산업용 로봇의 관절 구동 기구는 액추에이터와 액추에이터로부터 발생한 구동력을 관절의 동작으로 변환하는 동력 전달 기구로 구성된다.

산업용 로봇에서 사용되고 있는 액추에이터는 표 1-4에서와 같이 전기식, 유압식, 공압식의 3종류가 있다.

표 1-4 액추에이터의 종류 및 특징

구분	특징	종류
전기식	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 고속 고정도 위치 결정이 가능하다.</li> <li>· 장치가 소형이다.</li> <li>· 정기 점검 및 유지 보수가 용이하다.</li> </ul>	스테핑 전동기 직류 서보모터 교류 서보모터
유압식	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 큰 출력을 얻을 수 있다.</li> <li>· 고속 응답을 얻을 수 있어 신속한 동작이 용이하다.</li> <li>· 제어성이 좋고 고빈도에 강하다.</li> </ul>	유압 실린더 유압 모터
공압식	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 손쉽게 사용할 수 있다.</li> <li>· 구조가 단순하고, 신뢰성이 높으며, 보수가 용이하다.</li> <li>· 파워 중량비가 높다.</li> <li>· 정밀한 위치 결정 제어가 어렵다.</li> </ul>	공압 실린더 공압 모터

액추에이터에서 발생한 구동력은 동력 전달 기구를 통하여 관절의 실제적인 동작을 구현한다. 현재 산업 현장에서 사용되고 있는 대부분의 산업용 로봇은 간접 구동형 관절로 구성되어 있으며, 표 1-5에서와 같은 동력 전달 기구를 사용한다.

산업용 로봇의 액추에이터로서 일반적으로 사용되고 있는 서보모터의 정격 회전수는 2000~4000rpm이며, 출력이 비교적 작다. 따라서, 산업용 로봇은 동력 전달 기구의 일부로 다양한 형태의 감속기를 사용하고 있다. 감속기는 서보모터의 회전 속도를 감소시킬 뿐만 아니라, 모터의 토크를 증폭시키는 역할을 한다.

표 1-5 동력 전달 기구의 종류

구분	운동 전달 구조	기기
나사	· 미끄럼 나사 또는 볼 나사에 의하여 회전운동을 직선 운동으로 변환하여 전달	볼 나사
기어	· 기어의 맞물림에 의하여 회전 운동을 전달	사이크로 감속기, RV 감속기, 하모닉 감속기
벨트폴리	· 양쪽 폴리에 벨트를 걸고, 폴리와 벨트의 마찰력에 의하여 회전 운동을 전달	타이밍 벨트, 타이밍 폴리
체인 스프로킷	· 양쪽 스프로킷에 체인을 감아 스프로킷과 체인의 맞물림에 의하여 회전 운동을 전달	
링크	· 링크를 핀으로 결합하여 만든 링크 장치에 의하여 운동을 전달	평행사변형 링크

산업용 로봇에서 사용되는 감속기는 백래시(Backlash) 및 진동이 작고 강성이 크며, 고정밀도의 위치 결정이 가능해야 한다. 현재 산업용 로봇에서 적용되고 있는 감속기의 감속비는 일반적으로 1/40~1/200 정도이다.

표 1-6은 산업용 로봇에서 사용되고 있는 대표적인 감속기와 감속기의 운동 형태를 정리한 것이다.

표 1-6 산업용 로봇 감속기의 종류 및 운동 형태

감속기명	운동	형태적용
볼 나사	회전 → 직선	직교좌표 로봇 수평 다관절 로봇의 3축(수직 상하 운동)
하모닉 드라이브	회전 → 회전	수평 다관절 로봇, 수직 다관절 로봇
사이크로 감속기	회전 → 회전	수평 다관절 로봇, 수직 다관절 로봇
RV 감속기	회전 → 회전	수평 다관절 로봇, 수직 다관절 로봇
타이밍 벨트/폴리	회전 → 직선	직교좌표 로봇, 수평 다관절 로봇
	회전 → 회전	수직 다관절 로봇
스퍼 기어, 베벨 기어, 월기어	회전 → 회전	수직 다관절 로봇

# 03 서비스 로봇

## 1 서비스 로봇의 정의

기존의 산업용 로봇이 사고의 위험 때문에 별도의 격리된 지역의 작업공간에서 작업을 수행하도록 하였으나, 이러한 산업용 로봇이 시장의 확대에 한계를 느끼고 정보통신을 기반으로 한 디지털 사회를 향한 발전이 기대되면서 사람과 함께 동일한 공간에서 생활하면서 사람에게 즐거움과 필요한 서비스를 제공할 수 있는 로봇의 필요성이 대두되었다. 이와 같이 사람과 동일한 공간에서 사용될 수 있는 로봇을 인간 공존형(서비스) 로봇이라 한다.

서비스 로봇에 대해 IFR(International Federation Robotics:국제로봇연맹)에서는 “서비스 로봇은 제조 작업을 제외한 인간과 장비에 유용한 서비스를 제공하는 반자동 또는 완전자동으로 작동하는 로봇”이라고 정의하였다. 이처럼 서비스 로봇은 산업용 로봇이 특정 부문에 영역을 갖고 규격화되어 있는 것과 달리 서비스의 다양한 종류만큼이나 그 범주가 다양하다고 할 수 있다.

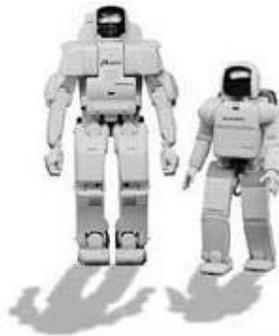
## 2 서비스 로봇의 종류

### (1) 개인용 로봇

개인용 로봇은 개인 생활의 본질인 운동성을 보조하며, 지능을 갖는 인간 공존형 대인 지원 로봇이다. 홈 오토메이션(Home Automation)을 지원하는 가정



삼성전자에서 개발한 청소로봇



P3 &amp; Asimo (Honda)



AIBO (Sony)

그림 1-13 여러 가지 개인용 로봇

용, 고령자와 신체장애자등에 대한 생활지원용, 오락용(Entertainment) 등으로 분류할 수 있다.

표 1-7 향후 20년 사이에 나타날 것으로 예상되는 개인용 로봇

가사 로봇	가정에서 조리, 세탁, 청소 등의 일을 수행하여 가사노동의 부담을 덜어줌
생활 도우미 로봇 (장애인, 노인)	병원, 요양소등에서 재활 훈련을 돕거나 일상생활을 해나가는 데 불편이 없도록 도와줌
애완용 로봇	인간의 감정적 동반자의 역할을 하며 여가 선용에 도움을 줌
서빙 로봇	음식점등 대형 서비스 업체에서 효율적인 서빙작업을 수행함
교육용 로봇	학교, 가정에서 다양한 도구를 이용해 교육에 효과적이며 친근한 수단으로 활용
퍼포먼스 로봇	테마파크나 기업의 홍보 등에 사용되어 다양한 볼거리를 제공함
경기용 로봇	대중매체를 통해 로봇간의 흥미로운 경기를 보여주거나 가정에서 인간의 스포츠 활동에 동반자가 됨

## (2) 공공용 로봇

로봇 기술의 발달로 이제는 우리의 생활에 로봇을 접목시키고 있다. 예를 들어 원격조정 및 센서(전자감응)장치가 개량되면서 금융기관의 현금 수송이나 주택 경비에 로봇을 활용하는 기술이 잇따라 개발되고 있다. 경비용 로봇의 개발 경쟁은 불황 속에서 범죄율 증가로 중저가형 원격경비에 대한 수요가 늘고 있기 때문이다. 또한 공공 기관이나 박물관에서 방문객을 대상으로 안내를 담당하는



일본의 경비용 로봇(로보캡)



영국의 경비용 로봇(RoboDog)



국내 안내용 로봇

그림 1-14 여러 가지 공공용 로봇

로봇이 생겨나고 있다. 자유로운 이동성과 지능을 가진 로봇을 만들기 위해 많은 기술이 필요하지만, 현재 개발된 안내 로봇들은 방문객들에게 큰 호응을 얻고 있으며 지속적인 성장이 기대되는 분야이다.

### (3) 현장 로봇

#### 1) 의료 및 복지 로봇



장애 로봇 FRIEND(한국)

그림 1-15 의료용 로봇

국민에게 선진화된 의료 복지를 제공하기 위하여 기존의 로봇 기술을 활용하여 일상생활에서 국민의 건강을 실시간 관리하고 건강에 문제가 있을 때보다 정확한 진단을 내릴 수 있도록 도와주고 환자를 보살피는 범주의 로봇 시스템의 개발을 말한다. 의료복지 로봇 시스템의 개발은 국민의 국민이 삶의 질을 향상시키고 일반인들이 건강한 삶을 영유하고 21세기를 더 살기 좋은 사회로 만드는 해결책이 될 것이다.

#### 2) 건설용 로봇

건설시공에서의 로봇기술 연구개발의 목표는 작업 생산성, 작업 쾌적성, 안전성, 환경 보존성 향상을 목표로 인간, 컴퓨터, 기계의 복합시스템(로봇 시스템), 비구조적 Field 작업과 가변적 작업 공정의 생력화와 환경변화에 대한 적응, 유해 위험 작업 대처 시스템 및 기술 개발이다.



터널링 건설 로봇(일본)



Road Robot, Joseph(독일)

그림 1-16 여러 가지 건설용 로봇

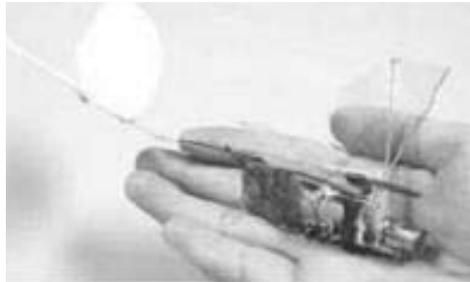
### 3) 군사용 로봇(Military Robot)

미국 대통령 산하 의회 정보통신 분과 위원회에서는 지능로봇 기술을 국가 안보에 중요한 영향을 끼치는 분야로 분류하여 집중 육성을 하고 있다.

미군은 향후 전쟁은 전투 로봇으로 치루어질 것을 예상하여 이에 대한 연구를 대대적으로 지원하고 있다. 따라서, 우리도 특화된 형태의 군사용 로봇 분야 육성 및 21세기형 디지털 최강 국군을 위하여, 여러 첨단 기술을 종합하여 개발할 수 있는 군사 로봇의 연구가 절실히 요구된다.



정찰용 로봇



미세 비행체



KIST위험 작업용 로봇

그림 1-17 군사용 로봇

### 4) 극한 환경용 로봇

극한 환경용 로봇은 방사능이 노출된 곳, 위험한 폭발물 등의 취급, 고온, 고압,

화재 등과 같은 위험한 장소 등과 같은 극한 환경하에서 인간을 대신하여 작업을 하는 로봇이다. 그림 1-18(a)는 원자력 발전소의 방사능 환경에서 작업을 수행할 수 있는 로봇이다.



(a) SADIE(영국)



(b) Rainbow(일본)

그림 1-18 극한 환경용 로봇

### 5) 농업용 로봇

농업용 로봇은 농업이 대규모화됨에 따라 사람이 하기에는 힘들고 인내를 요하는 단조로운 작업을 수행하는 로봇으로서, 과일따기나 씨 없는 포도를 만들 때의 용액 침투, 불필요한 씨앗의 제거, 양털을 깎는 작업이나 과수원의 농약 살포 및 과일의 수확 등에 응용된다.



토마토 수확작업 로봇(일본)



자율 운행 트랙터(한국)

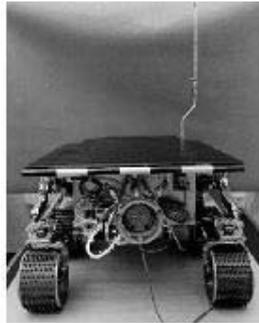
그림 1-19 여러가지 농업용 로봇

## 6) 탐사 로봇

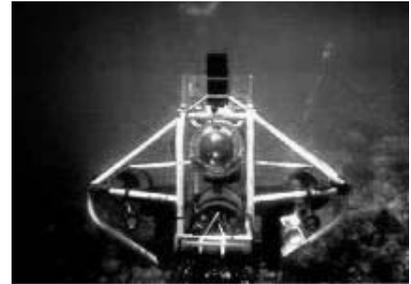
탐사 로봇은 우주, 혹은 깊은 대양과 같이 위험으로 가득한 곳으로 보내져 그곳의 정보를 모으고 그리고 사람에게 보내는 작업을 수행하도록 하는 로봇으로서, 고도의 지능을 가진 로봇은 주로 외계 탐사용으로 개발된다.



Nomad(미국)



Sojourner Rover(미국)



Oberon(오스트레일리아)

(a) 우주 탐사 로봇

(b) 해저 탐사 로봇

그림 1-20 탐사 로봇



- 1 로봇은 일반적으로 “인격을 갖고 있지 않은 기계로서 사람에 의해 프로그래밍 된 후에 명령에 따라 스스로 동작하는 기계”라고 말할 수 있다.
- 2 로봇의 일반적인 분류는 용도별로 크게 산업용과 비산업용으로 나눌 수 있으며, 산업용은 다시 제조업 부문과 비제조업 부문으로 구분할 수 있다.
- 3 산업용 로봇은 인간의 팔에 해당하는 매니퓰레이터 형태이며, 로봇이 사용되고 있는 산업 현장에 따라 다양한 구조를 가지고 있다.
- 4 산업용 로봇은 프로그램과 도구만을 바꾸어 주면 여러 가지 작업을 수행할 수 있는 전자 기계이다.
- 5 산업용 로봇은 일반적으로 기능에 따라서, 수동 로봇, 시퀀스 로봇, 플레이백 로봇, 수치 제어 로봇, 지능 로봇, 감각 제어 로봇, 적응 제어 로봇, 학습 제어 로봇으로 구분한다.
- 6 산업용 로봇을 제어 방식에 따라 분류하면 비서보 제어 로봇, 서보 제어 로봇, 위치 결정 제어(PTP) 로봇, 경로 결정 제어(CP) 로봇으로 구분된다.

- 7 산업용 로봇은 구조적 동작 특성에 따라 직교좌표 로봇, 원통 좌표 로봇, 극좌표 로봇, 수평 다관절 로봇, 수직 다관절 로봇으로 분류한다.
- 8 산업용 로봇의 기계 장치는 몸통, 팔, 손목, 손의 네 부분으로 구분된다. 몸통은 로봇을 고정하는 부분이며, 팔은 손과 손목을 작업 위치로 이동시키기 위한 부분이다. 손목은 손의 자세를 결정하기 위한 부분이며, 손은 실질적인 작업을 위한 도구 또는 그리퍼를 부착하고 있는 부분이다.
- 9 서비스 로봇은 제조 작업을 제외한 인간과 장비에 유용한 서비스를 제공하는 반자동 또는 완전자동으로 작동하는 로봇이다.
- 10 서비스 로봇은 개인용 로봇, 공공용 로봇, 현장 로봇으로 분류할 수 있다.

II

# 기계와 운동전달



## 학습목표

1. 기계와 기구의 뜻을 설명할 수 있다.
2. 기계 운동의 종류와 전달 방법을 설명할 수 있다.
3. 기계의 운동 전달 특성을 설명할 수 있다.
4. 전동 기구용으로 사용되는 기계요소의 종류와 구조를 설명할 수 있다.
5. 각각의 전동 기구에 대한 기구학적 운동 특성을 설명할 수 있다.
6. 전동 관련 기계장치를 설명할 수 있다.

# 01 기계와 기구



## 1 기계와 기구의 정의

### (1) 기계

기계(Machine)란 ‘저항력을 가진 물체의 조합체로서 그 각 부분은 어떤 한정된 상대운동을 하고, 이것에 의하여 자연의 에너지를 요구하는 일로 변환시키는 것’을 말한다. 즉 기계는

- ① 저항력을 가진 물체의 집합체이고
- ② 각부 사이에는 상대운동이 있으며
- ③ 이 운동은 어떤 일정하게 구속된 운동으로서
- ④ 에너지를 변환하여 기계적인 일을 하여야만 한다.

이상 4가지 조건을 동시에 만족하는 것이라야 비로소 기계라고 할 수 있다. 따라서 물체의 조합이라도 상호간에 운동을 하지 않는 경우에는 기계라고 말할 수 없다. 이를테면 망치나 톱 같은 것은 여러 개의 물체의 조합이기는 하나 상대 운동이 없으므로 기계라 할 수 없으며, 이런 것은 보통 도구(Tool)라 한다. 또 교량, 철탑, 라멘(Rahmen)과 같은 것도 역시 물체의 조합이기는 하나 상호간의 상대 운동을 하지 않으므로 기계가 아니며, 이런 것은 구조물(Structure)이라 한다.

### (2) 기구

기계의 각 부분에 전해지는 힘을 무시하고, 다만 그 운동이 기계와 같이 한정된

#### ■ 라멘

골조구조의 절점(節點)이 고정되어 있는 구조 형식

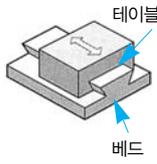
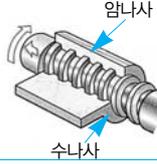
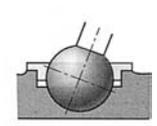
상대운동을 하는 것을 기구(Mechanism)라 한다. 기계가 운동할 때, 한 부분에서 다른 부분으로 운동을 전달하기 위해서는 두 개의 부분이 접촉하여 서로 움직일 수 있는 기구가 필요하다. 이와 같이 접촉하여 상대 운동을 하는 한 쌍의 조합을 짝(Pair)이라 하고, 짝을 이루고 있는 각각의 부품을 기계요소(Machine Element)라고 한다.

### 1) 면짝

면짝은 낮은 짝(Lower Pair)이라고도 하며, 2개의 요소가 면 접촉하여 상대 운동을 하는 짝이다.

면짝에는 표 2-1과 같이 미끄럼짝(Sliding Pair), 회전짝(Turning), 나사짝(Screw Pair), 구면짝(Spherical Pair)이 있다.

표 2-1 면짝의 종류

짝의 종류		특징
미끄럼짝		2개의 기계요소가 상대적으로 왕복 직선 운동을 하는 짝이다 (예) 실린더와 피스톤
회전짝		2개의 기계요소가 상대적으로 회전 운동을 하는 짝이다 (예) 미끄럼 베어링과 축
나사짝		나사면을 접촉면으로 하는 짝으로서, 2개의 기계요소는 중심축의 돌레에 회전 운동을 하는 동시에 축방향으로 왕복 운동을 하는 평면짝이다. (예) 볼트와 너트, 암나사와 수나사
구면짝		물체 표면상의 한 점이 일정한 점으로부터 같은 거리를 유지하여 운동할 수 있도록 두 접촉면이 구면으로 구성되는 구면짝이다 (예) 유니버살 조인트

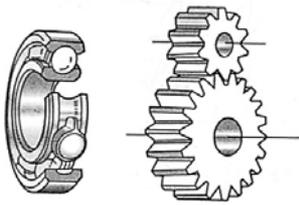
#### ■ 실린더

내연기관 · 증기기관 · 펌프 따위에서 피스톤이 왕복운동을 하는 부분

#### ■ 피스톤

유체(流體)의 압력을 받아 실린더 속을 왕복운동하는 원판형 또는 원통형의 부품

## 2) 점짜ق과 선짜ق



(a) 점짜ق

(b) 선짜ق

그림 2-1 점짜ق과 선짜ق

점짜ق과 선짜ق을 높은 짝(Higher Pair)이라고도 하는데, 구름베어링이나 기어와 같이 점 접촉을 하면 점짜ق이라 하고, 요소들이 선 접촉을 하면 선짜ق이라고, 한다.

## 2 기구의 종류

기계를 구성하는 기구에는 여러 가지가 있다. 여기서는 기능에 따라 기구의 종류, 즉 안내 기구, 전동 기구, 연결 기구에 대하여 알아보도록 하자.

### (1) 안내 기구

안내 기구는 기계 운동부를 안내하는 역할을 하는 장치이며, 생산 제품의 정밀도를 결정하는 중요한 부분이라고 할 수 있다. 안내 기구에는 미끄럼 안내 기구, 구름 안내 기구 등이 있다.

#### 1) 미끄럼 안내 기구

2개의 접촉면이 서로 미끄럼 운동을 하는 안내 기구로서, 마찰에 의한 마멸이 발생한다. 일반적으로 윤활이 필요하며, 구름 접촉에 비해 마찰 계수가 크다.

#### ① 직선 운동의 안내

V형, 평면형, 디브테일형, 원통형 등의 안내면이 있으며, 이들 안내면을 조합하여 사용하는 경우도 있다. 단면 모양은 그림 2-2와 같다.

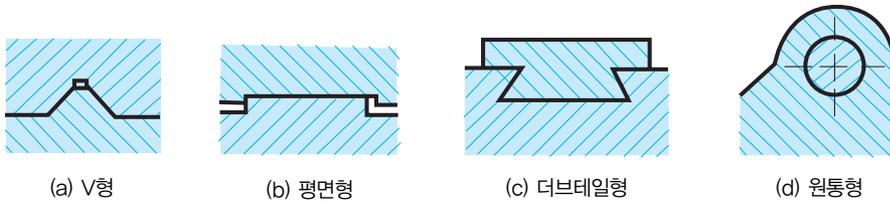


그림 2-2 미끄럼 접촉에 의한 직선 운동의 안내

## ② 회전 운동의 안내

그림 2-3과 같이 일반적으로 회전체의 회전 운동을 안내하는 미끄럼 베어링이 대표적인 회전 운동 안내 기구이며, 레이디얼(Radial) 하중과 스러스트(Thrust) 하중을 지지하여 회전 운동을 안내한다.

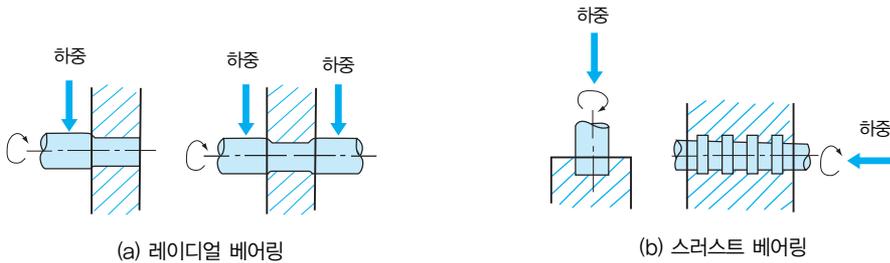


그림 2-3 미끄럼 베어링

## 2) 구름 안내 기구

서로 접촉하고 있는 안내면의 한쪽에 구름 운동을 하는 볼(Ball) 또는 롤러(Roller)를 넣은 안내 기구이다.

미끄럼 안내 기구에 비하여 마찰 저항이 작으므로 발열이 적고, 마찰로 인한 동력 손실이 작다.

이 밖에 정속한 운전이 가능하고, 고속 운전이 가능하기 때문에 생산성을 향상시킬 수 있다.

### 가. 직선 운동의 안내

#### ① 볼 직선 운동 안내 기구

구름 운동을 하는 볼이 순환하도록 설치된 이동 블록이 안내 레일을 따라 직선 운동을 하도록 고안된 직선 운동 안내 기구이다.

일반적인 구조는 그림 2-4와 같이 안내 레일, 이동 블록, 구름체 등으로 구성된다. 공작 기계, 로봇, 산업용 기계 등에 널리 활용되고 있다.

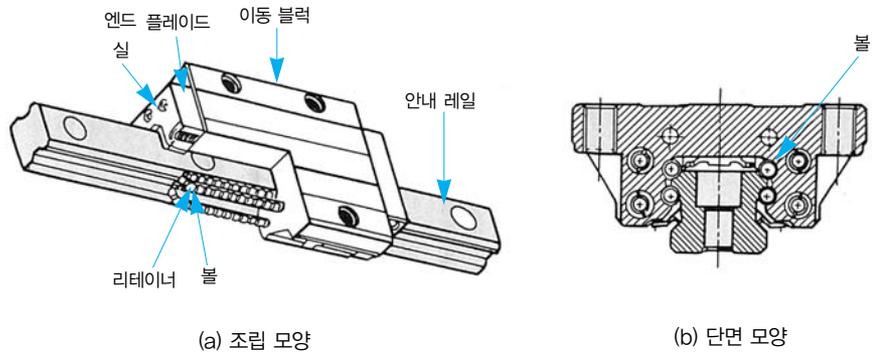


그림 2-4 볼 직선 운동 안내 기구의 구조

#### ② 볼 부시

볼 부시(Ball Bush)는 그림 2-5와 같이 원통의 내면에 홈을 만들고 여기에 볼(Ball)을 배열하여, 이 볼이 구름 운동을 하면서 안내축을 따라 이동할 수 있도록

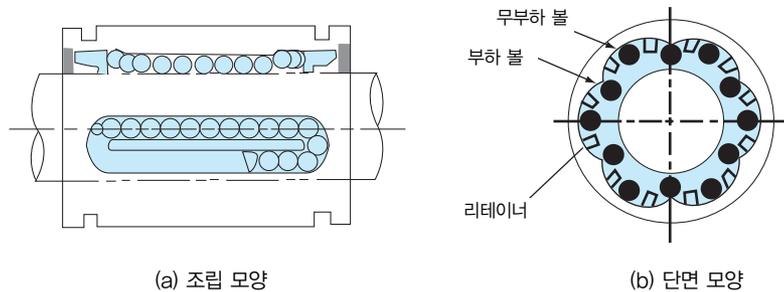


그림 2-5 볼 부시의 구조

록 한 안내 기구이다. 이 볼들의 영향으로 모든 방향의 하중에 균등하게 견딜 수 있다.

볼 부시는 일반적으로 구름체, 리테이너, 그리스 급유 니플(Nipple), 실(Seal) 등으로 구성된다. 볼 직선 안내 기구에 비하여 행정거리가 짧고 작용하는 하중이 작은 곳에 사용한다.

### ③ 볼 스플라인

볼 스플라인(Ball Spline)은 너트에 들어 있는 볼이 스플라인 홈을 따라 부드럽게 구름 운동을 하면서 직선 운동을 안내하는 기구이다. 구조는 그림 2-6과 같으며, 볼 직선 안내 기구나 볼 부시에 비하여 회전 모멘트에 강하다. 산업용 로봇, 자동 반송 장치, 타이어 성형기, 점 용접기, 방전 가공기의 작업 헤드 등에 사용한다.

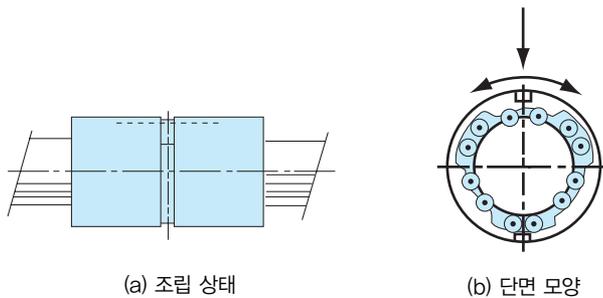


그림 2-6 볼 스플라인의 구조

#### 나. 회전 운동의 안내

구름 접촉에 의한 회전 운동 안내 기구는 그림 2-7과 같이 축 직각 방향의 하중을 지지하는 레이디얼 구름 베어링과 축방향의 하중을 지지하는 스러스트 구름 베어링이 있다.

구름체의 종류에는 볼과 롤러가 있다.

#### ■ 니플

그리스나 윤활유등을 주입하는 기계부품을 말하는데 주입만 가능하고 새어나오지 못하게 뒤쪽에서 볼을 스프링이 밀어 준다. 즉, 한 방향으로만 통하게 하는 부품으로 자동차나 선박, 기계 등에서 윤활유를 주입할 때 주로 많이 사용

#### ■ 행정

왕복동기관 또는 왕복 운동에서 피스톤의 상사점(上死點)에서 하사점(下死點)까지의 이동

#### ■ 모멘트

어떤 종류의 물리적 효과가 하나의 물리량 뿐만 아니라 그 물리량의 분포상태에 따라서 정해질 때에 정의 되는 양

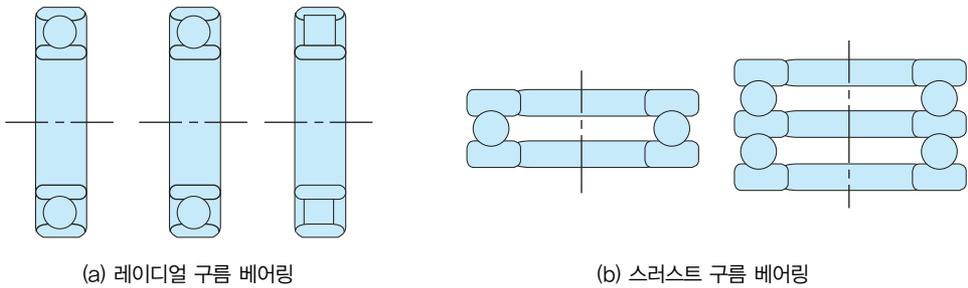


그림 2-7 구름 베어링의 종류

## (2) 전동 기구

전동 기구는 원동절에서 종동절로 운동을 전달하는 기구이며, 원동절과 종동절의 속도비를 변화시킬 수 있다.

### 1) 운동 특성에 따른 분류

원동절이 등속 운동을 할 때에 슬라이더 크랭크 기구와 같이 종동절이 불균등하게 운동하는 기구와, 기어 전동, 벨트 전동, 볼 나사 전동 등과 같이 종동절의 운동이 균등한 속도로 움직이는 기구가 있다.

### 2) 운동의 형태에 따른 분류

#### 가. 연속 운동 기구

원동절이 연속 운동을 하면 종동절도 연속 운동을 하는 기구로, 기계적인 운동의 형태 변화에 따라 회전 운동을 직선 운동으로 변환하는 기구와 회전 운동을 회전 운동으로 전달하는 기구가 있다.

#### ① 회전 운동을 직선 운동으로 변환하는 기구

볼 나사, 슬라이더 크랭크 기구, 래크와 피니언 등이 있다. 직선 운동을 회전 운동으로 변환하는 기구로서 사용하는 데 래크와 피니언은 어려움이 없으나, 볼 나사는 사용하기가 곤란하다.

## ② 회전 운동을 회전 운동으로 전달하는 기구

기어 전동, 벨트 전동 등이 있으며, 기어를 이용한 전동은 비교적 큰 힘을 정확하게 전달하는 특징이 있다. 큰 감속비를 얻을 수 있는 회전 운동을 회전 운동으로 전달하는 기구로는 조화 구동 장치(Harmonic Drive)가 있는데, 다관절 로봇의 감속 장치로 많이 사용되고 있다.

### 나. 간헐 운동 기구

원동절이 연속 운동을 할 때에 종동절이 간헐 운동을 하는 기구로는 기어를 이용한 간헐 운동 기구, 래칫을 이용한 간헐 운동 기구, 제네바 기어를 이용한 간헐 운동 기구 등이 있다.

## 3) 원동절과 종동절의 접촉 여부에 따른 분류

### ① 직접 접촉에 의한 전동 기구

원동절과 종동절이 직접 접촉하여 동력을 전달하는 기구로서 캠, 기어, 나사 등을 이용한 전동 기구가 있다.

### ② 매개절에 의한 전동 기구

원동절과 종동절이 직접 접촉하지 않는 기구로, 벨트와 풀리, 체인과 스프로킷, 링크 기구, 유체를 이용한 전동 등이 있다.

### ③ 연결 기구

2개의 축을 연결하는 기구를 말하며, 일반적으로 원동축과 종동축을 연결하여 동력을 전달시키는 축 이음을 말한다. 축 이음은 크게 운전 중 결합을 끊을 수 없는 커플링과 운전 중 결합을 단속할 수 있는 클러치로 구분한다.

#### ■ 다관절 로봇

작업 동작이 3종류 이상이고 3개 이상의 회전 운동 기구를 결합시켜 만든 로봇

## 02 기계의 운동 전달



### 1 기계의 운동

물체가 시간이 지남에 따라 한 점에서 다른 점으로 위치를 변화할 때 운동을 한다고 한다. 기계는 매우 복잡한 운동을 하고 있는 것처럼 보이나, 그 운동을 분석하여 보면 실제로는 그렇게 복잡한 것이 아니고 대부분이 평면 운동, 구면 운동, 나선 운동의 3가지 중 어느 것에 속한다. 더구나 대부분은 평면 운동에 속하는 것으로서, 구면 운동이나 나선 운동을 하는 것은 극히 일부이다.

#### (1) 운동의 종류

##### 1) 평면 운동

평면 운동(Plane Motion)이란 물체상의 모든 점이 각각 어떤 한 평면 내에서만 운동하는 경우로서, 평면 운동에는 물체 내의 모든 점들의 운동 경로가 평행한 병진 운동(Translation)과 그 평면에 수직인 한 선을 중심으로 원 운동을 하는 회전 운동(Rotation)이 있다. 또, 병진 운동은 물체 내의 모든 점이 직선을 따라 움직이는 직선 병진 운동과 물체 내의 모든 점들이 곡선을 따라 움직이는 곡선 병진 운동으로 나눈다. 기계요소의 작은 미끄럼짝 또는 회전짝을 이루는 경우가 많으므로, 기계 운동의 대부분은 평면 운동이다.

##### 2) 구면 운동

구면 운동(Spherical Motion)이란 물체 위의 모든 점이 각각 공간 속에서 한점

으로부터 일정한 거리를 가지고 이동하는 운동을 말한다.

### 3) 나선 운동

나선 운동(Screw or Helical Motion)은 나사와 같이 물체 위의 모든 점이 어떤 축선 주위에서 회전하면서, 축선 방향으로 일정한 비율에 따라 이동하는 운동을 말한다.



그림 2-8 기계 운동의 종류

## (2) 순간 중심

운동을 하고 있는 물체는 임의의 순간에서는 어떤 점을 중심으로 회전 운동을 하고 있는 것으로 볼 수 있다. 이러한 각 순간의 회전 중심을 그 물체의 순간 중심(Instantaneous Center)이라 한다.

이러한 점 M이 그림 2-9와 같이 A→B의 경로를 거쳐 운동하였다고 하면, 점 A를 통과하는 순간에는  $O_A$ 를 중심으로 회전 운동을 하고, 점 B에서는  $O_B$ 가 통과하는 순간의 회전 중심이 된다. 이들  $O_A$ ,  $O_B$ 가 순간 중심이다.

만일 M점이 점 O를 중심으로 하여 원운동을 하고 있으면, 순간 중심은 항상 O점이다. 또 M점이 직선운동을 하고 있으면 순간 중심은 진행 방향에 대하여 직각 방향으로 무한히 먼 곳에 있

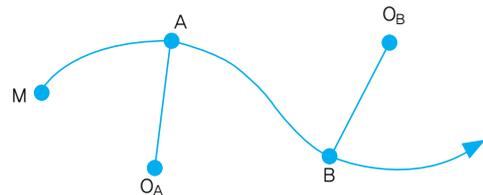


그림 2-9 순간 중심

게 된다. 또 물체가 다른 물체와 선짜이나 점짜를 이루어 구름운동을 할 때에는 접촉점이 순간 중심이 된다.

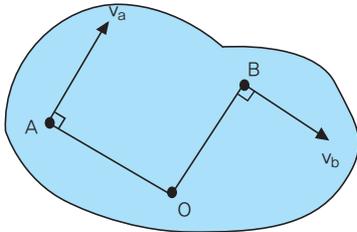


그림 2-10 운동체의 순간 중심

그림 2-10에서와 같이 어떤 물체가 점 O를 중심으로 회전 운동을 할 때, 물체 위의 임의의 2점 A, B는 점 O를 중심으로 운동한다. 따라서, 각 점의 운동 방향은 그 점과 중심 O를 맺은 선에 대하여 직각인 방향이다. 그러므로 어떤 물체의 임의의 2점의 운동 방향을 알면, 각 점의 운동 방향에 수직인 선을 그려서 생기는 교점이 회전 중심, 즉 순간 중심이 된다. 이 때,

$$\frac{v_a}{v_b} = \frac{\omega \cdot \overline{OA}}{\omega \cdot \overline{OB}} = \frac{\overline{OA}}{\overline{OB}}$$

이다. 즉, 각 점의 속도는 회전 중심으로부터의 거리에 비례한다.

### (3) 순간 중심의 수

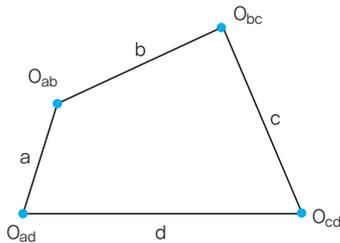


그림 2-11 순간 중심의 수

기계 요소가 서로 상대 운동을 하고 있을 때에는 그 사이에 반드시 1개의 순간 중심이 있다. 그림 2-11은 4개의 링크로 된 기구이다. 이 때 a와 b사이의 상대 운동의 순간 중심은  $O_{ab}$ 이다. 마찬가지로 하여 bc사이, cd사이, da사이, ac사이, bd사이에 각각 상대 운동이 있고, 그 각각에 순간 중심이 하나씩 있다. 즉 4개의 링크로 된 기구에 있어서는 그 가운데 2개씩 잡은 조합의 수로서 6개의 순간 중심이 존재한다.

일반적으로  $n$ 개의 링크로 구성되는 기구에 있어서 순간 중심의 수  $N$ 은  $n$ 개 중에서 동시에 2개씩 선택해서 만든 조합의 수와 같으므로, 다음 식과 같이 된다.

$$N = {}_n C_2 = \frac{n(n-1)}{2}$$



## 2 운동의 전달 방법

기계에 있어서 처음에 에너지를 공급하여 움직이게 되는 링크를 원동절(Driver)이라 하고, 원동절에 의하여 움직여지는 링크를 종동절(Follower)이라 한다.

기구의 운동 전달 방법은 원동절에서 종동절로 운동을 어떻게 전달하는가에 따라 구분한다.

### (1) 직접 접촉(Direct Contact)에 의한 운동 전달

원동절과 종동절이 직접 접촉하여 운동을 전달하는 방식으로, 접촉 형태에 따라 구름 접촉에 의한 운동 전달, 미끄럼 접촉에 의한 운동 전달, 구름과 미끄럼 접촉을 함께 하는 운동 전달로 나뉜다.

#### 1) 구름 접촉에 의한 운동 전달

원동절과 종동절이 서로 직접 접촉하면서 회전할 때, 접촉점에서 전혀 미끄러짐이 생기지 않고 굴러서 접촉하는 것을 구름 접촉(Rolling Contact)이라 한다. 이러한 구름 접촉에 의하여 동력을 전달하는 대표적인 것으로 그림 2-12(a)와 같은 마찰차가 있다.

#### 2) 미끄럼 접촉에 의한 운동 전달

미끄럼은 직접 접촉 기구의 접촉점에서 두 물체가 상대 운동을 할 때 항상 존재한다. 접촉점에서의 미끄러짐을 이용한 운동 전달 방식을 미끄럼 접촉(Sliding Contact)에 의한 운동 전달이라 하며, 미끄럼 접촉에 의한 운동 전달은 접촉면에서의 마찰 계수가 클수록 마찰로 인한 동력 손실이 커진다. 미끄럼 접촉에 의하여 동력을 전달하는 기구로는 그림 2-12(b)와 같은 캠과 나사 등이 있다.

#### ■ 마찰 계수

접촉하고 있는 두 표면의 미끄러짐에 대한 저항을 나타내는 수치

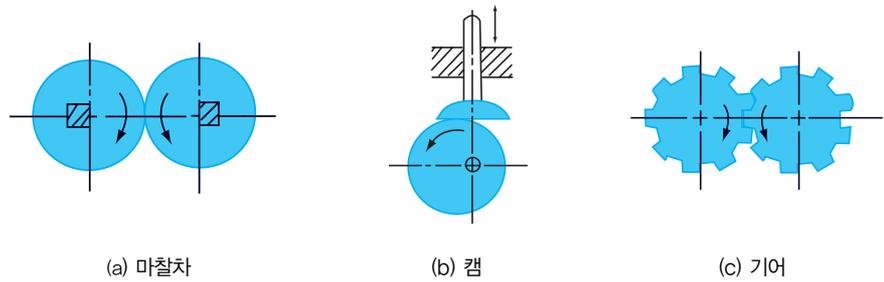


그림 2-12 직접 접촉에 의한 운동 전달

### 3) 구름 접촉과 미끄럼 접촉을 함께 하는 운동 전달

구름 접촉에 의한 운동을 전달할 때, 전달할 수 있는 힘은 표면의 마찰 계수와 밀어붙이는 힘에 의해서만 얻어질 수 있다. 만일, 과부하가 걸리면 미끄럼이 일어나므로, 확실한 구동을 시키기 위해서는 접촉 부분에 이를 만들어야 한다.

미끄럼 접촉과 구름 접촉을 함께 하는 기구로는 그림 2-12(c)와 같은 기어(Gear)가 있으며, 이 경우 서로 맞물려 운동하는 기어의 이는 피치점에서 구름 접촉을 하고, 피치점 이외에서는 미끄럼 접촉을 한다.

## (2) 중간 매개절(Intermediate Connector)에 의한 운동 전달

원동절과 종동절 사이에 매개절이 있어 이를 통하여 운동을 전달하는 방법으로, 운동을 전달할 원동절과 종동절 사이의 거리가 멀거나 충격 흡수가 필요할 때 사용된다. 매개절의 종류에 따라, 강성 매개절에 의한 것, 감아걸기 매개절에 의한 것, 유체 매개절에 의한 것 등이 있다.

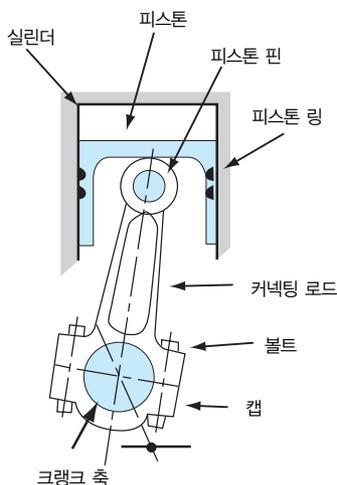


그림 2-13 커넥팅 로드

### 1) 강성 매개절에 의한 운동 전달

일반적으로, 링크 기구에서 종동절의 운동을 구속하기 위하여 사용하는 커넥팅 로드와 같이, 전달되는 힘에 의해 변형되지 않는 강성 매개절을 이용하여 운동을 전달하는 방식을 말한다.

## 2) 감아걸기 매개절에 의한 운동 전달

원동축의 회전을 종동축으로 전달함에 있어 두 축간 거리가 가까우면 직접 접촉에 의하여 운동 전달이 가능하나, 두 축 사이의 거리가 멀어 직접 접촉이 어려운 경우에 벨트, 체인, 로프 등을 이용해서 운동을 전달하는 방식을 말한다.

## 3) 유체를 매개절로 한 운동 전달

공압이나 유압을 이용한 운동의 전달 방식으로, 강성 매개절이나 감아걸기 매개절을 이용하는 방법보다 힘의 전달 경로에서 차지하는 공간이 작으며, 사용하는 액추에이터의 종류에 따라 직선 및 회전 운동을 쉽게 얻을 수 있는 장점이 있다.

## 03 전동용 기계 요소

기계가 일을 하기 위해서는 외부로부터 에너지를 받아 이를 전달 또는 변환하는 부분이 필요하며, 이러한 곳에 사용되는 기구를 전동 기구라 한다. 전동 기구는 어떤 기계 요소를 사용하는가에 따라 기구의 운동 특성, 전동 효율 등이 다르게 나타나므로, 각각의 요소에 대한 특성을 잘 이해해야 한다.

여기서는 전동 기구에 사용하는 요소들의 종류 및 특성에 대하여 알아보기로 하자.

### 1 축에 관한 기계 요소

축계 요소는 동력을 전달하거나 작용 하중을 지지하는 기능을 가진다. 축계 요소로는 회전 동력을 직접적으로 전달하는 축(Shaft), 축과 축을 연결하는 데 이용되는 축 이음 및 축을 지지하는 데 사용되는 베어링이 있다.

#### (1) 축

기계는 회전 운동과 왕복 운동, 그리고 두 운동이 조합된 운동에 의해서 유용한 일을 한다.

축의 한쪽 끝이 회전하면 다른 한쪽도 같은 속도로 회전한다. 회전축은 회전 비의 변화 없이 회전 운동을 직접적으로 전달하는 기능을 수행한다.

축의 단면은 일반적으로 원형이다. 또 원형축에는 속이 찬 실축(Solid Shaft)

과 속이 빈 중공축(Hollow Shaft)이 있는데 일반적으로 속이 찬 축이 많이 사용된다.

축은 기계에서 동력을 전달하는 중요한 부분이므로 재료의 피로에 의한 파괴가 일어나지 않도록 허용 응력을 선정하여야 한다. 또, 노치부분에는 상당히 큰 응력이 집중되므로 그림 2-14와 같이 단이나 노치 홈을 만드는 경우, 될 수 있는 한 곡률 반지름을 크게 하여 응력이 집중되는 것을 피하는 것이 대단히 중요하다.

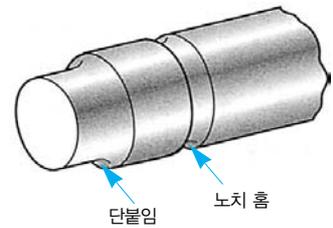


그림 2-14 노치 홈과 단붙임

## 1) 축의 종류

### ① 직선축(Straight Shaft)

직선축은 그림 2-15(a)와 같이 일직선 형태의 축이며, 일반적인 동력 전달용으로 사용된다.

### ② 크랭크 축(Crank Shaft)

크랭크축은 그림 2-15(b)와 같은 것으로 직선운동을 회전운동으로 또는 회전운동을 직선운동으로 바꾸는 데 사용된다.

### ③ 플렉시블축(Flexible Shaft)

플렉시블축은 자유롭게 휘 수 있게 강선을 2중, 3중으로 감은 나사 모양의 축이며, 공간상의 제한으로 일직선 형태의 축을 사용할 수 없을 때 이용된다.

#### ■ 피로

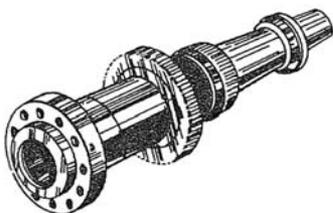
금속재료에 반복응력이 생길 때, 반복횟수가 증가함으로써 금속재료의 강도가 저하되는 현상

#### ■ 허용응력

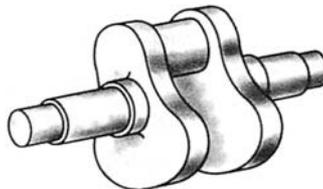
기계나 구조물을 안전하게 사용하는 데 허용될 수 있는 최대 한도의 응력(변형력)

#### ■ 노치

탄성학(彈性學) · 소성학(塑性學) 등에서 재료의 매끈한 테두리에 국부적으로 우묵하게 팬 곳



(a) 직선축



(b) 크랭크축



(c) 플렉시블축

그림 2-15 축의 종류

■ **탄소강**  
철에 0.03~2%의 탄소가 포함된 합금

■ **담금질**  
탄소강을 보다 강하게 하거나 경도를 높이기 위한 열처리

■ **합금강**  
탄소강에 탄소 외의 특수한 원소를 한 가지 이상 첨가하여 특수한 성질을 가지게 한 강

## 2) 축의 재료

일반적인 축에는 탄소가 0.1~0.4% 함유된 탄소강을 많이 사용하지만, 큰 하중을 받거나 고속 회전하는 축에는 니켈-크롬-몰리브덴강 등의 합금강을 사용하며, 마멸에 견디어야 하는 축에는 침탄법, 고주파 담금질법으로 표면 경화한 합금강을 사용한다. 또, 크랭크축과 같이 복잡한 형상을 가지고 높은 하중을 받는 축에는 단조강, 미하나이트 주철 등을 사용한다.

## (2) 축이음

원동기에서 발생된 동력을 동력 전달 요소인 축에 전달하거나, 구조상 또는 가공상의 제한으로 축을 하나로 제작하지 못하고 여러 개의 짧은 축으로 제작하였을 때에는 이들을 서로 연결할 필요가 있다. 이 때, 사용되는 축 연결 요소를 축이음(Shaft Coupling)이라 한다.

축 이음에는 운전 중에 두 축의 연결 상태를 풀어 줄 수 없도록 한 영구 축 이음인 커플링(Coupling)과 운전 중에 두 축을 결합시키거나 떼어 놓을 수 있도록 한 축이음인 클러치(Clutch)가 있다.

### 1) 커플링

커플링은 주로 전동기, 발전기, 감속기 등의 축 이음이나 긴 축의 이음 등에 쓰인다. 커플링은 축과 축을 한 번 결합한 후에는 분해하지 않고서는 분리할 수 없기 때문에 운전 중에 결합을 풀어 줄 필요가 없는 경우에 사용된다. 재질이 서로 달라서 용접이 어려운 경우나 연결 부위에서 약간의 상대 변위가 요구되는 경우, 또는 한쪽 축에 문제가 생겼을 때 결합을 풀고 그 축만을 교환해야 할 때를 대비하여 일시적으로 결합하여야 할 경우에 용접대신 사용된다.

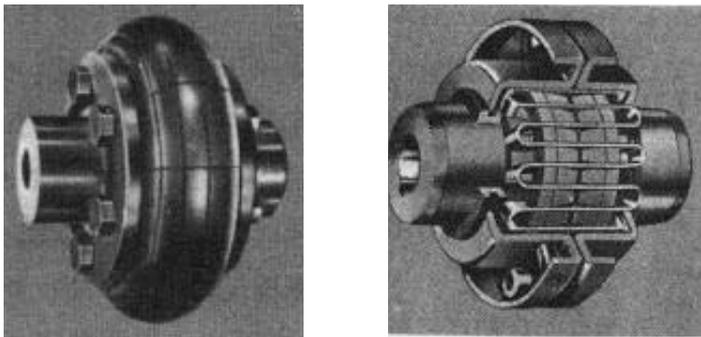
#### ① 플랜지 커플링

플랜지 커플링은 그림 2-16과 같이 두 축 끝에 플랜지를 끼워 키로 고정하고 리머 볼트로 결합시키는 커플링으로, 두 축을 정확하게 결합시킬 수 있고 확실하

계 동력을 전달시킬 수 있어 지름이 200mm이상인 축과 고속 정밀 회전축의 축 이음에 많이 사용된다.

## ② 플렉시블 커플링

플렉시블 커플링(Flexible Coupling)은 두 축의 중심을 정확하게 일치시키기 어려운 경우나 엔진, 공작 기계 등과 같이 진동이 발생하기 쉬운 경우에 그림 2-17과 같이 고무, 강선, 가죽, 스프링 등을 이용하여 충격과 진동을 완화시켜 주는 커플링을 말한다.



(a) 고무 플렉시블 커플링

(b) 그리드 플렉시블 커플링

그림 2-17 플렉시블 커플링

## ③ 유체 커플링

유체 커플링(Hydraulic Coupling)은 그림 2-18과 같이 원동축에 고정된 펌프 날개차의 회전에 의하여 에너지를 받은 물 또는 기름과 같은 유체가 종동축에 고정된 터빈날개차에 들어가서 종동축을 회전시켜 동력을 전달하는 커플링으로 시동이 쉽고, 진동과 충격이 유체에 흡수되어 종동축에 전달하지 않으므로, 힘의 변동이 크고 기동할 때에 저항이 큰 컨베이어, 크레인, 차량용 등으로 널리 쓰이고 있다.

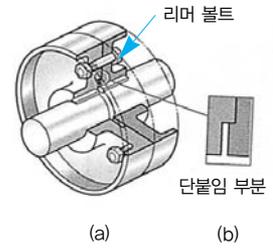


그림 2-16 플랜지커플링

### ■터빈

물·가스·증기 등의 유체가 가지는 에너지를 유용한 기계적 일로 변환시키는 기계

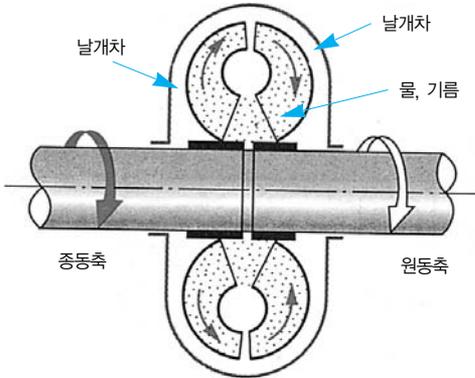


그림 2-18 유체커플링

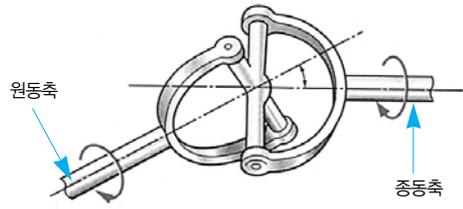


그림 2-19 유니버설 조인트

■ 컨베이어

재료 또는 화물을, 일정한 거리 사이를 자동으로 연속 운반하는 기계장치

④ 유니버설 조인트

유니버설 조인트(Universal Joint)는 그림 2-19와 같이 두 축의 만나는 각이 수시로 변화하는 경우에 사용되는 커플링으로 공작기계, 자동차 등의 축이음에 쓰인다.

2) 클러치

운전 중에 수시로 원동축에서 중동축에 토크를 전달하기도 하고 이를 단절시키기도 할 경우에는 두 축을 간단히 결합 또는 분리시킬 필요가 생긴다. 이러한 목적으로 사용되는 축 이음 기계 요소를 클러치(Clutch)라 한다.

① 맞물림 클러치

맞물림 클러치(Claw Clutch)는 그림 2-20과 같이 서로 맞물리는 턱을 가진 플

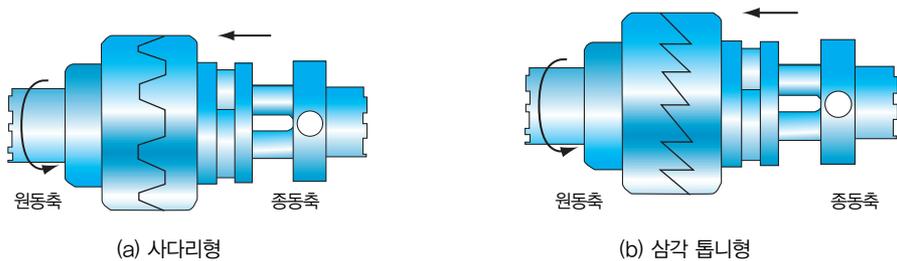


그림 2-20 맞물림 클러치

랜지를 축의 끝에 끼우고, 종동축을 축방향으로 이동할 수 있게 하여 턱이 물리기도 하고 떨어질 수도 있게 만든 클러치이다.

맞물림 클러치에는 턱의 모양에 따라 삼각형 클러치, 삼각 톱니형 클러치, 스파이럴형 클러치, 직사각형 클러치, 사다리형 클러치, 사각톱니형 클러치 등이 있다.

## ② 마찰 클러치

마찰 클러치(Friction Clutch)는 표 2-2와 같이 원동축과 종동축에 붙어 있는 접촉면을 서로 강하게 접촉시켜서 생긴 마찰력에 의하여 동력을 전달하는 클러치이다. 마찰 클러치는 접촉면에 미끄럼을 발생시키면서 종동축을 천천히 회전시켜 주므로, 원동축이 회전하는 중에도 충격 없이 종동축을 원동축에 결합시킬 수 있다. 또, 이 클러치는 과부하가 작용하더라도 접촉면이 미끄러져서 일정량 이상의 하중은 전달되지 않으므로 안전장치의 구실도 한다.

표 2-2 마찰클러치의 종류

종 류	특 징
원판 클러치 (Disk Clutch)	원판 클러치는 접촉면이 평면인 클러치이다.
원뿔 클러치 (Cone Clutch)	원뿔 클러치는 접촉면이 원뿔형으로 되어 있어, 축 방향에 작은 힘이 작용하여도 접촉면에 큰 마찰력이 발생하여 큰 회전력을 전달할 수 있는 클러치이다.
전자력 클러치 (Electromagnetic Clutch)	전자력 클러치는 내장된 전자 코일에 의해 발생된 전자력으로 회전력을 전달하는 클러치로서 전기적 작동에 의하여 쉽게 결합, 분리가 되므로 자동화 장치의 축이음에 많이 이용된다.

## (3) 베어링

회전축의 마찰 저항을 적게 하며, 축에 작용하는 하중을 지지하는 기계요소를 베어링(Bearing)이라 하고, 베어링과 접촉하고 있는 축의 부분을 저널(Journal)이라고 한다.

■ **저널**

베어링과 접촉하는 축의 위치에 따라 저널을 축끝 저널과 중간 저널로, 베어링과 접촉하는 축의 모양에 따라 피벗 저널과 칼라 저널로, 베어링과 접촉하는 축 부분의 모양에 따라 저널을 원통 저널과 구면 저널로 나눈다.

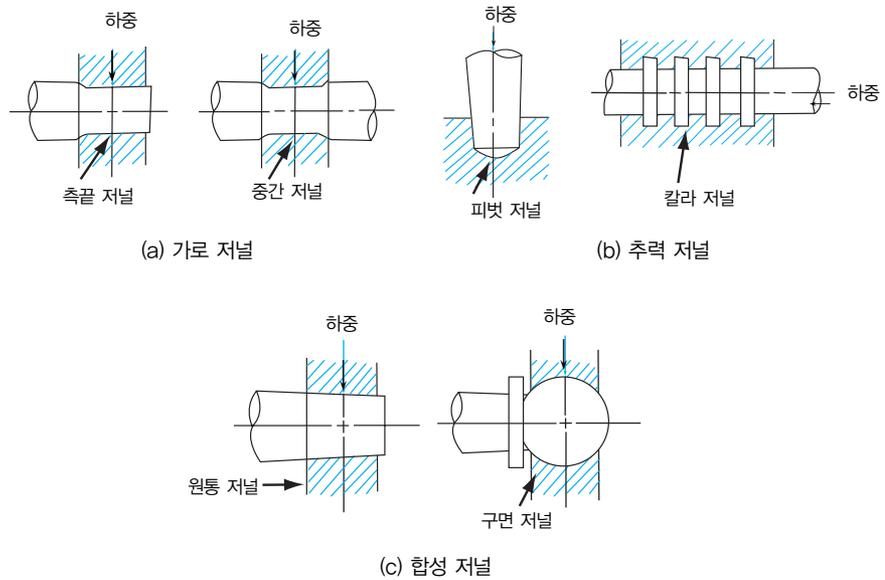


그림 2-21 각종 저널

1) 베어링의 종류

① 베어링의 구조에 따른 분류

축을 면으로 지지하는 것을 미끄럼 베어링이라 하고, 볼이나 롤러로 지지하는 것을 볼 베어링, 롤러 베어링이라 하며, 공기나 기름의 압력으로 지지하는 것을 각각 공기 베어링, 유체 베어링이라 한다.

② 축과 베어링 사이에 생기는 마찰의 종류에 의한 분류

그림 2-22와 같이 미끄럼마찰을 일으키는 미끄럼 베어링과 구름마찰을 일으키는 구름 베어링으로 구분한다.

③ 베어링이 지지할 수 있는 힘의 방향에 의한 분류

그림 2-22와 같이, 축선과 직각 방향의 힘을 받는 레이디얼(Radial) 베어링과 축선 방향의 힘을 받는 스러스트(Thrust) 베어링으로 구분한다.

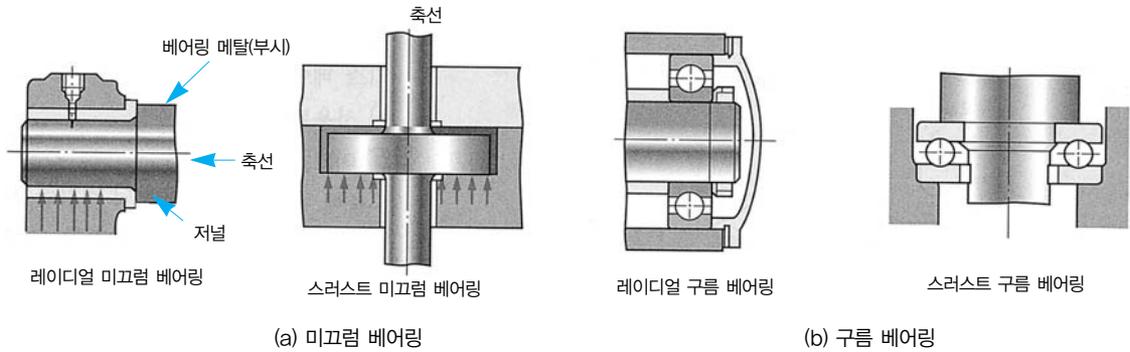


그림 2-22 베어링의 종류

## 2) 윤활

축과 베어링 사이에 기름을 주입하여 유막을 형성시킴으로써 마찰을 줄일 수 있다. 운전 중에 어떤 이유로 유막이 형성되지 않으면 마찰열에 의해 베어링 재료의 표면이 녹아 손상되고 회전이 불가능하게 된다.

그림 2-23에 여러 가지 윤활 방법을 나타내고 있다. 기름에 의해 더러워지는 것을 꺼리는 곳이나, 급유가 어려운 곳에는 급유하지 않아도 되는 오일리스 베어링(Oilless bearing)이 사용된다.

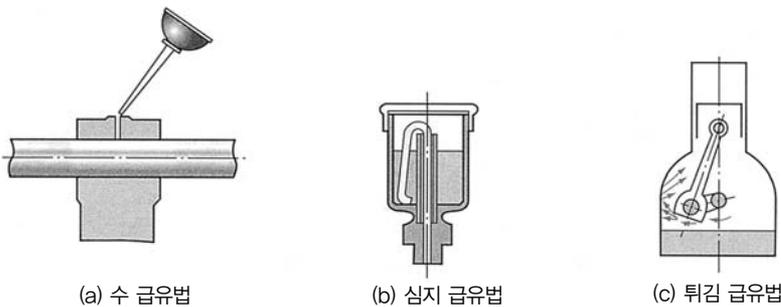


그림 2-23 베어링의 윤활 방법

## 3) 미끄럼 베어링

축을 지지하며, 회전체를 사용하지 않고 회전축의 마찰 저항을 줄이는 데 이용

### ■ 오일리스 베어링

다공질의 베어링 메탈에 기름이 배어 있는 것

### ■ 윤활제

서로 접촉해서 미끄러지는 두 면 사이의 마찰을 줄이는 작용을 하는 물질

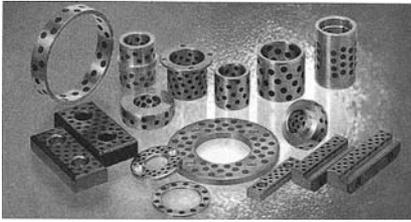


그림 2-24 오일리스 베어링

되는 요소를 미끄럼 베어링(Sliding Bearing)이라 한다.

미끄럼 베어링에서는 별도의 회전체가 이용되지 않기 때문에 저널과 베어링의 직접 접촉을 방지하고 마찰을 감소시키기 위하여 그들 사이에 윤활제를 주입한다.

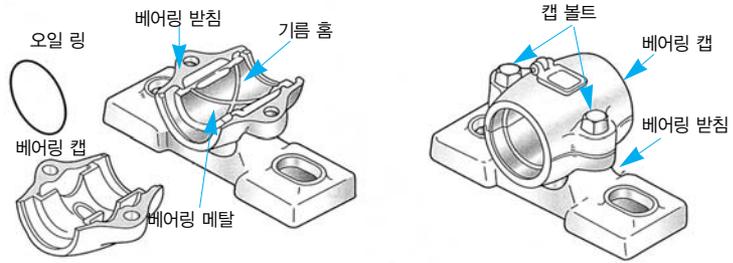


그림 2-25 미끄럼 베어링의 구조

#### 4) 구름 베어링

회전축을 이루는 두 요소의 접촉면에서는 미끄럼 작용이 일어나며, 두 요소가 직접 접촉하면 두 요소의 마찰에 의해 소음과 마찰열이 발생하고 마멸이 촉진된다.

이 때, 두 요소 사이에 회전체를 설치하면 접촉면에서 미끄럼 작용 대신에 구름 작용이 일어나므로 두 요소는 원활한 상대 운동을 할 수 있다. 회전축과 회전축을 지탱하는 요소 사이에 설치되어 원활한 상대 운동을 유지할 수 있도록

이용되는 요소가 구름 베어링이다. 구름 베어링에 사용되는 회전체로는 구 모양의 볼(Ball) 또는 원통형 모양의 롤러(Roller)가 있다.

구름 베어링을 구성하는 기본적인 요소로는 회전체, 회전체 사이에 적절한 간격을 유지해 주는 리테이너(Retainer), 회전체를 안내하며 통로 구실을 하는 내륜(Inner Ring) 및 외륜(Outer Ring)이 있다.

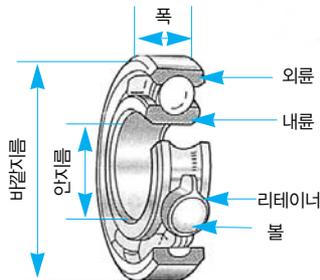


그림 2-26 구름 베어링의 기본 구성요소

베어링의 내륜, 외륜 및 회전체의 재료로는 고탄소 크롬강의 일

종인 베어링강이 주로 쓰이고, 리테이너 재료로는 탄소강, 청동, 경합금, 베이클라이트(Bakelite) 등이 쓰인다. 구름 베어링은 회전체와 내·외륜이 좁은 면에서 접촉하므로 충격이나 큰 하중에는 약하지만, 시동할 때에 마찰 저항이 극히 작고, 윤활 방법도 비교적 간편하고, 교체도 용이하기 때문에 널리 사용되고 있다.

## 2 나사

나사(Screw)는 환봉의 바깥쪽 또는 둥근 구멍의 안쪽을 따라 나선 모양의 산과 홈을 만든 것이다. 핸드 탭과 다이스를 이용하거나 선반, 밀링 머신, 드릴링 머신 등으로 절삭 가공하여 만들 수 있고, 전조하여 만드는 방법도 있는데, 필요에 따라 열처리하여 사용한다. 부품의 체결, 고정, 거리 조정, 동력의 전달 등에 주로 사용한다.

### (1) 나사의 개요

#### 1) 나사 곡선과 나사

그림 2-27과 같이 지름  $d$ 인 원기둥에 밑변  $AB = \pi d$ 인 직각삼각형  $ABC$ 를 원통의 축선에 직각이 되게  $A$ 를 기점으로 하여 감아 올라가면 그 빗변  $AC$ 는 원통 위에 하나의 곡선을 만든다. 이 곡선을 나사 곡선(Helix)이라 한다.

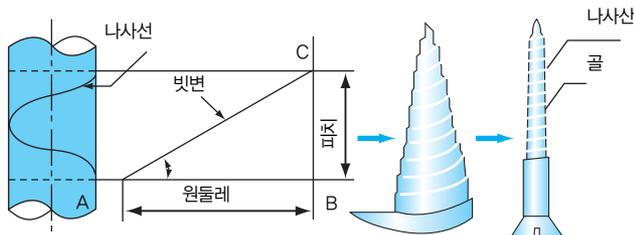


그림 2-27 나사곡선

#### ■ 탭

쇠파이프 끝단에 수나사 홈을 제작하기 위하여 사용하는 공구

#### ■ 다이스

쇠파이프 끝단에 수나사 홈을 제작하기 위하여 사용하는 공구

#### ■ 전조

둥근 소재를 다이 사이에 넣고 회전시키면서 눌러 소재의 바깥쪽을 다이에 의해 필요한 모양으로 만드는 가공법

그리고 나사 곡선 위에 여러 가지 단면형의 띠를 감으면 감은 띠의 봉우리 부분과 그 띠 사이에는 골 부분이 생기는데, 봉우리 부분을 나사산(Thread Ridge), 띠 사이의 낮은 홈 부분을 나사홈(Thread Groove) 또는 골(Root)이라 하며, 이러한 나사산을 가진 원통 또는 원뿔을 나사(Screw Thread)라 한다.

### 2) 피치와 리드

나사 곡선을 따라 축의 둘레를 한 바퀴 회전하였을 때 축방향으로 이동하는 거리를 리드(lead)  $l$ 이라 하고, 서로 인접한 나사산과 나사산 사이의 축방향의 거리를 피치(pitch)  $p$ 라 하면, 피치와 리드 사이에는 다음과 같은 관계가 있다.

$$l=np$$

여기서,  $n$ 은 나사의 줄 수를 나타내며, 만일  $n=1$ 줄일 때에는

$$l=p$$

### 3) 수나사와 암나사

그림 2-28과 같이 원통 또는 원뿔 바깥 표면에 나사산을 새긴 것을 수나사(External Thread)라 하고, 속이 빈 원통 또는 원뿔 안쪽 표면에 나사산을 새긴 것을 암나사(Internal Thread)라 한다. 그리고 수나사를 새긴 것을 볼트(Bolt), 암나사를 새긴 것을 너트(Nut)라 하는데, 볼트와 너트는 반드시 짝을 이룬다.

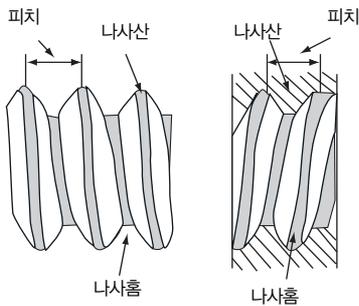


그림 2-28 수나사와 암나사

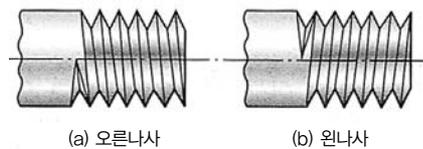


그림 2-29 오른나사와 왼나사

#### 4) 오른나사와 왼나사

그림 2-29와 같이 나사를 축방향에서 볼 때 시계 방향으로 돌려서 앞으로 나가는 나사를 오른나사(Right Hand Screw)라 하며, 반대 방향으로 돌려서 앞으로 나가는 나사를 왼나사(Left Hand Screw)라 한다.

#### 5) 다중 나사

그림 2-30(a)와 같이 1개의 나사곡선을 기초로 하여 만들어진 나사를 한줄 나사(Single Screw Thread)라 하며, 그림 2-30(b)와 같이 2개의 나사 곡선을 동시에 감아서 만든 나사를 두줄나사(Double Screw Thread)라 한다. 또 2개 이상의 나사 곡선으로 만들어진 나사를 다중 나사라고 한다.

보통의 나사는 한줄 나사가 많이 사용되나, 다중 나사는 1회전에 대해 리드가 크게 되고 큰 장력을 가지므로 빨리 풀거나 질 때에는 다중 나사를 사용한다. 그러나 다중 나사는 풀어지기 쉬운 단점이 있다.

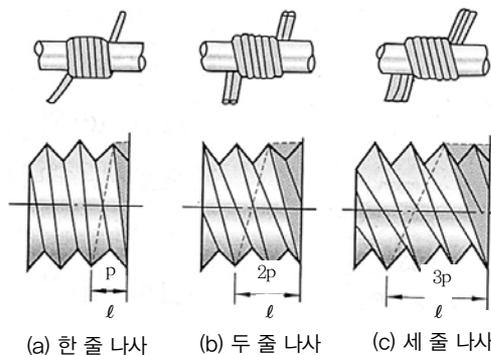


그림 2-30 여러 종류의 줄나사

#### 6) 관용 나사

관용 나사는 그림 2-31과 같이 두께가 얇은 파이프의 결합에 이용되며, 누수를 방지하고 기밀을 유지하는 데 사용된다.

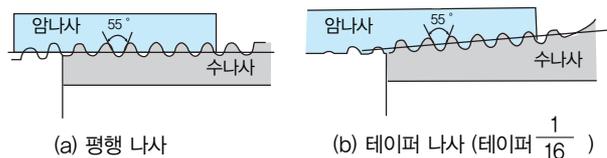


그림 2-31 관용 나사

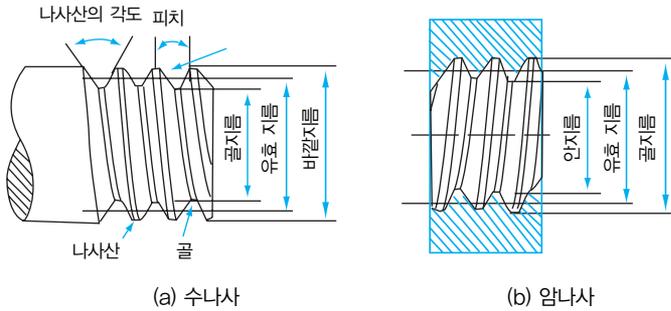


그림 2-32 나사의 명칭

그림 2-32 나사의 명칭  
 바깥지름을 기준으로 한다. 그러나 관용 나사의 경우는 관의 호칭 방법에 따라 표시한다. 예를 들면, 1인치 관에 만든 나사는 1인치 관용 나사라 한다. 관의 호칭은 관의 안지름의 크기로 나타낸다.

7) 유효지름과 호칭지름

나사 홈의 높이가 나사산의 높이와 같게 되도록 한 가상의 원통 또는 원뿔의 지름을 유효지름 또는 피치 지름(Pitch Diameter)이라 하고, 나사의 크기를 나타내는 지름을 호칭 지름(Nominal Diameter)이라 하는데, 수나사의

(2) 나사의 종류

나사는 그림 2-33과 같이 나사산의 모양에 따라 삼각 나사, 사각 나사, 사다리꼴 나사, 톱니 나사, 둥근 나사, 볼 나사 등으로 나누어지고, 사용 목적에 따라 결합용 나사, 운동용 나사, 계측용 나사 등으로 나누어진다.



그림 2-33 나사산의 종류

1) 결합용 나사

물체에 부품 결합이나 위치 조정에 사용되는 나사로서 주로 삼각 나사가 많이 사용되며, 삼각 나사는 나사산의 모양에 따라 미터 나사, 유니파이 나사, 관용 나사 등으로 나누어진다.

## 2) 운동용 나사

힘을 전달하거나 물체를 움직이게 할 목적으로 이용되는 나사로 사각 나사, 사다리꼴 나사, 톱니 나사, 둥근 나사, 볼 나사 등이 있다.

## 3) 계측용 나사

직선 변위를 회전 변위로 변환, 확대시키는 데 사용하는 나사로 정밀 가공이 용이하여 마이크로미터 등의 측정용 나사로 사용된다.

## 마찰차

두 개의 바퀴를 서로 밀어 그 사이에 생기는 마찰력을 이용하여 두 축 사이에 동력을 전달하는 장치를 마찰차(Friction Wheel)라 한다.

두 개의 바퀴가 구름 접촉(Rolling Contact)을 하면서 회전하므로, 두 바퀴 사이에 미끄럼이 없는 한 두 바퀴의 표면 속도는 같다. 그러나 실제의 경우 대부분 미끄럼이 발생하여 정확한 회전 운동의 전달이나 큰 동력의 전달에는 적합하지 않다.

마찰차는 속도비가 매우 커서 기어로 전동하기 어려운 경우, 두 축 사이의 동력을 전동 중에 빈번히 연결하거나 차단시킬 필요가 있는 경우 그리고 무단 변속이 필요한 경우에 사용된다.

마찰차의 재료로는 주철, 주강 등이 사용되며, 마찰차 표면에 부착하여 마찰 계수를 크게 해 주는 재료로는 경질 고무, 가죽, 목재, 종이 등이 쓰인다.

### (1) 마찰차의 종류

#### 1) 원통 마찰차

평행한 두 축 사이에서 외접 또는 내접하여 동력을 전달하는 원통형 바퀴를 원통마찰차(Spur Friction Wheel)라 한다.

### 2) 홈붙이 마찰차

V자 모양의 홈 5~10개를 표면에 파서 마찰하는 면을 늘여 회전력을 크게 한 원통형 바퀴를 홈붙이 마찰차(Grooved Friction Wheel)라 한다.

이 마찰차는 홈 중앙 부분의 한 곳에서 정확하게 구름 접촉을 하고 그 밖의 다른 곳에서는 미끄럼 접촉을 하므로, 전동할 때에 마멸과 소음을 일으키는 단점을 가지고 있다.

### 3) 원뿔 마찰차

그림 2-34(c)와 같이 동일 평면 내의 서로 어긋나는 두 축 사이에서 외접하여 동력을 전달하는 원뿔형 바퀴를 원뿔 마찰차(Bevel Friction Wheel)라 하며, 주로 무단 변속 장치의 변속 기구로 쓰인다.

### 4) 원판 마찰차

직각으로 만나는 두 축 사이에서 원판과 롤러의 접촉으로 동력을 전달하는 원판형 바퀴를 원판 마찰차(Disk Friction Wheel)라 한다.

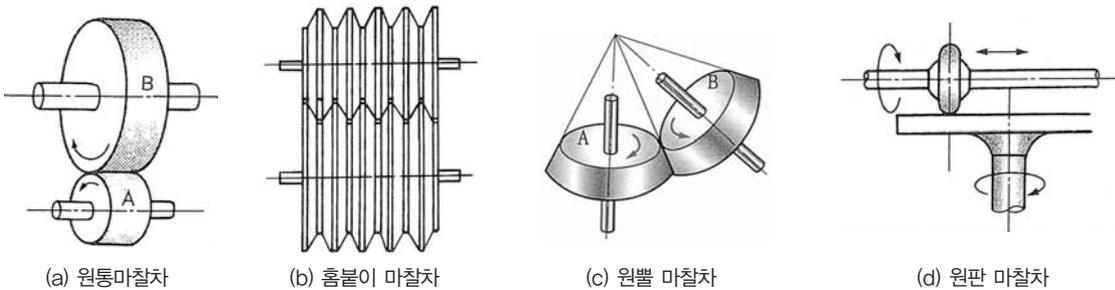


그림 2-34 마찰차의 종류

## (2) 회전 속도비

원통 마찰차나 홈붙이 마찰차와 같이 축이 나란한 경우, 접촉선에서 미끄럼이 없을 때 접촉선 위에서 두 바퀴의 표면 속도는 같다.

회전운동을 하는 기구에서 속도비  $i$ 는 다음과 같이 정의한다.

$$i = \frac{\text{종동차의 회전속도}(v_2)}{\text{원동차의 회전속도}(v_1)} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_2}{D_1}$$

## 4 기어

큰 힘이나 충격적인 힘을 받는 마찰차는 접촉면의 미끄러짐 때문에 일정한 속도비로 동력을 전달할 수가 없게 된다. 이 점을 보완하고자 마찰차의 접촉면에 이(Tooth)를 만들면 미끄러짐이 없게 되어 큰 동력을 일정한 속도비로 전달할 수 있게 된다.

이러한 기어에 의한 동력 전달을 기어 전동(Toothed Gearing)이라 하고, 연속적인 이의 물림에 의하여 동력을 전달하는 기계요소를 기어(Gear)라 한다.

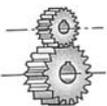
기어는 확실한 속도비와 아주 작은 구조의 좋은 효율로 큰 회전력을 전달할 수 있으므로 작은 것은 계기 또는 시계와 같은 것으로부터 큰 것은 수만 마력의 선박용 터빈의 감속 기어에 이르기까지 매우 넓은 범위에서 사용되고 있다.

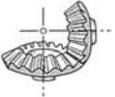
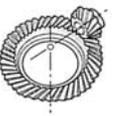
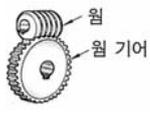
서로 맞물려 있는 한 쌍의 기어에서 잇수가 많은 것을 기어라 하고 잇수가 적은 것을 피니언(Pinion)이라 한다.

### (1) 기어의 종류

기어에는 회전운동을 전달하는 두 축의 위치 관계와 이의 모양에 따라 여러 가지가 있다.

표 2-3 기어의 종류

기어의 종류		특 징
축이 평행한 경우	스퍼 기어 (Spur Gear)	 <p>이 끝이 직선이며 축에 나란한 원통형 기어로서 평기어라고도 하며, 나란한 두 축 사이의 동력 전달에 가장 널리 사용되는 일반적인 기어이다.</p>

축이 평행한 경우	헬리컬 기어 (Helical Gear)		이 끝이 나선형인 원통형 기어를 헬리컬 기어라 한다. 스퍼 기어에 비하여 이의 물림이 원활하여 이의 변형과 소음이 작고, 큰 동력의 전달과 고속 운전에 적합 하다.
	내접 기어 (Internal Gear)		원통의 안쪽에 이가 있는 기어로서, 이것과 맞물려 회전하는 기어를 외접 기어라고 한다. 내접 기어는 두 축의 회전 방향이 같으며, 높은 속도비가 필요한 경우에 사용된다.
	랙과 피니언 (Rack and Pinion)		랙은 기어의 피치원 지름이 무한대로 큰 경우의 일부분이라고 볼 수 있으며, 피니언의 회전에 대하여 랙은 직선 운동을 한다.
두 축이 만나는 경우	베벨 기어 (Bevel Gear)		교차되는 두 축간에 운동을 전달하는 원뿔형의 기어를 베벨기어라고 하며, 이가 원뿔의 꼭지점을 향하는 것을 직선 베벨기어라고 한다.
	헬리컬 베벨 기어 (Helical Bevel Gear)		이가 원뿔면에 헬리컬 곡선으로 된 베벨기어이며, 큰 하중과 고속의 동력 전달에 사용된다.
	크라운 기어 (Crown Gear)		피치면이 평면인 베벨 기어를 크라운 기어라고 한다.
두 축이 평행하 지도 만나	하이포이드 기어 (Hypoid Gear)		헬리컬 베벨 기어와 모양이 비슷하나, 두 축이 엇갈리는 경우에 사용된다. 자동차의 차동기어 장치의 감속 기어로 사용된다.
만나 지도 않는 경우	웜 기어 (Worm Gear)		웜과 웜 기어로 이루어진 한 쌍의 기어로서, 두 축이 직각을 이루며, 큰 감속비를 얻고자 하는 경우에 주로 쓰인다.

## (2) 이의 크기와 명칭

같은 크기의 피치원을 가지고 있는 기어라도 잇수를 달리하면 이의 크기가 달라지므로, 이의 크기를 결정하는 기준이 필요하다. 이의 크기를 나타내는 기준에는 원주 피치, 모듈, 지름 피치가 있다.

### 1) 원주 피치

원주 피치(Circular Pitch)는 피치 원주에서의 인접한 2개 이의 원주거리로 나타내는 이 크기의 기준이며, 피치원의 둘레를 잇수로 나눈 값이다. 기호  $p$ 로 표시한다.

### 2) 모듈

모듈(Module)은 기어의 피치원 지름(단위 : mm)을 잇수로 나눈 값으로 나타나며, 기호  $m$ 으로 표시한다.

$$m = \frac{D_1}{z_1} = \frac{D_2}{z_2} \quad (D_1, D_2 : \text{피치원의 지름}, z_1, z_2 : \text{이의 수})$$

### 3) 지름 피치

지름 피치(Diametral Pitch)는 기어 이의 수를 피치원 지름(단위 : inch)으로 나눈 값으로 나타내며, 기호  $p_d$ 로 표시한다.

### 4) 이의 각부 명칭

기어의 주요 부분의 이름을 그림 2-35에 나타내었다.

- ① 피치점(Pitch Point) : 두 기어의 접촉점의 공통 법선과 두 기어의 축의 중심을 연결한 선과의 교점
- ② 피치원(Pitch Circle) : 기어의 중심과 피치점과의 거리를 반지름으로 한 두 기어가 구름 접촉을 하는 가상의 원

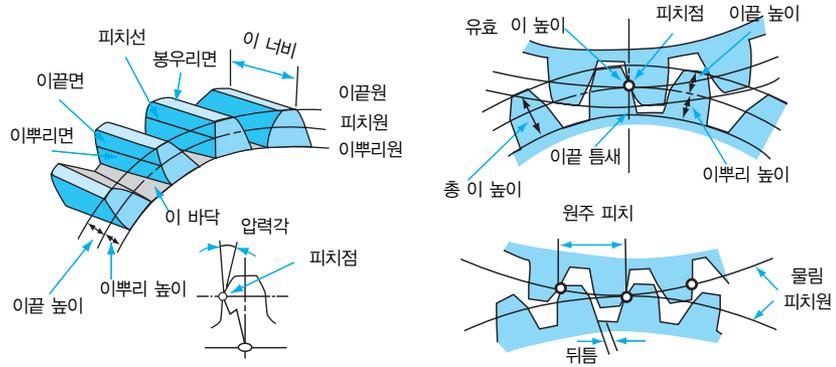


그림 2-35 기어의 각부 명칭

- ③ 원주 피치(Circular Pitch) : 한 이와 다음 이와의 피치원 위의 원호 길이
- ④ 이끝원(Addendum Circle) : 기어에서 모든 이끝을 연결하여 이루어진 원
- ⑤ 이뿌리원(Dedendum Circle) : 기어에서 모든 이의 뿌리를 연결한 원

### (3) 기어의 속도비

서로 맞물려 돌아가는 두 기어의 회전수의 비를 속도비라 한다. 기어의 속도비는 종동 기어의 회전수에 비례하며, 종동 기어의 피치원 지름과 잇수에 반비례하고, 그 관계식은 다음과 같다.

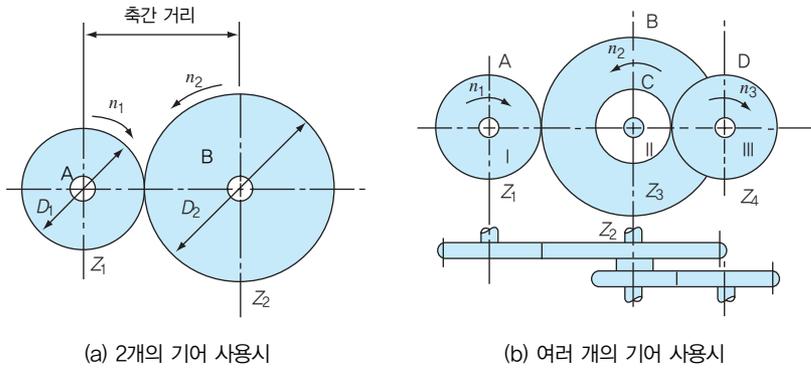
#### 1) 2개의 기어를 사용하는 경우의 속도비

그림 2-36(a)에서 기어 A, B의 피치원 지름을 각각  $D_1, D_2$ , 잇수를  $Z_1, Z_2$ , 회전수를  $n_1, n_2$ 라 할 때, 기어의 속도비  $i$ 는 다음과 같다.

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

#### 2) 여러 개의 기어를 사용하는 경우의 속도비

여러 개의 기어가 조합된 기어 장치에서의 속도비는, 서로 접하는 두 기어의 속도비의 곱으로 나타낼 수 있다.



(a) 2개의 기어 사용시

(b) 여러 개의 기어 사용시

그림 2-36 기어 전동

그림 2-36(b)에서와 같이 원동축 I 과 종동축 III의 회전수를 각각  $n_1$ ,  $n_3$ 이라 하고, 각 기어의 잇수를  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$ ,  $Z_4$  각 기어의 피치원 지름을  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ ,  $D_4$ 라 하면, 이 기어 장치의 속도비  $i$ 는 다음과 같다.

$$i = \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{n_3}{n_2} = \frac{D_1}{D_2} \cdot \frac{D_3}{D_4} = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4}$$

$$i = \frac{n_3}{n_1} = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4}$$

$$= \frac{\text{원동축 기어의 잇수의 곱}}{\text{종동축 기어의 잇수의 곱}}$$



## 차형 곡선의 종류

### 1. 사이클로이드 기어

주어진 피치원의 안과 밖에서 구름원(Rolling Circle)이 미끄럼 없이 구를 때, 구름원 위의 한 점의 자취를 사이클로이드 곡선이라고 한다. 이 곡선으로 만든 이의 윤곽을 사이클로이드 치형이라 하며, 이 치형으로 된 기어를 사이클로이드 기어라 한다.

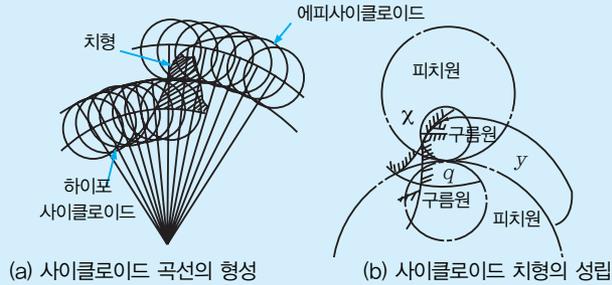


그림 2-37 사이클로이드 곡선과 치형

### 2. 인벌류트 기어

주어진 원(기초원 : Base Circle) 위에 감긴 실을 팽팽히 잡아당기면서 풀 때, 실의 끝점이 그리는 궤적을 인벌류트 곡선이라 한다. 인벌류트 곡선으로 만든 이의 윤곽을 인벌류트 치형이라 하며, 이 치형으로 된 기어를 인벌류트 기어라 한다.

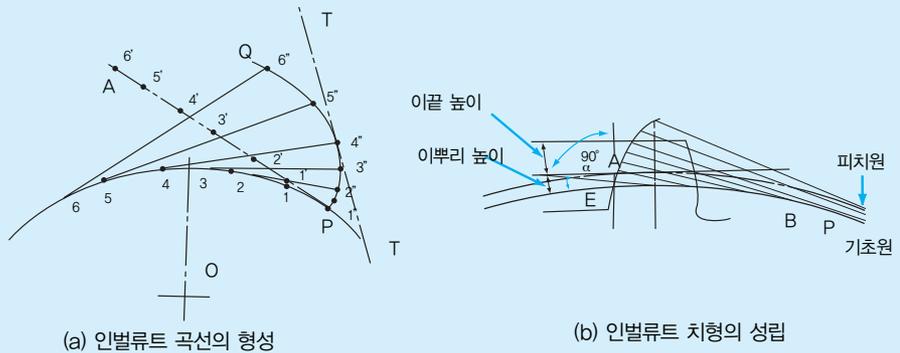


그림 2-38 인벌류트 곡선과 치형

## 5 벨트, 체인 및 로프 전동

원동축의 회전을 종동축의 회전으로 전달시키는 데 있어서 두 축 간 거리가 가까울수록 마찰차나 기어 등에 의한 직접 접촉에 의해서 전동시키는 반면, 축 간 거리가 먼 경우에는 벨트, 체인 및 로프 등을 이용하여 전동시킨다. 이러한 요소들을 사용하면 조작이 간단하면서 비용도 싸고 효율이 좋아 각종 기계의 전동에 널리 사용하고 있다.

### (1) 벨트 전동

가죽, 식물 또는 고무 등으로 만든 벨트(Belt)로 두 개의 바퀴를 감아 이들 사이의 마찰에 의하여 동력을 전달하는 장치를 벨트 전동 장치라 하고, 이 때의 바퀴를 벨트 풀리(Belt Pulley)라 한다. 벨트 전동 장치는 정확한 속도비는 얻지 못하나, 충격 하중을 흡수하여 진동을 감소시키고, 갑자기 하중이 커질 때에는 미끄러짐에 의하여 무리한 전동을 방지하는 안전장치의 역할도 한다. 또, 구조가 간단하고 제작비가 적게 들며, 전동 효율이 높아 일반 기계의 전동 장치로 널리 이용되고 있다. 벨트는 형상에 따라 평벨트, V벨트 및 치형 벨트로 나뉜다.

#### 1) 평벨트의 동력 전달

두 축에 고정된 평벨트 풀리에 벨트를 거는 방법에는 그림 2-39와 같이 바로걸기 방법과 엇걸기 방법이 있다.

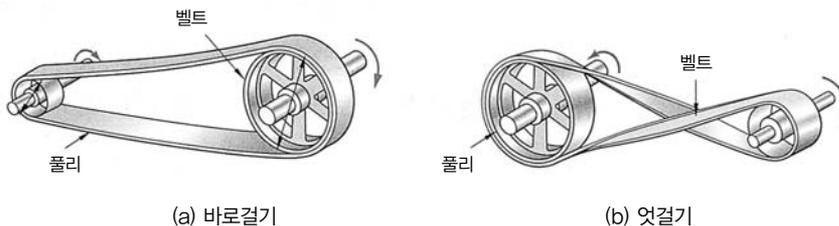


그림 2-39 평벨트를 거는 방법

엇걸기로 할 경우 접촉각이 바로걸기보다 크기 때문에 큰 동력을 전동할 수 있다. 그러나 벨트가 서로 닿으며 스쳐가기 때문에 벨트에 손상이 가며 비틀림으로 인한 응력도 발생하므로, 축 간 거리가 벨트 폭의 20배 이상이어야 하며 고속에는 적합하지 않다.

두 평벨트 풀리의 회전 방향은 바로걸기 방법에서는 같은 방향이고, 엇걸기 방법에서는 반대 방향이다. 벨트가 원동축으로 들어가는 쪽을 인장 쪽(Tension Side), 원동축으로부터 풀려 나오는 쪽을 이완 쪽(Loose Side)이라 한다.

원동축과 종동축의 회전수와 지름을 각각  $n_1, n_2$ 와  $D_1, D_2$ 라 하면, 그 속도비  $i$ 는 다음과 같이 된다.

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_1}{D_2}, \quad n_2 = \frac{D_1}{D_2} n_1$$

그러나 실제로는 벨트와 벨트 풀리 사이의 미끄럼으로 인하여 종동축의 회전수  $n_2$ 는 위의 식으로 계산된 값보다 1~3% 적게 된다. 종동축에 전달하는 회전수를 변화시킬 필요가 있을 때에는 그림 2-40과 같이 단차(Step Pulley)를 사용하여 회전 속도를 변화시킬 수 있다.

## 2) V벨트의 동력 전달

그림 2-41과 같이 V벨트를 V홈이 있는 풀리에 걸어서 평행한 두 축 사이에 동력을 전달하고, 회전수를 바꿔 주는 장치를 V벨트 전동이라 한다. V벨트 전동은 V벨트와 홈 사이의 썸 작용에 의하여 마찰력이 커지므로, 축 사이의 거리

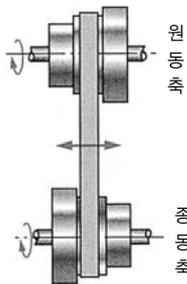


그림 2-40 단차에 의한 변속

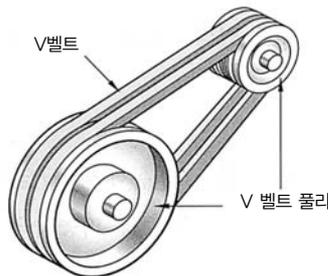


그림 2-41 V 벨트 전동

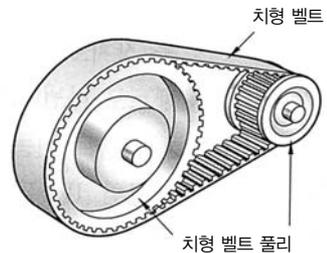


그림 2-42 치형벨트 전동

가 짧고 속도비가 클때에도 미끄럼이 적게 일어난다. 또, 운전할 때 조용하고 충격을 완화시키는 작용도 한다. 길이는 평벨트와 달리 이음부가 없는 고리 모양으로 만들어져 있으므로 반드시 풀리의 위치를 조절할 수 있도록 설계하여야 한다. 그리고 전달 동력을 크게 하기 위해서는 여러 줄의 벨트를 사용한다.

### 3) 치형 벨트

치형 벨트(Timing Belt)는 그림 2-42와 같이 이가 만들어져 있는 벨트로, 벨트에 만들어져 있는 이와 풀리에 만들어진 이가 서로 맞물려서 전동하기 때문에 미끄러짐이 없으므로 정확한 속도로 동력을 전달할 수 있다. 장치를 소형으로 할 수 있고, 고속 전동에 적합하며, 초기 장력이 적어도 되는 등 장점이 많다. 그러므로 일반 산업용 기계뿐 아니라, 자동차, 사무용 기기, 의료용 기계, 가정용 전기 기기 등 각 분야에 사용되고 있다.

## (2) 체인 전동

체인(Chain)을 스프로킷 휠(Sprocket Wheel)에 걸어 감아서 체인과 휠의 이가 서로 물리게 하여 동력을 전달하는 장치를 체인 전동 장치라 한다. 정확한 전동

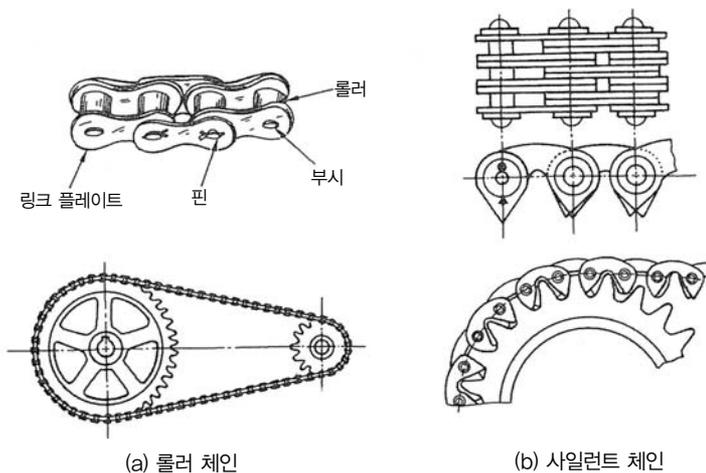


그림 2-43 체인의 종류

을 원하나 축간 거리가 멀어 기어를 사용할 수 없을 때 사용된다. 체인 전동은 미끄럼이 없는 일정한 속도비를 얻을 수 있고, 큰 동력을 전달할 수 있으나, 진동과 소음이 나기 쉬우므로 고속 회전에는 적합하지 않다.

전동용 체인에는 블록 체인(Block Chain), 롤러 체인(Roller Chain) 및 사일런트 체인(Silent Chain)이 있으며 이 중에서 롤러 체인과 사일런트 체인이 많이 사용된다.

### (3) 로프 동력 전달

섬유 또는 와이어 등으로 만든 로프를 두 개의 바퀴에 감아 이들 사이의 마찰력에 의하여 동력을 전달하는 장치를 로프 전동 장치라 하며, 이 장치에 쓰이는 바퀴를 로프 풀리(Rope Pulley)라 한다.

이 장치는 원치, 크레인, 엘리베이터 등의 동력 전달 장치로 쓰인다. 로프를 감는 방법에는 그림 2-44와 같이 여러 개의 각각 독립된 고리 모양의 로프로 나란히 감는 병렬식과 1개의 긴 로프로 원동절과 종동절의 홈을 차례로 감는 연속식이 있다.

■ 원치

원통형의 드럼에 와이어 로프를 감아, 도르래를 이용해서 중량물(重量物)을 높은 곳으로 들어올리거나 끌어당기는 기계

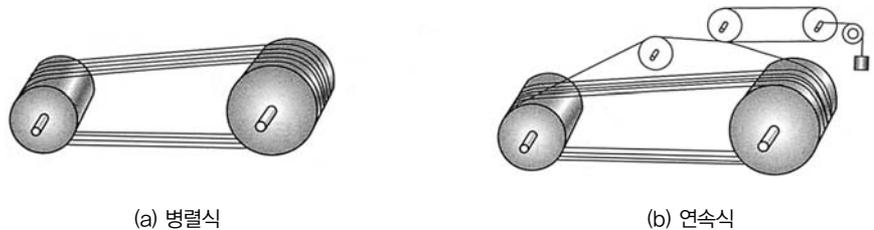


그림 2-44 로프를 감는 방법

## 6 캠

특수한 모양을 가진 원동절에 회전 운동을 또는 직선 운동을 주어서 이것과 짝을 이루고 있는 종동절이 복잡한 왕복 직선 운동이나 왕복 각운동 등을 하게

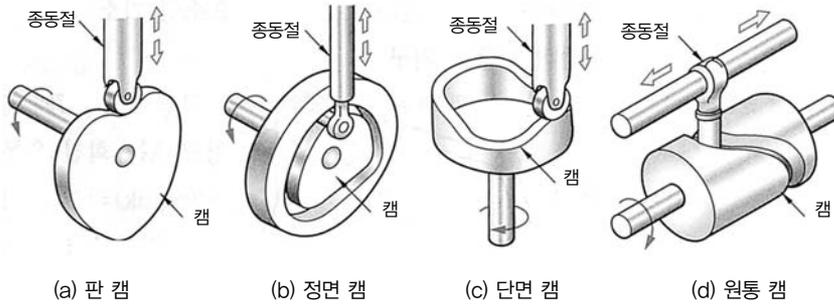


그림 2-45 여러 가지 캠의 모양

하는 기구를 캠 기구(Cam Mechanism)라 하고, 이 원동절을 캠(Cam)이라 한다.

캠 기구는 구조는 간단하나 복잡한 운동을 쉽게 실현할 수 있어, 내연 기관의 밸브 개폐 기구나 공작 기계, 인쇄 기계, 자동 기계 등의 운동 변환 기구에 사용되고 있다.

캠의 종류는 접점의 자취에 따라 평면 곡선을 가지는 평면 캠(Plane Cam)과 공간 곡선을 가지는 입체 캠(Solid Cam)으로 구분할 수 있다.

평면 캠과 입체 캠은 모양에 따라, 그림 2-45와 같이 여러 종류가 있다. 또한, 원동절이 종동절 운동을 구속하는가 그렇지 않은가에 따라 확동 캠과 소극 캠으로 구분할 수 있다. 확동 캠(Positive Cam)은 자체 캠 기구의 구조에 의하여 종동절을 원동절에 접촉시켜 구속적인 운동을 하게 하는 캠이며, 소극 캠(Negative Cam)은 중력 또는 스프링의 힘 등에 의하여 종동절을 원동절에 접촉시켜 불구속적인 운동을 하게 하는 캠이다.

## 7 링크 기구

여러 개의 기계요소가 서로 짝을 이루고 차례로 연결되어 있는 것을 연쇄 또는 체인(Chain)이라 하며, 연쇄를 이루는 각각의 기계요소를 링크(Link) 또는 절이라 한다.

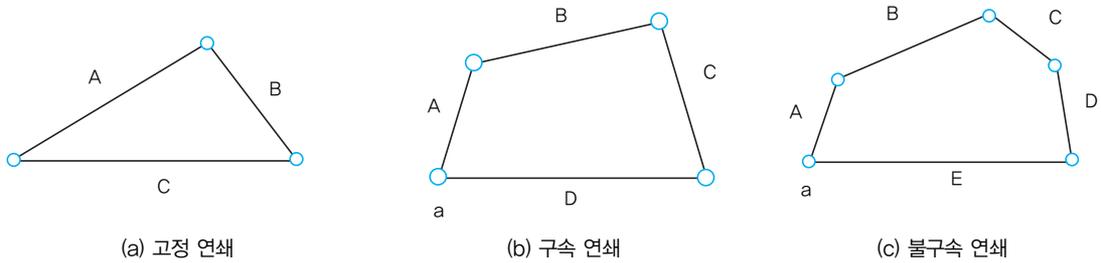


그림 2-46 연쇄의 종류

그림 2-46(a)와 같이 연쇄가 3개의 링크로 되어 있으면 각 링크는 상대 운동을 할 수 없게 되는데, 이러한 연쇄를 고정 연쇄(Locked Chain)라 한다. 그림 2-46(b)와 같이 4개의 링크로 짝을 이루어 어느 한 링크를 고정하면 일정한 운동만 하게 되는데, 이러한 연쇄를 구속 연쇄(Constrained Chain)라 한다. D를 고정한 상태에서 A를 a점 중심으로 회전시키면 B와 C는 일정한 구속 운동을 하게 된다.

그림 2-46(c)와 같이 5개 이상의 링크가 짝을 이루어서 불확실한 운동을 하는 연쇄를 불구속 연쇄(Unconstrained Chain)라 한다. E를 고정한 상태에서 A를 a점 중심으로 회전시킬 때 B, C, D가 어떻게 움직일지 예측할 수 없고 여러 가지 형태로 움직일 수 있다.

이렇게 몇 개의 링크가 핀으로 결합된 것을 링크 기구(Link Work)라 한다.

매우 복잡한 기계라 하더라도 그 구성 요소의 관계를 조사해 보면, 기구학적으로 간단한 링크 기구로 이루어진 것을 알 수 있다.

4절 링크 기구는 고정 링크와 이 링크 주위를 회전하는 크랭크(Crank), 흔들 이 운동을 하는 레버(Lever) 및 미끄럼 운동을 하는 슬라이더(Slider)로 구성되어 있다.

이 기구는 내연 기관이나 압축기 또는 공작 기계의 급속 귀환 운동 기구나 평행 운동 기구 등 기계들의 기본적인 운동 기구로 이용된다.

## (1) 4절 회전 기구

4절 회전 기구는 4개의 링크가 4개의 회전축으로 연결된 기구를 말하는데, 레버 크랭크 기구, 이중 크랭크 기구, 이중 레버 기구 등이 있다.

### 1) 레버 크랭크 기구

그림 2-47과 같이 링크 D(또는 B)가 고정되어 있고 가장 짧은 링크 A가 크랭크로 회전하고 링크 B로 연결된 링크 C가 레버로 흔들리 운동을 하는 기구를 레버 크랭크 기구(Lever Crank Mechanism)라 한다. 링크 B를 커넥팅 로드(Connecting Rod)라 한다.

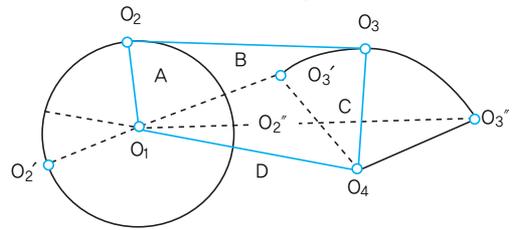


그림 2-47 레버 크랭크 기구

레버 C를 원동절, 크랭크 A를 종동절로 할 때,  $O_2'$ ,  $O_2''$  점에서는 크랭크 A가 레버 C의 흔들리 운동에 의하여 왼쪽이나 오른쪽 어느 방향으로도 회전할 수 있다.

이와 같이, 운동의 방향이 일정하지 않게 되는 점  $O_2'$ ,  $O_2''$  를 변환점(Change Point)이라 하고, 레버 C에 힘을 주어도 크랭크 A가 움직이지 않는 점  $O_3'$ ,  $O_3''$  를 사점(Dead Point)이라 한다.

### 2) 이중 크랭크 기구

그림 2-48과 같이 가장 짧은 링크 A를 고정하면, 링크 B 및 D는 링크 C를 커넥팅 로드로 하여 함께 회전 운동을 하는 이중 크랭크 기구(Double Crank Mechanism)가 된다. 이 기구에서는 원동절이 등속 회전을 해도 종동절은 등속 회전을 하지 않는다.

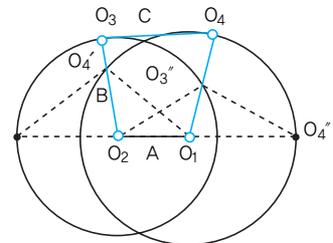


그림 2-48 이중 크랭크 기구

### 3) 이중 레버 기구

그림 2-49와 같이 가장 짧은 링크 A의 맞은편 링크 C를 고정하면, 이것에 인접한 링크 B 및 D는 레버로 흔들리 운동을 하는데, 이것을 이중 레

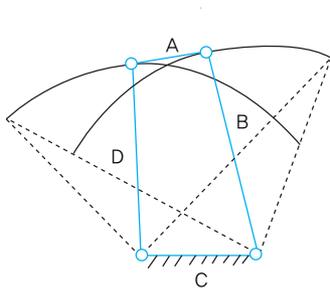


그림 2-49 이중 레버 기구

버 기구(Double Lever Mechanism)라 한다. 이 기구는 자동차의 조향 장치에 응용되고 있다.

## (2) 슬라이더 크랭크 기구

슬라이더 크랭크 기구(Slider Crank Mechanism)는 4절 회전 기구를 변형시킨 것이다. 즉, 4개의 짝 중에서 3개가 회전짝이고, 1개가 미끄럼짝으로 이루어진 링크 기구이다.

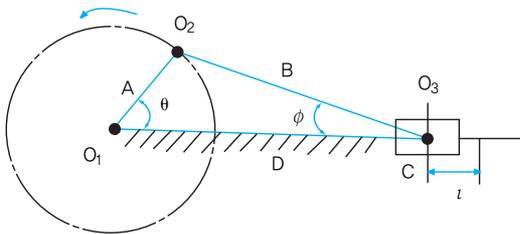


그림 2-50 왕복 슬라이더 크랭크 기구

### 1) 왕복 슬라이더 크랭크 기구

그림 2-50에서 링크 D를 고정한 경우 링크 A를 크랭크로 하여  $O_1$ 을 중심으로 회전시키면 슬라이더 C는 직선 홈을 가진 링크 D 안에서 왕복 운동을 하게 된다. 이러한 링크 기구를 왕복 슬라이더 크랭크 기구(Reciprocating Slider Crank Mechanism)라 한다.

이 기구에서 크랭크 A를 구동절로 한 것에는 펌프, 공기압축기 등이 있으며, 슬라이더 C를 원동절로 한 것에는 증기 기관, 내연 기관 등이 있다.

### 2) 흔들이 슬라이더 크랭크 기구

그림 2-51과 같이 링크 B를 고정하고 링크 A를 크랭크로 하여 회전시키면, 슬라이더 C가 흔들이 운동을 하는데, 이것을 흔들이 슬라이더 크랭크 기구(Oscillating Block Slider Crank Mechanism)라 한다.

이 기구는 세이퍼의 급속 귀환 기구 등에 응용된다.

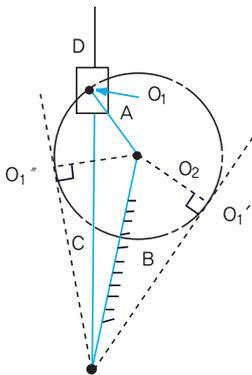


그림 2-51 흔들이 슬라이더 크랭크 기구

# 04 전동 관련 기계 장치

## 1 변속 기어 장치

### (1) 기어 트레인

자동차의 엔진과 같은 기계 장치의 원동기에서 나오는 회전수는 대체로 필요로 하는 회전수와 다른 경우가 대부분이다. 그렇기 때문에 원동축에서 나오는 회전수를 저속이나 고속으로 변환하기 위한 기구가 필요하게 되는데, 이 때 여러 쌍의 기어를 사용하면, 필요한 회전수를 얻을 수 있다. 이들 여러 쌍의 기어를 기어 트레인(Gear Train)이라 한다.

중간에 있는 축 II 위에 있는 기어 B와 C의 잇수가 같은 경우에는  $z_2 = z_3$ 로, 속도비에는 영향을 끼치지 않는다. 이들 기어를 공전 기어(Idle Gear)라 한다.

이와 같이, 여러 개의 기어를 조합하여 원동축, 중간축 그리고 종동축 기어의 잇수를 조정하면 원하는 회전수를 얻어 낼 수 있게 된다.

한 쌍의 기어의 잇수비는 정수가 아닌 것이 좋다. 정수비로 할 경우, 서로 대응하는 기어의 이가 주기적으로 맞물리게 되어 특정한 어느 이에 하중이 집중될 경우, 이 이를 파손하고 진동, 소음을 일으키게 한다.

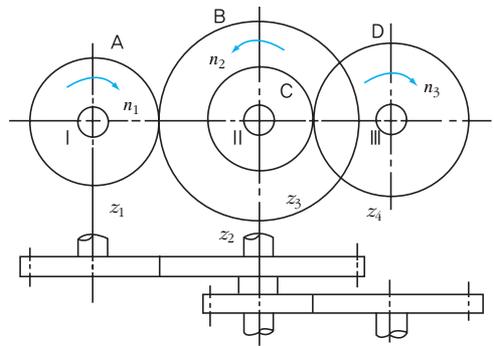


그림 2-52 기어 트레인

### (2) 유성 기어 장치

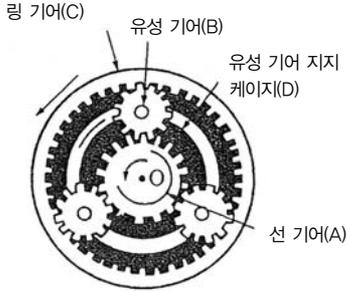


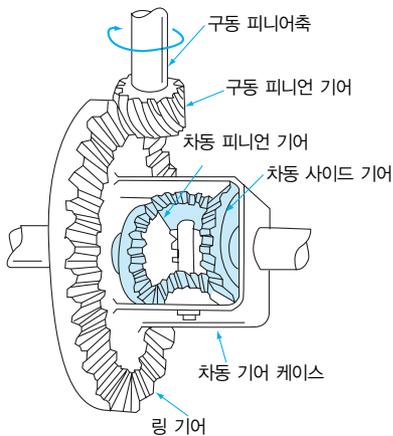
그림 2-53 유성 기어 장치

유성 기어 장치는 그림 2-53과 같이 유성 기어 지지 케이지 D에 3개 또는 4개의 유성 기어 B를 같은 간격으로 배열하고 선 기어(Sun Gear) A와 링 기어(Ring Gear) C 사이에서 회전하도록 한 것으로 유성 기어 지지 케이지를 선 기어의 둘레로 회전시키면, 3개의 유성 기어는 각각 자전하면서 선 기어의 둘레를 공전하여 동력을 전달한다.

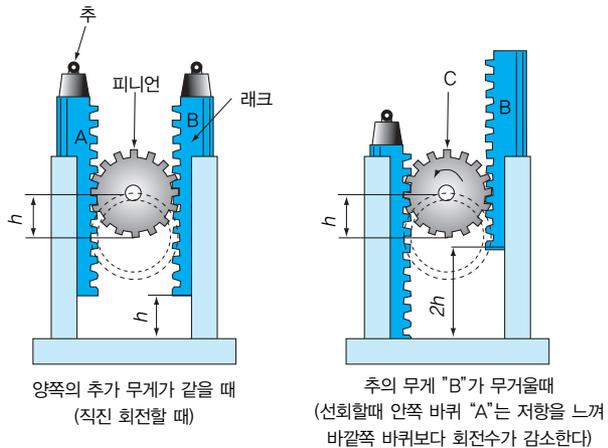
유성 기어 장치는 작은 부피를 이용하여 큰 감속비를 얻을 수 있으며, 또 소음이 작고 수명이 길기 때문에 자동 변속기 또는 중속 구동 장치에 많이 사용된다.

### (3) 차동 기어 장치

굽은 길에서 자동차는 바깥쪽 바퀴가 안쪽 바퀴보다 더 큰 원을 그리며 더 빨리



(a) 차동 기어 장치



(b) 차동 기어 장치의 원리

그림 2-54 차동기어장치와 원리

돌아야만 차량이 미끄러지지 않고 원활하게 회전할 수 있다. 이와 같이 굽은 길을 돌 때 좌우 구동 바퀴가 회전하는 속도에 차이를 만들어 내는 장치가 차동 기어 장치(Differential Gear)이다.

차동 기어 장치는 자동차의 좌우 바퀴 회전수 변화를 가능케 하여 울퉁불퉁한 도로 및 선회할 때 무리 없이 원활히 회전하게 하는 장치로서 차동 기어 케이스, 차동 피니언 및 차동 피니언 축 및 사이드 기어로 구성되어 있다. 자동차가 평탄한 도로를 직진할 때는 좌우 구동 바퀴의 회전 저항이 동일하기 때문에, 차동 기어 전체가 한 덩어리가 되어 회전하게 된다. 선회할 때 안쪽 바퀴는 저항을 느껴 바깥쪽 바퀴보다 회전수가 감소되고, 안쪽 바퀴의 회전수가 감소한 만큼 차동 피니언이 회전하여 바깥쪽 바퀴를 증속시킨다.

## 2 완충 장치

산업용 기계 및 공작 기계에서 발생하는 진동은 기계 자체의 성능에 영향을 끼칠 뿐만 아니라 제품의 품질도 저하시킨다. 또, 소음의 원인이 되어 작업자 및 작업 환경에 영향을 주어 작업 능률을 떨어뜨린다. 따라서, 각종 기계에는 완충 및 방진 장치를 설치하여 기계 자체의 진동을 감소시키고 다른 기계로부터의 진동을 차단시켜야 한다.

일반적으로 탄성체는 하중을 받으면 하중에 따른 만큼의 변위를 가지게 되고, 이로 인해 발생하는 일을 탄성 에너지로 흡수, 축적하는 특성이 커서 충격을 완화하거나 진동을 방지하는 데 사용된다. 충격 완화나 진동 방지에 사용되는 기계요소를 완충장치라 한다.

### (1) 스프링

스프링(Spring)의 재료로는 탄성 한도와 피로 한도가 높으며 충격에 잘 견디는 스프링강과 피아노선이 널리 사용된다. 부식의 우려가 있는 곳에는 스테인리스

■ 탄성한도

외부의 힘에 의해 변형된 물체가 그 힘을 없애면 본래의 형태로 되돌아가는 힘의 범위

■ 피로한도

피로파괴를 일으키지 않는 범위의 최대 응력

강, 구리 합금 등이 쓰이고, 고온인 곳에는 고속도강, 합금 공구강, 스테인리스강이 쓰인다. 이 외에 고무, 합성수지, 유체 등이 쓰이고 있다.

1) 코일 스프링

코일 스프링(Coil Spring)은 단면이 둥글거나 각이 진 봉재를 코일형으로 감은 것으로, 그림 2-55와 같이 인장, 압축, 토션용으로 분류된다. 스프링의 강도는 단위 길이를 늘이거나 압축시키는 데 필요한 힘으로 표시한다. 이것을 스프링 상수라고 하며, 스프링 상수가 큰 것이 강한 스프링이고, 작은 것이 약한 스프링이다.

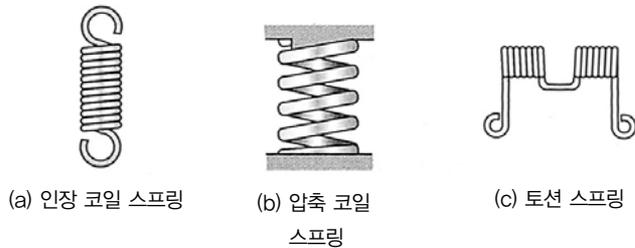
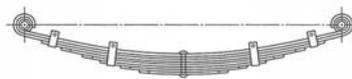


그림 2-55 코일 스프링의 종류

2) 판 스프링

판 스프링(Plate Spring)은 길고 얇은 판으로 하중을 지지하도록 한 것으로, 판을 여러 장 겹친 것을 겹판 스프링이라 한다. 그림 2-56(b)와 같은 겹판 스프링은 에너지 흡수 능력이 크고, 스프링 작용 외에 구조용 부재로서의 기능을 겸하고 있으며, 재료 가공이 쉬우므로 자동차 현가용으로 사용된다.



겹판 스프링

그림 2-56 판스프링

■ 현가장치

노면에서 발생하는 충격이 차체나 탑승자에게 직접적으로 전해지지 않게 충격을 흡수하는 기능과 타이어를 노면에 확실하게 접지시키는 기능이 주요한 역할이다.

### 3) 토션 바

그림 2-57과 같이 비틀림 하중을 받을 수 있도록 만들어진 막대 모양의 스프링을 토션 바(Torsion Bar)라고 한다. 가벼우면서 큰 비틀림 에너지를 축적할 수 있으므로 자동차 등에 널리 쓰이고 있다.

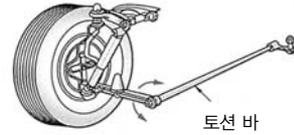


그림 2-57 토션 바

### 4) 공기 스프링

이것은 공기의 탄성을 이용한 스프링으로 그림 2-58에 표시한 바와 같은 벨로스형(Bellows Type)이 널리 쓰이고 있다. 다른 스프링에 비하여 스프링 상수를 작게 설계하는 것이 가능하고, 공기의 압력을 이용하여 스프링의 길이를 조정하는 것이 가능하다. 내구성이 좋고 공기가 출입할 때의 저항에 의해 충격을 흡수하는 성능이 우수하다. 차량용으로 많이 쓰이고 프레스 작업에서 소재를 누르는 데 사용하기도 하며, 기계의 진동방지도 이용된다.

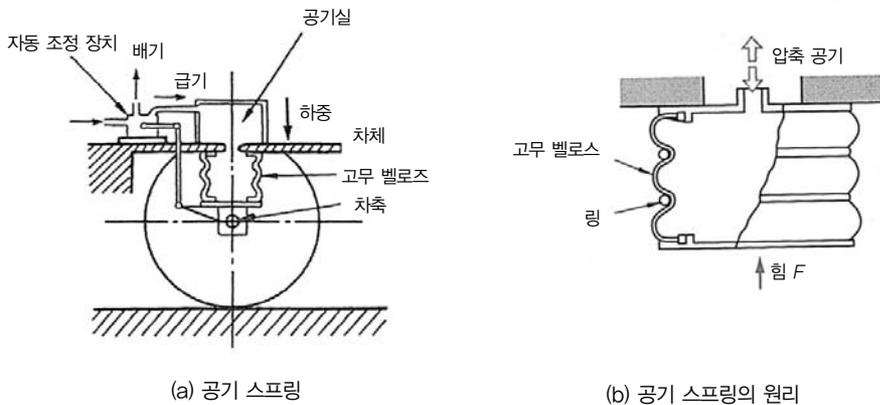


그림 2-58 벨로스형 공기 스프링

### (2) 완충 장치

완충 장치는 기계가 받는 진동이나 충격을 완화하기 위한 것으로, 금속 스프링 외에 고무, 스펀지 등의 비금속 재료를 사용하거나 기름, 공기 등을 매개체로

사용한다.

### 1) 링 스프링 완충기

그림 2-59(a)와 같이 하중의 변화에 따라 안팎에서 스프링이 접촉하여 생기는 마찰로 에너지를 흡수하도록 한 것이다.

### 2) 고무 완충기

그림 2-59(b)는 고무 완충기로, 고무가 압축되어 변형될 때 에너지를 흡수하도록 한 것이다.

### 3) 유압 댐퍼

그림 2-59(c)와 같이 축방향에 하중이 작용하면 피스톤이 이동하여 작은 구멍인 오리피스(Orifice)로 기름이 유출되면서 진동을 감소시킨다. 이것은 자동차 차체에 전달되는 진동을 감소시켜 승차감을 좋게 하는 데 사용되는 것으로, 쇼크 업소버(Shock Absorber)라고 한다.

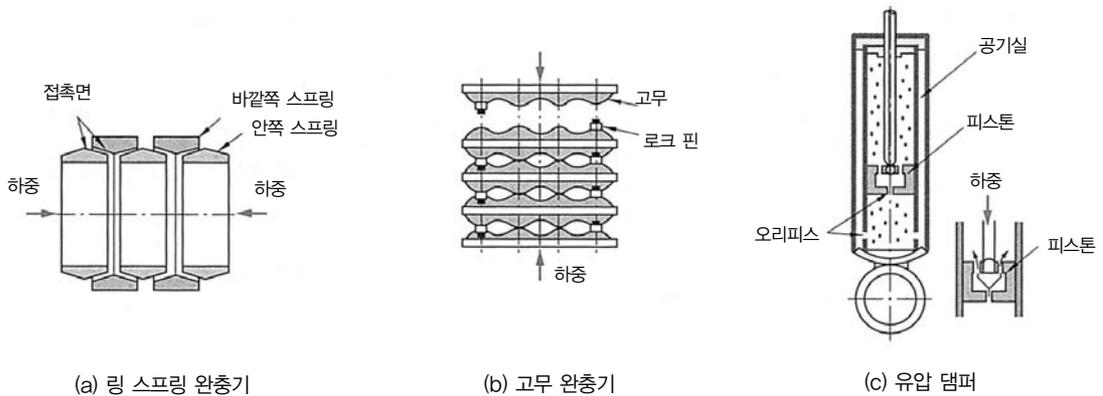


그림 2-59 완충장치

## 3 제동 장치와 래칫 장치

### (1) 제동 장치

제동 장치는 기계의 운동 속도를 감속시키거나 그 운동을 정지시키기 위하여 사용하는 것으로, 마찰 브레이크(Friction Brake)가 널리 사용되고 있다. 이 브레이크는 브레이크 드럼과 브레이크 블록으로 된 작동부와 인력, 공기압, 전자석 등에 의하여 브레이크 힘을 조절하는 조절부로 되어 있다.

제동 장치는 작동부의 구조에 따라 블록 브레이크, 밴드 브레이크, 드럼 브레이크, 원판 브레이크 등으로 분류되며, 일반 기계, 자동차, 철도 차량 등에 널리 사용되고 있다.

#### 1) 블록 브레이크

블록 브레이크(Block Brake)는 그림 2-60과 같이 회전축에 고정시킨 브레이크 드럼에 브레이크 블록을 눌러 그 마찰력으로 제동한다.

#### 2) 밴드 브레이크

밴드 브레이크(Band Brake)는 그림 2-61과 같이 브레이크 드럼 주위에 강철 밴드를 감아 놓고 레버로 밴드를 잡아당겨 밴드와 브레이크 드럼 사이에 마찰력을 발생시켜서 제동하는 브레이크이다.

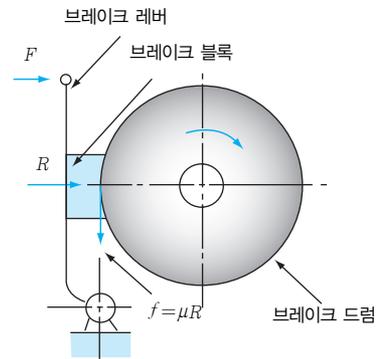


그림 2-60 블록 브레이크

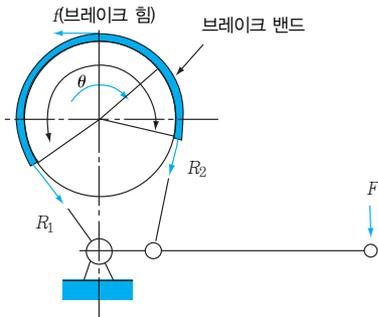


그림 2-61 밴드 브레이크

### 3) 드럼 브레이크

드럼 브레이크(drum brake)는 그림 2-62와 같이 회전하는 드럼의 안쪽에 있는 브레이크 슈(Brake Shoe)를 캠이나 유압 실린더를 이용하여 브레이크 드럼에 밀어붙여 제동하는 브레이크로서 자동차 등에 널리 쓰이고 있다.

### 4) 원판 브레이크

원판 브레이크(Disk Brake)는 그림 2-63과 같이 축과 일체로 회전하는 원판의 한 면 또는 양 면을 유압 피스톤 등에 의해 작동되는 마찰 패드(Friction Pad)로 눌러서 제동시키는 브레이크이다. 디스크의 대부분이 노출되어 방열성이 좋으므로, 조작 중에 제동력이 떨어지지 않고 브레이크의 성능도 안정적이다. 따라서, 항공기, 고속 열차 등의 고속 차량이나 승용차, 오토바이 등에 널리 쓰이고 있다.

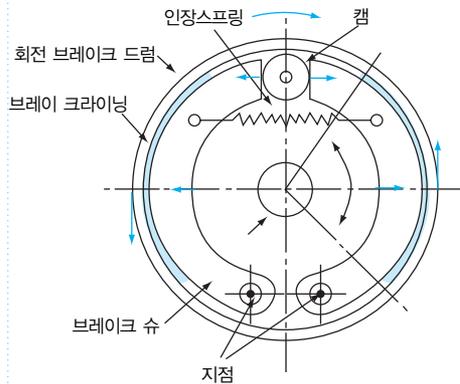


그림 2-62 드럼 브레이크



그림 2-63 자동차의 디스크 브레이크

## (2) 래칫 장치

### 1) 래칫

래칫 장치는 그림 2-64에서 보는 바와 같이 래칫 A에 폴(Pawl) B를 걸어 레버 C의 작동에 의해 래칫을 같은 방향으로 간헐적으로 회전시키는 장치이다. B'은 래칫의 역전을 막기 위한 역전 방지 장치이다. 그림 2-65에는 레버 크랭크 기구 등의 흔들이 기구를 래칫 장치와 조합한 장치를 나타냈으며, 이것은 셰이퍼의 이동 장치로 쓰이고 있다.

그림 2-66에 나타낸 것은 선재나 봉재의 이송 장치로서, 미끄러지는 안내 링크 A를 오른쪽 방향으로 움직이면 B<sub>1</sub>이 봉재를 집어 오른쪽으로 이송하고, A가 왼쪽으로 움직이면 B<sub>2</sub>가 봉재의 되돌아감을 방지한다.

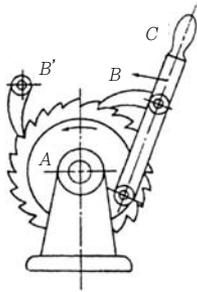


그림 2-64 래칫 장치

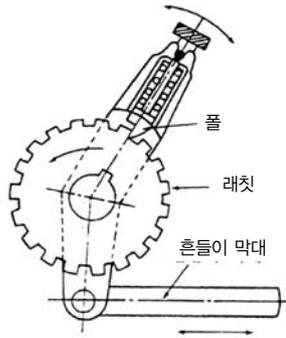


그림 2-65 래칫 이송 장치

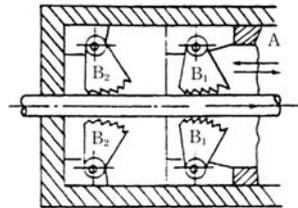


그림 2-66 선재 이송 장치



- 1 기계는 저항력을 가진 물체의 조합체로서 그 각 부분은 어떤 한정된 상대운동을 하고, 이것에 의하여 자연의 에너지를 요구하는 일로 변환시키는 장치이다.
- 2 서로 접촉하여 상대운동을 하는 한 쌍의 기계요소를 짝이라고 하며, 면짜, 선짜, 점짜이 있다.
- 3 기계를 구성하는 기구에는 기계 운동부를 안내하는 역할을 하는 안내 기구, 원동절에서 종동절로 운동을 전달하는 전동 기구, 원동축과 종동축을 연결하여 동력을 전달시키는 연결 기구가 있다.
- 4 기계의 운동은 물체 위의 모든 점이 각각 어떤 한 평면내에서만 운동하는 평면 운동, 물체 위의 모든 점이 각각 공간 속에서 한 점으로부터 일정한 거리를 가지고 이동하는 구면 운동, 물체 위의 모든 점이 어떤 축선을 중심으로 주위를 회전하면서 축선 방향으로 일정한 비율에 따라 이동하는 나선 운동이 있다.
- 5 임의의 순간에서의 물체의 운동 중심을 순간 중심이라 한다.
- 6 운동의 전달 방법은 원동절과 종동절의 직접 접촉에 의한 운동 전달(미끄럼 접촉, 구름 접촉 등)과 매개절에 의한 운동 전달(강성, 감아걸기, 유체매개절) 있다.
- 7 동력을 전달하거나 작용 하중을 지지하는 기능을 가진 축에 관한 기계 요소는 축, 축 이음, 베어링으로 구성된다.

- 8** 사각나사, 사다리꼴나사, 톱나사, 볼 나사는 회전 운동을 직선운동으로 변환하는 전동 요소이다.
- 9** 두 개의 바퀴를 서로 밀어 그 사이에 생기는 마찰력을 이용하여 두 축 사이에 동력을 전달하는 장치를 마찰차라고 하고, 그 종류에는 원통 마찰차, 홈붙이 마찰차, 원뿔 마찰차, 원판 마찰차 등이 있다.
- 10** 기어는 회전하는 두 축 사이의 동력을 전달하는 요소이며, 이가 서로 맞물려 동력을 전달하므로 정확한 전동이 가능하고, 큰 힘을 전달할 수 있다.
- 11** 두 축 간에 동력을 전달함에 있어 축 간 거리가 먼 경우에는 직접 접촉에 의한 동력 전달이 불가능하므로 체인, 벨트 및 로프 등을 이용하여 동력을 전달한다. 이러한 요소들은 조작이 간단하면서 비용도 싸고 효율이 좋아 각종 기계의 전동에 널리 사용하고 있다.
- 12** 특수한 모양을 가진 원동절에 회전 또는 직선 운동을 주어서 이와 짝을 이루는 종동절이 복잡한 왕복 직선 운동이나 각운동을 하게 하는 기구를 캠 기구라 한다.
- 13** 여러 개의 기계요소가 서로 짝을 이루어 차례로 연결되어 있는 것을 연쇄라고 하며, 각각의 기계요소를 링크 또는 절이라 한다. 매우 복잡한 기계라 하더라도 그 구성 요소의 관계를 조사해 보면 기구학적인 간단한 링크 기구로 이루어진 것을 알 수 있다.
- 14** 기계 장치의 원동기에서 나오는 동력을 적절히 이용하기 위하여 원동축의 회전수를 변환시키기 위해 여러 쌍의 기어를 조합하여 사용하는데, 이를 기어 트레인이라 하며 중간에서 좌우 구동축에 다른 회전수로 적당히 분배하는 역할을 하는 장치를 차동 기어 장치라 한다.



# 센서와 전동기



## 학습목표

1. 센서에 대해 설명할 수 있다.
2. 전기 공압기기에 대해 설명할 수 있다.
3. 전동기에 대해 설명할 수 있다.

# 01 센서

## ■ 자동

**화(Automation)** 작업은 기계가 하고 제어는 사람이 하는 기계화와는 달리 제어까지도 기계가 행하는 것으로 Automatic(자동적)과 Operation(동작)의 합성어이다.

자동화(Automation)는 초기에 기계화된 장비의 정밀도를 높여주는 데 불과했으나 이를 통한 대량 생산체제는 자동화의 영역을 넓혀가게 만들었다.

자동화 초기에는 단일 기술로도 충분히 만족시킬 수가 있었으나 산업구조가 변화함에 따라서 기계(Mechanics)기술과 전자(Electronics)기술이 합쳐진 메카트로닉스(Mechatronics)와 같은 새로운 분야 기술이 필요하게 되었다.

많은 산업분야에서 이용되는 자동화 기술을 도입한 제어 시스템을 구성하기 위해서는 각 시스템의 상태 및 변동에 대한 정보가 제공 되어야 하는데 이를 위해서는 어떤 형태로든 계측이 이루어져야 한다.

계측은 생산 공정 시스템에 있어서 구성 요소의 현재 상태나 진행되는 공정(Process, 프로세스) 과정에서의 물리적, 화학적 양(변화분 포함)의 크기를 요구에 맞게 측정하고 이를 제어 기능 계통과 연결시킴으로서 시스템제어를 가능하게 하는데 이러한 계측에서 중요한 역할을 담당하는 것이 센서이다.

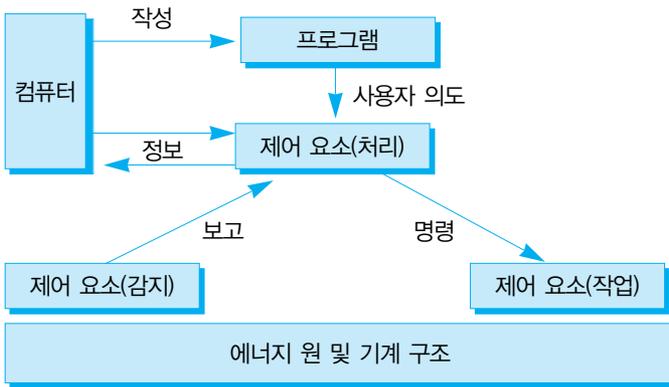


그림 3-1 시스템 구성도

그림 3-1에서 감지 기능을 지닌 제어 요소가 바로 센서에 해당한다.

그림 3-1에서 나타내고 있는 것은 시스템을 구성하고 있는 하드웨어 장치뿐만 아니라 고급화된 제어 시스템(선진 자동화)을 구성하기 위하여 정보화 요소를 추가하고 있는데 이를 위해 필요한 컴퓨터와 연계하여 사용되는 시스템의 구성을 보여주고 있

다. 이와 같이 최신의 시스템을 구성하기 위해서는 단순하게 입력, 출력, 제어 요소만을 조합하는 것만이 아니라 소프트웨어 기술과 네트워크, 인터페이스 기술 등이 포함되어야 한다.

따라서, 자동화 시스템의 펜타곤(5대 요소)이라는 용어는 입력요소(센서), 제어요소(프로세서), 출력요소(액츄에이터), 소프트웨어 기술, 인터페이스 기술을 포함하고 있는 것이다

## 1 센서의 정의

센서란 라틴어로 「감지한다」, 「지각한다」, 「느낀다」 등의 의미를 갖는 sense에서 유래된 말로 사람으로 비유하면 5관(눈, 코, 귀, 혀, 피부)을 통해 외계의 자극을 느끼는 5감(시각, 후각, 청각, 미각, 촉각)과 같이 감지대상의 물리량의 변화를 감지하고 이를 정량적으로 계측해 주는 것이다.

일반적으로 센서는 인간의 5감의 기능을 보완, 확장한 인조 감각기관이며, 인간이 분별하지 못하는 부분까지도 감지할 수 있는 기능을 보유하고 있다.

그림 3-2는 동물(인간 포함)과 센서의 정보 전달 체제를 비교한 것이다.

이러한 센서를 인간의 감각 기능과 비교하면 표 3-1과 같다.

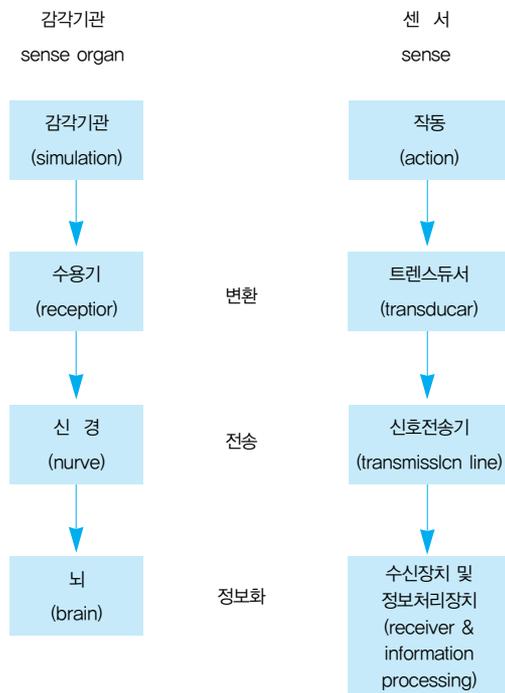


그림 3-2 인간과 센서의 정보 전달 체제

표 3-1 센서와 동물의 감각 기능 비교

센서		동물	
		5감	기관
물리 센서	광 센서	시각	눈
	초음파 센서	청각	귀
	압력 센서	촉각	피부
	감온 센서		
화학 센서	가스 센서	후각	코
	이온 센서	미각	혀
	바이오 센서		
물리 센서	중력 센서		
	자기 센서	5감이 아닌 센서	

## 2 제어계에서 센서의 역할과 위치

제어 대상물에서 필요한 정보를 수집하여 CPU에 전달하고 그 내용을 분석하여 출력을 내는 시스템에서 제일 먼저 계측이 이루어져야 하는데 계측은 기준이 되는 것과 계측하려는 대상을 비교하여 수치화하는 것을 말하는데 측정된 정보는 다른 장치와 연결되는 것이 일반적이다.

예를 들면 길이의 계측은 계측하려는 대상에 자를 대고 눈금을 읽음으로써 목적을 달성할 수 있으나 경우에 따라서는 이 정보가 다른 기계나 장치에서 이용될 수도 있고 시스템에서 직접 정보를 인식하지 못할 경우도 있으므로 개별적인 데이터를 계측할 뿐 아니라 정보를 조건에 따라 관련되는 성질을 이용하여 가공·처리하여 정보화할 필요가 있게 되는데 이것이 센서기술의 중요한 부분으로 현재는 컴퓨터가 이 역할을 맡고 있다.

그림 3-3은 잡은 고기의 크기를 측정하여 이를 활용하는 것에 따른 센서의 역할을 구분하는 것을 나타내는데 센서란 정의에서 언급하고 있듯이 측정된 신호를 활용 가능한 적절한 신호(전기적 신호)로 변환하여 다른 장치와 연결 하는

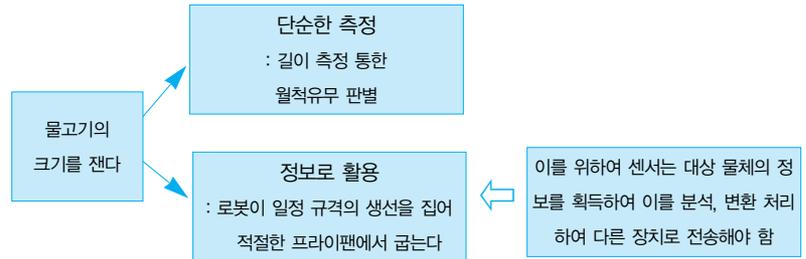


그림 3-3 센서의 역할

것이다.

센서라는 명칭이 사용된 것은 최근의 일이지만 많은 종류의 센서가 가전용, 산업용 기기에 다양하게 응용되고 있으며 첨단 과학기술의 핵심요소 혹은 메카트로닉스의 첨병기술로 인식되어 기술 개발에 관심이 집중되고 있다.

이처럼 관심이 높아지고 산업사회가 정보화, 자동화 되어 감에 따라 센서는 이 시대의 필수 중점 요소로서 인식되면서 제어계의 구성에도 또 다른 형태를 가져왔다.

예전에는 자동화를 위한 제어계의 구성을 입력부, 출력부, 제어부의 3부분으로 나누었으나, 최근에는 센서의 사용이 반도체 기술의 진보에 따라 여러 분야에서 응용되고 있으므로 이러한 추세를 고려한다면 제어계는 그림 3-4와 같은 형태로 구성된다.

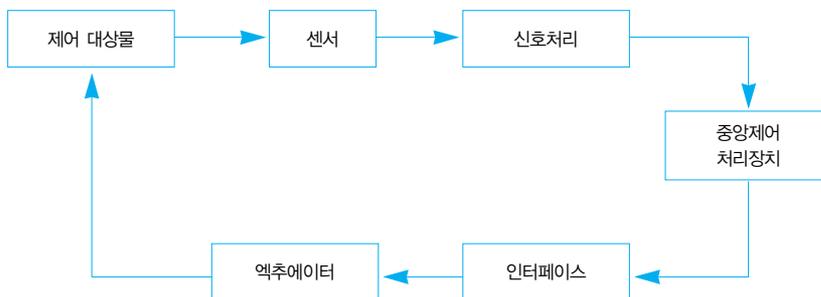


그림 3-4 제어계에서 센서의 위치

일반적인 자동화 시스템에서의 구성요소들을 사용하는 에너지 형태나 이용 매체를 기준으로 구분하면 표 3-2와 같이 표현됨을 볼 수 있다. 물론 표시된 구성 요소들 이외에도 솔레노이드 밸브처럼 전기 신호를 공압 신호로 변환하는 에너지 변환 요소들이 시스템 구성에는 요구되는데 센서는 신호 입력 요소로 시스템 구성요소 중 하나임을 알 수 있다.

표 3-2 에너지 형태별 시스템 구성 요소

구분	입력부 (센서)	제어부 (프로세서)	출력부 (엑츠테이터)
공압	수동조작/리미트 밸브 반향/배압센서/공기배리어	방향제어/논-리턴 밸브 압력제어/유량제어밸브	실린더 공압모터
전기	수동조작/리미트 스위치 광/유도형/용량형 센서	릴레이 전자 개폐기	전기/리니어모터 실린더/전자석
전자	아나로그형 센서	Logic Board/ $\mu$ -P P.L.C	아나로그형 출력 스테핑/서보모터

■ PLC  
Programmable  
Logic Controller  
무접점제어를 행하  
는 전자제어장치

표 3-2에서 수동조작 스위치(푸시버튼 스위치, Push Button S/W)나 리미트 스위치(Limit S/W)와 같이 오래전부터 익숙하게 사용해 오던 것뿐만 아니라 공압 입력 요소에서처럼 어떤 상태를 감지한 경우의 출력을 공기압으로 나타내는 것들도 입력 요소인 센서로 시스템에서는 통용되고 있음을 알 수 있을 것이다.

하지만 원래의 센서라는 것의 정의를 더 정확히 한다면 “물체가 지닌 물리나 화학적인 량이나 변화량을 검출하여 사용 가능한 전기적인 신호로 변환하는 장치”라는 의미가 담고 있듯이 센서는 전기적인 기초에서 다루어져야 하는 분야이다.

이러한 센서와 유사한 용어로 트랜스듀서(Transducer)가 있는데, 이것은 “측정량에 대응하여 처리하기 쉬운 유용한 출력신호를 주는 변환기”로 센서와는 구별된다.

다시 말해 센서는 계측대상의 상태에 정보를 얻어 전기신호로 바꾸는 장치이고 트랜스듀서는 계측 대상의 상태량을 이에 대응한 또 다른 물리량의 신호로

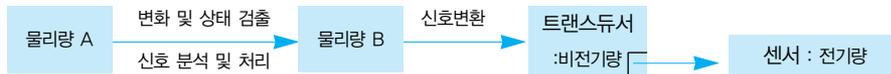


그림 3-5 센서와 트랜스듀서

변환하는 장치이다. 하지만 센서와 트랜스듀서는 엄격히 구분하여 사용하기가 어렵고 특별히 구별할 이유는 없다고 보지만 굳이 차이를 둔다면 센서는 트랜스듀서에 비해 좁은 범위의 변환기이다.

이들의 관계를 그림 3-5에 나타내었다.

표 3-3을 참고하면 센서와 트랜스듀서의 개념을 보다 쉽게 이해할 수 있을 것이다.

표 3-3 센서와 트랜스듀서 비교

구분	센서	트랜스듀서
온도 검출 요소	전자 체온계 (온도 → 전기) 촉온 저항체 (온도 → 저항)	수은 온도계 (온도 → 길이)
무게 검출 요소	로드셀 (무게 → 전압) 스트레인 게이지 (무게 → 저항)	스프링 저울 (무게 → 길이) 천칭 (무게 → 기울기/균형)
계수 요소	디지털 카운터 (수량 → 전기)	기계식 카운터 : (수량 → 톱니회전)

센서란 대상물이 가진 정보를 검출하여 제어기에서 원하는 신호를 발생하는 장치인데 여기서 신호가 의미하는 바를 살펴보자.

보행자들은 횡단보도의 신호등이 붉은색인 경우 일반적으로 멈춘다. 이 경우 신호등의 신호는 사람에게 일정시간 동안 자동차 통행이 우선임을 알려준다. 물론 이러한 일은 교통경찰의 수(손, Hand)신호에 의해서도 행해지며, 두 경우의 신호는 모두 사람에게 교통 상황에 대한 정보를 알려준다.

전기오븐의 적색등은 전기오븐의 스위치가 켜져 있는지 아니면 꺼져 있는지 알려 줄 수 있는 또 다른 의미의 정보를 나타내는 신호이며, 전기 히터의 불빛은 온도의 높고 낮음을 사용자에게 알려줄 수 있는 신호를 표시한다. 이처럼 신호란 정보의 전달자로서의 역할을 수행하는데, 일반적으로 센서란 정보의 전달

을 전기적으로 수행하는 장치란 의미를 갖고 있다. 즉, 대부분의 센서 출력은 전기신호로 생각할 수 있겠다.

### 3 센서 분류 방법 및 종류

센서기술이라는 기술적인 용어는 최근에 사용된 것으로 복합적 기술구조와 바탕을 갖고 있으며, 응용 측면에서 산업계 전반에 걸쳐 있으므로 어느 기술 분야보다도 활발하지만 기술 체계면에서는 아직 미약한 상태이다.

각종 물리량이나 화학량을 검지, 정량하는 계측 기능과 자동화 실현을 위한 제어 기능 등 다양한 기능을 가진 센서는 취급해야 할 신호의 종류가 현저하게 많아지고 더불어 정확한 정보를 신속히 얻는 것이 요구되고 있다.

표 3-4는 센서가 처리할 정보를 나타내는데 그 규모가 매우 광범위하다.

표 3-4 센서가 처리해야 할 정보

분 류	대 상 량
기 계	길이, 두께, 변위, 액면, 속도, 가속도, 회전각, 회전수, 회전력 질량, 중량, 힘, 압력, 진공도, 모멘트, 풍속, 유속, 유량, 진동
전 기	전류, 전압, 전위, 전력, 전하, 임피던스, 저항, 용량, 인덕턴스
온 도	온도, 열량, 비열
광	조도, 광도, 색, 자외선, 적외선, 광변위
습 도	습도, 수분
음 향	음압, 소음
방사선	조사선량, 선량률
화 학	순도, 농도, 성분, PH, 점도, 입도, 밀도, 비중, 기체, 액체, 고체분석
생 체	심음, 심전도, 혈압, 체온, 혈액, 맥파, 혈액 산소 포화도, 뇌파혈액 가스분압, 근전도, 망막전도, 심자도
정 보	아날로그, 디지털, 연산, 전송
음 향	음압, 소음
주파수	주파수, 시간

■모멘트

물리학에서, 물체를 회전시키는 힘의 크기를 나타내는 양

■임피던스

교류 회로에서의 전압의 전류에 대한 비

■인덕턴스

회로 내를 흐르는 전류가 변화했을 때 생기는 역기전력과 전류의 변화량과의 비

이처럼 센서는 다양한 대상의 정보를 처리하는 데 있어 해당 정보(데이터)는 아날로그, 디지털 등으로 구분되고 경우에 따라서는 간단한 연산이나 전송 등의 기능도 함께 보유하고 있어야 하는 엄청난 기술 집약적 요소이다.

전자공학의 발달과 함께 시스템에 응용이 여러 분야에 걸친 센서는 정의 자체가 확실히 구명되지 않은 것처럼 그 종류 역시 다양하며 뚜렷이 분류할 수도 없으나 대체로 구성에 따른 분류, 검출 신호별 분류, 재료별 분류, 용도별 분류 등으로 구별되고 있다. 또한 측정 또는 검출하고자 하는 양이 물리량인가 역학적인 양인가 아니면 화학량인가에 따라 물리 센서, 역학 센서, 화학 센서로 표 3-5와 같이 나누기도 한다.

표 3-5 센서의 종류

구분	검지 대상	센서 종류
역학 센서	변위, 길이	차동 트랜스, 스트레인 게이지, 가변 저항
	속도, 가속도	회전형 속도계, 동전형 가속도계
	회전수, 진동	로터리 엔코더, 스코프, 압전형 검출기
물리 센서	압력	로드 셀, 수정 압력계, 스트레인 게이지
	온도	열전쌍, 써미스터, 온도계
	빛, 색	조도 센서, 이미지 센서, 포토 다이오드
	자기	HALL소자, 자기 저항소자
	전류	분류기, 변류기
화학 센서	자외선, 방사선	조도계, 광량계, GM계수관
	습도	세라믹 센서, 결로 센서, 고분자막 센서
	가스	매연 센서, 반도체 가스 센서
	이온	PH전극 센서, 이온 선택 전극 센서

또한 센서는 크게 대상물로부터 정보를 획득하는 방법에 따라 능동형(Active) 센서와 수동형(Passive) 센서로 다음과 같은 내용으로 구분하기도 한다.

- 능동형 센서 : 외부로부터 에너지를 공급해야 하는 형태로 측정하고자 하는 대상물에 에너지를 제공하고, 그 대상물에서 나오는 정보를 감지하거나 외부로부터 제공된 에너지가 측정대상물에서 또 다른 에너지로 변환되고,

그 변환된 에너지를 정보로 검출하는 기기로서 레이저 센서나 일반적인 광 센서 등이 여기에 속한다.

- 수동형 센서 : 외부로부터 별도의 전원(에너지)공급이 필요하지 않은 형태로, 측정하고자 하는 대상물에서 나오는 정보를 직접 정보로 처리하는 기기로 대표적인 예로는 초전센서나 적외선 센서가 여기 속한다.

센서의 종류는 표 3-6과 같은 방법으로도 분류할 수 있다.

표 3-6 센서의 분류 방법에 따른 종류

분류 방법	센서 종류
검출 신호	아날로그형, 디지털형, 주파수형, 2진신호형
검지 기능	역학량, 열역학량, 전자기학량, 공학량, 화학량
재 료	반도체, 세라믹, 금속, 고분자, 효소, 미생물
구성 기능	기본형, 조립형, 다차원형, 다기능형
기 구	기구형(또는 구조형), 물성형, 혼합형
변환 방법	역학적, 열역학적, 전기적, 자기적, 전자기적, 광학적, 화학적, 미생물학적
용 도	계측용, 감시용, 검사용, 제어용
용도 분야	산업용, 민생용, 의료용, 이화학용, 군사용, 우주·항공용

분류 방법에 의한 센서의 종류는 매우 다양하지만 기본적으로 센서는 검출되는 신호에 따라 구분하는데, 물체 유무 검출에 사용되는 2진 신호형 (on/off형) 과 검출 대상과 센서와의 관계(거리, 상태 등)를 실제적으로 나타내는 아날로그 형이 일반화되어 있다.

물론 정보를 나타내는 방법에는 물리량인 신호의 시간(X축)과 정보(Y축)의 연속성 혹은 비연속성에 따라 구분하여 연속신호(Continuous), 이산신호(Discrete), 디지털신호(Digital) 등이 추가될 수 있는데 이들 모두는 언급할 필요가 없으며, 단지 2진 형태의 신호를 조합하거나 시스템적으로 신호를 여러 단계로 나누어 출력함으로써, 디지털 신호 형태의 출력을 낼 수도 있음을 알고 있어야겠다.

그림 3-6에 여러 가지 형태의 신호를 보여준다.

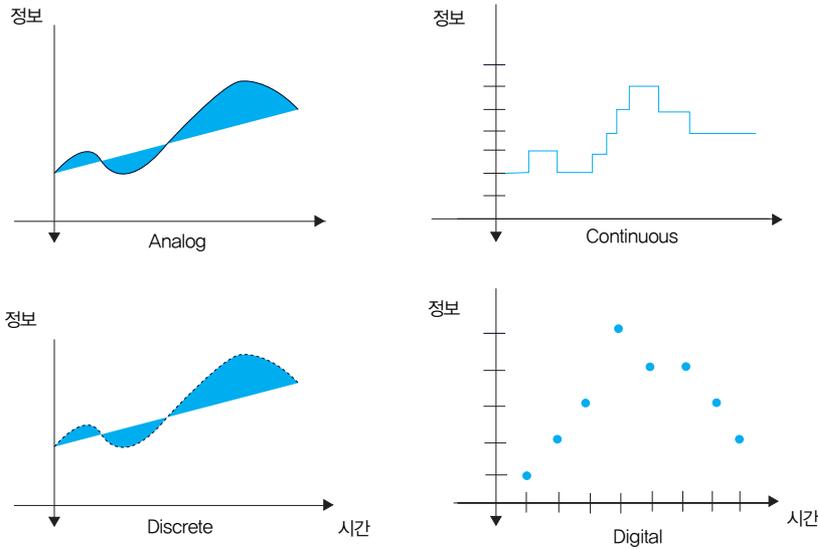


그림 3-6 신호의 종류

## 4 로봇에 적용되는 센서

센서는 정보화 기능의 레벨이나 작용 시스템에서의 위치, 장치의 규모에 따라 몇 개의 계층으로 구분 지을 수 있는데 어떠한 센서가 어느 계층에 속하는지 구분하는 것은 상대적인 것이므로 각각의 범위를 확연하게 한정할 수는 없지만, 특별히 센서 기술의 체계화라는 측면에서 부분품(Part), 조합품(Computer), 유닛(Unit), 시스템(System)으로 구분할 수 있다.

표 3-7은 센서의 계층을 보여준다.

표 3-7 센서의 계층

센서의 계층	정 의	센서의 예
독립 시스템	완전히 독립된 센싱 시스템이나 장치	레이더 온도그래프 장치
부분 시스템	시스템 또는 장치의 감지 보조 장치	로봇 시각센서
유닛	각종 시스템이나 장치에 적용할 수 있는 독립 센서	TV 카메라 광전스위치
컴포넌트	특정 장치에 부착되는 전용 센서 어셈블리	광 디스크 헤드 반도체 입력 센서 카메라용 자동측량 센서 오토 포커스용 거리 센서
파트	조립 트랜스듀서, 기본 트랜스듀서	포토 인터럽터 포토 다이오드

### (1) 센서의 기능

검출 대상의 물리량의 변화를 감지하고 이를 정량적으로 계측해 주며 인간이 가진 5감의 기능을 보완, 확장한 인조 감각기관으로 생각할 수 있는 센서는 다음과 같은 3가지 기능을 지니고 있어야 하므로 최근 산업계에서 많이 적용하고 있는 로봇의 구성을 위해서는 필요한 부분이 무엇인지를 정확히 알고 있어야 한다.

#### 1) 정보의 수집

##### ① 계량·계측

과학 연구 등에 필요한 계측/관측 혹은 제조나 상거래에 필요한 계량을 위한 정확한 수치정보를 제공한다.

##### ② 탐지·탐사

측정 대상의 유무나 현재의 상태를 검사하여 목적을 위해 정보화하는 데 대부분의 경우 원격 계측 방법이다.

##### ③ 감시·경보·보호

시스템에 대한 상태를 감시하여 이상 검출, 위험 예고 및 경보신호 및 보호 장

치를 가동시켜서 안전관리를 가능하게 한다.

#### ④ 검사·진단

생산된 제품에 대한 특성의 적합성 여부 및 인체의 이상 정도의 판정에 필요한 계측을 한다.

### 2) 정보의 변환

- ① 문자나 기호의 형태로 기록된 정보를 컴퓨터, 팩시밀리 등에 이용할 수 있는 신호로 변환된다.
- ② 자기디스크나 광디스크와 같은 각종의 정보매체에 기록된 정보를 해독할 수 있도록 변환된다.

### 3) 제어정보 혹은 취급

- ① 제어 대상장치 혹은 제어 장치 등이 놓여 있는 환경의 상태를 검출하여 제어 정보로 활용함으로써 이들 장치의 상태를 안정하게 제어하거나 목표값에 접근하도록 한다.

이상과 같이 센서의 기능, 혹은 센서의 사용 목적을 살펴보았는데, 시스템이라는 것은 여러 가지 부품이 조직적으로 결합되어 완성되는 것으로서 구성 부품이 각각의 역할을 분담 및 수행하여, 일정의 원리나 법칙, 규칙, 순서에 따라 상호관계를 유지하며 합동적으로 전체적인 일정한 기능을 수행하는 하나의 조직체라고 볼 때, 센서는 이러한 시스템의 내부와 외부 구성 요소들의 인터페이스 역할을 하는 부분 시스템(Subsystem)이라 할 수 있다.

넓은 의미로 본다면 센서 자체가 변환 요소(트랜스듀서 등), 신호전송 요소(송신기, 케이블, 수신기 등), 신호처리 요소(리니어라이즈, 필터, 트리거 등), 정보출력 요소(디스플레이, 출력인터페이스)로 구성되고 정확한 정보를 출력할 수 있도록 노이즈, 드리프트, 온도 보상 및 보정기구 등이 삽입된 1개의 시스템이다.

따라서 센서를 필요로 하는 시스템에서는 센서의 성능(측정범위, 감도, 응답

#### ■ 리니어라이즈

Sensor에서 들어오는 비 직선형 신호를 수신계가 직선형 신호로 교정하는 것을 말한다.

속도, 정밀도)이 시스템의 가치를 좌우하게 되며, 시스템의 신뢰성은 센서의 신뢰성에 크게 의존하게 된다.

## (2) 시스템에 많이 적용되는 센서

센서는 측정하고자 하는 것에 따라 그 종류가 결정되는데 측정 대상은 온도, 광, 힘, 길이, 각도, 압력, 자기, 속도, 가속도 등의 절대값이나 변위 등 범위가 매우 큰 것을 알 수 있겠으나 여기서는 온도, 광, 자기에 해당하는 물리량을 검출하는 온도센서, 광센서, 자기센서 등 시스템에 많이 적용되고 있는 것들에 대하여 알아본다.

### 1) 온도 센서

온도는 우리 생활과 밀접한 관계가 있는 양으로 이를 측정하는 센서의 대상은 기체, 액체, 고체, 플라즈마, 생체 등 다양하므로 그 종류 또한 매우 많으며 온도 센서는 접촉식과 비접촉식으로 크게 나뉜다.

표 3-8은 변화하는 요소에 따라 구분한 온도 센서 종류이다.

표 3-8 변화 요소에 따른 온도 센서

구분	변화 및 감지 요소	센서 종류	
접촉형	열팽창	기체의 압력	기체/증기압 온도계
		액체의 길이	수은 온도계
		고체의 변형	바이메탈
	전기 저항	금속	백금 촉온 저항체
		반도체	서미스터, 다이오드, 트랜지스터
	자기 특성	감온 페라이트	
	열 기전력	열전쌍	
	발진 특성		수정 발진 센서
			탄성 표면파 센서 (SAW)
			NQR 온도계
변색	서모 페인트, 액정		
기타	광 파이버 온도 센서		

#### ■ 바이메탈

열팽창률이 다른 얇은 두 금속판을 맞붙인 것. 온도의 변화에 따라 한쪽으로 구부러지는 성질을 이용하여 자동 온도 조절기 등에 이용됨.

비접촉형	방사 에너지	열형	볼로미터, 서모파일, 초전형
	검출 방식	양자형	광전도형, 광기전력형
	회도 검출 방식		광/ 2색 고온계, 자동 회도 온도계

## 2) 광센서

자외광에서 적외광까지 광 파장 영역 내의 광 에너지를 검지하는데 그 분류는 광 변환 원리에 기초를 두고 광기전력 효과형, 광도전 효과형, 광전자 방출형 등으로 구분할 수 있다. 또한 빛 자체의 세기를 측정하는 것이 아니라 빛을 이용하여 물체의 유무를 검출하는 형태의 센서도 있다.

여기서 자동화 시스템에 많이 적용되고 있는 물체 유무를 검출하는 센서에 대하여 살펴보자.

### 가. 분리형(투과형 : Through Beam)

이것은 분리형 센서로서 그림 3-7에 표시된 것처럼 빛을 내보내는 투광부와 빛을 받아들이는 수광부가 서로 다른 몸체로 구성되어 있다. 투광부와 수광부를 서로 마주시키고 광축을 맞추어 둔 사이를 물체가 통과함에 따라 빛의 차단과 전달이 이루어지게 하여 출력신호를 만들어 내는 센서이다.

이 센서는 투명체의 검출은 곤란하며 여러 개의 센서가 상하에 수직적으로 배치되어 사용될 경우 빛의 확산에 의한 오류가 우려되므로 유의하여야 한다.

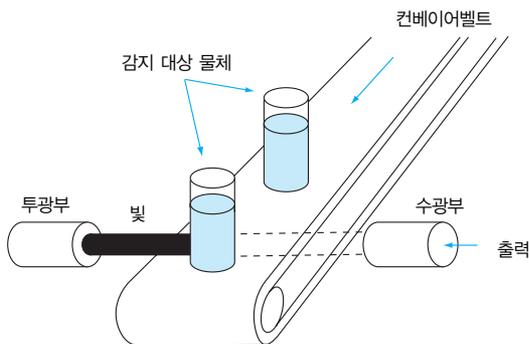


그림 3-7 투과형 센서

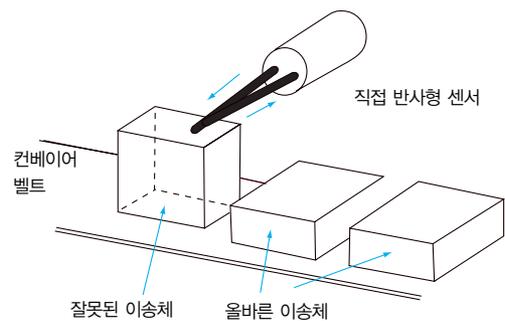


그림 3-8 직접 반사형 센서

### 나. 직접 반사형(확산형 : Diffusion)

이 센서는 투광부와 수광부가 같은 몸체에 들어있으며 투광부에서 나온 빛이 대상 물체 표면에서 반사되어 수광부에 전달됨으로써 물체의 유무를 검출해내는 방식으로 일반적으로 수광부에 반사된 빛이 들어오는 경우, 즉 밝아질 때 물체가 있다고 판단하므로 라이트 온(Light on) 형태라고 하며 그림 3-8은 그 사용 예를 나타낸다.

최근에는 제어 라인을 0V나 24V(동작전원이 DC24V인 경우)에 연결하여 빛이 수신 되지 않을 때 작동하는 다크 온(Dark on) 형태의 센서도 공급되고 있으므로 적용이 편리한 것을 이용하면 된다.

직접 반사형 센서는 광축을 일치시켜야 하는 투과형이나 거울 반사형 센서에 비해 번거롭지는 않으나 감지대상 물체가 흑색일 경우에는 검출할 수 없으므로 유의하여야 한다.

일반적으로 직접 반사형 센서의 감지거리는 다른 광센서에 비하여 짧은 편이나 최근에는 수 미터까지도 검출할 수 있는 것도 있으며 광파이버를 이용하여 그 응용이 더욱 다양해지게 되었다.

### 다. 거울 반사형(Retro-Reflection)

투광부에서 방사된 빛을 수광부로 되돌리기 위한 거울과 일정한 거리내에 위치한 센서 사이에 대상물체의 존재 여부에 따라 출력을 내보내는 것으로 투과형 센서처럼 광축을 맞추어야 하지만 일반적으로 사용하는 거울이 프리즘 효과가 있는 것을 사용하므로 어느 정도 광축이 벗어나도 안정한 상태로 작동할 수 있다.

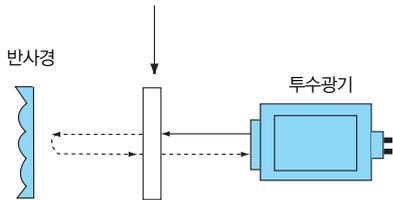


그림 3-9 거울 반사형 센서

그림 3-9는 거울 반사형 센서를 나타내었다. 대체로 감지거리의 길며 주변광에 대해서 영향을 받을 경우 필터 등을 조합하여 특정한 신호, 즉 투광부에서 보낸 신호에 대하여만 정확히 반응할 수 있도록 구성되기도 하지만 감지물체의 표면광택이 너무 좋은 경우는 처리가 곤란하다.

## 라. 포토 커플러 (Photo Coupler)

물체 유무 검출이나 회전체의 속도 검출 및 위치 판단용으로 사용하고 있는 포토 커플러(Photo Coupler)는 발광부에 광소자인 발광 다이오드(LED : Lighted Emitting Diode)를 사용하고 수광부에 포토 다이오드를 사용한 일명 복합형 광 센서이다.

이것은 입력단과 출력단이 광학적으로 연결되어 있지만 전기적으로는 절연되어 있고, 반도체 부품들의 기술 향상에 의해 고성능화, 저가격화가 실현되어 산업체의 많은 분야에서 이용하고 있다.

포토 커플러는 빛의 전달 통로가 노출되지 않고 패키지 내에 있는 포토 아이솔레이터(Photo Isolator)와 광로가 노출되어 있는 포토 인터럽터(Photo Interrupter)의 두 종류가 있다.

### ① 포토 인터럽터(Photo Interrupter)

투과형 센서처럼 발광부와 수광부가 마주보고 배치되어 있어 이 사이에 물체가 들어가면 빛이 차단되어 수광부의 광 전류가 줄어들게 되는 것을 검출하여 출력을 내보내는 센서이다.

그림 3-10은 포토 인터럽터의 구조와 동작 상태를 나타내었다.

대체로 발광부의 광원은 적외광이지만 가시광 영역의 발광 다이오드가 사용되는 경우도 있는데 이때는 빛이 눈에 보이므로 센서 동작 상태를 쉽게 체크할 수 있는 이점이 있다.

포토 인터럽터는 고속동작이 가능하며, 소형화·경량화가 용이하고, 높은 정밀도, 우수성, 신뢰성 등의 이유로 회전속도의 제어, 위치제어, 계수 등 그 응용

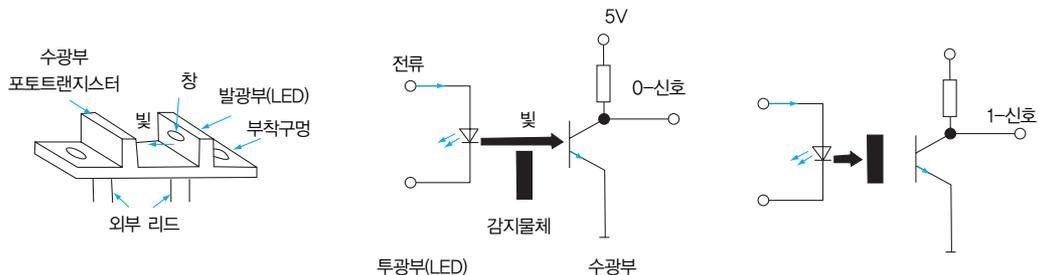


그림 3-10 포토인터럽터의 구조와 동작

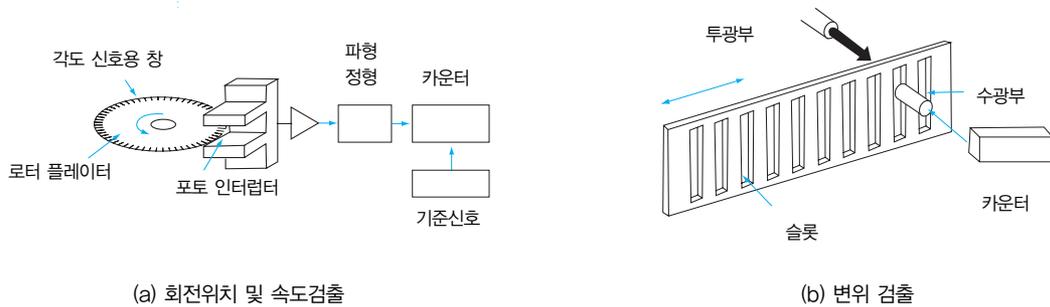


그림 3-11 포토 인터럽터의 응용

분야를 점차 넓혀가고 있다.

그림 3-11은 포토 인터럽터의 응용 예이며 투과형과 반사형으로 구분할 수 있는 포토 인터럽터는 VTR, 레코드 플레이어 등의 가전용 기기뿐 아니라 복사기, 프린터 등의 사무용 기기 그리고 자동 판매기, 자동차의 타코미터 등 민생용 기기에도 산업용 기기 못지않게 응용이 되고 있다.

### ② 포토 아이솔레이터 (Photo Isolator)

그림 3-12와 같은 포토 아이솔레이터는 발광부와 수광부를 서로 마주 보게 위치시킨 후, 그 사이를 투명한 수지로 채우고 그 주변부는 불투명 수지로 감싼 구조를 한 것이 일반적이다.

이것은 절연저항이 매우 높아( $10^{11} \sim 10^{13} \Omega$ ) 입출력측이 전기적으로 분리되어 있고 신호의 전달은 일방향이며, 다른 반도체 소자와 구동 전원을 함께 사용할 수 있는 장점이 있는데, 발광 소자로는 Si도핑의 가스 적외 발광 다이오드가 많이 사용되며 수광 소자로는 Si 포토트랜지스터가 가장 많이 사용되고 있다.

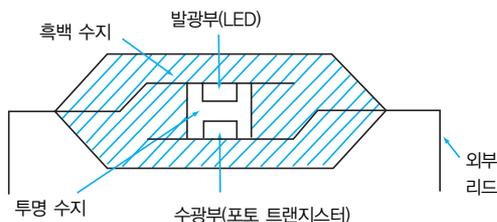


그림 3-12 포토 아이솔레이터 구조

### 3) 자기 센서

자계와 관련된 물리 현상을 이용한 것으로 단순히 자기력을 이용하여 실린더의 운동 상태를 쉽게 감지할 수 있는 리드(Reed) 스위치를 비롯하여 홀(Hall)소자 등 전기량으로 자계를 변환시키는 소자가 있다.

그림 3-13은 '가는 접점'이라는 의미를 가진 리드 스위치로 전화 교환기용의 신뢰도 높은 스위치로 개발되었으나 최근에는 자석과 조합한 자기 센서로 광범위하게 응용되고 있는 것이다.

특히 생산공장 라인에 응용되는 자동화 시스템에서는 실린더 본체에 직접 부착되어 사용하므로 공간적으로 차지하는 부분을 줄일 수 있고 별도의 전원을 필요로 하지 않아 쉽게 회로 구성이 가능하다.

리드 스위치 (Reed Switch)의 기본 구조는 백금, 금, 로듐 등의 귀금속의 접점 도금을 한 자성체 리드편을 적당하게 접점 간격을 유지하도록 하고, 유리관 중에 질소와 수소 혼합 가스와 같은 불활성 가스와 함께 봉입한 것으로 접점 형식에 따라 그림 3-13과 같이 여러 형태로 나타낼 수 있다.

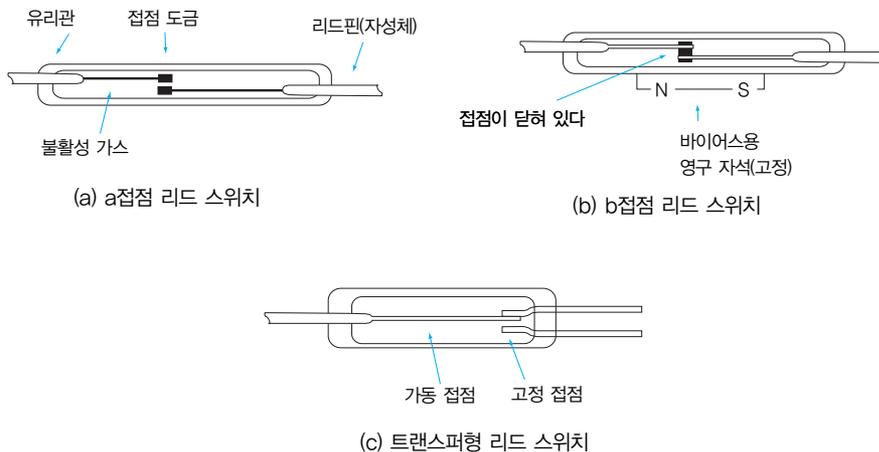


그림 3-13 각종 리드 스위치의 구조

#### 4) 압력 센서

압력이란 한 물체 내에 작용하는 단위면적당 법선 방향의 힘의 크기를 말하며, 압력센서란 대상물이 지닌 있는 압력 정보를 감지하는 것으로 스트레인 게이지, 반도체 압력센서, 압전 소자 등이 해당된다. 이것은 압력 센서를 이용하여 힘이나 하중을 측정할 수 있음을 나타낸다.

### 5) 습도 센서

대상물이 함유하고 있는 수분의 정도를 측정할 수 있는 것으로 수분 흡착에 의한 전기저항의 변화를 이용한 것과 적외선의 흡수율 변화를 이용한 것, 또는 어느 습도 이상에서는 물질이 착색하는 원리를 이용한 것 등이 있다.

### 6) 속도 센서

대상물로부터 속도의 정보를 감지하기 위한 기기인데, 속도 센서는 이 정보를 감지하기 위해 대상물에 음파 에너지나 마이크로파 에너지를 의식적으로 주고 음파 또는 마이크로파 에너지로부터 속도의 정보를 검출하기도 하고, 길이에 대한 변위를 측정하여 변위 시간의 미분값을 취함으로써 간접적으로 구할 수도 있으며 간단하게는 엔코더와 같은 기기를 이용할 수도 있다.

### 7) 음파 센서

음파의 종류에는 사람이 귀로 들을 수 있는 20Hz~20KHz 사이의 가청음 및 들을 수 없는 그 이상의 주파수인 초음파가 있는데 음파 자체의 정보를 검출하기보다는 감지물체 검출을 위해 음파 에너지를 대상물에 공급하고 되돌려지는 신호를 검출하여 정보로 이용한다.

또한 초음파 센서는 물체 내부의 결함 검출에도 이용된다.

### 8) 화학 센서

화학 반응에 의한 수단을 사용하여 감지하는 기기이며 전기화학작용, 촉매반응, 이온교환, 광화학작용 등에 의해 변환되는 것들이 있는데 습도센서, 가스 센서(산소센서, 매연센서, 독성 가스센서, 반도체 가스센서) 및 이온 센서 (PH 전극, 가스 감용 전극) 등이 있다.

그림 3-14는 여러 형태의 센서 장비를 나타내고 있다.

로드셀	PART NO. : LC6900-30	반도체형 압력센서	PART NO. : PS6830-1
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 측정 범위 : 최대 50kgf</li> <li>· 사용 전압 : 5V</li> <li>· 하중을 평등하게 전달</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 측정범위 : 0.1~1 bar</li> <li>· 출력형태 : 전압 (V)</li> <li>· 전원 : DC 24V</li> <li>· 극성보호회로 내장</li> </ul>
가속도 센서	PART NO. : AS6830-2	유속센서	PART NO. : FS6830-3
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 측정 범위 : <math>\pm 2g</math></li> <li>· 사용온도 : <math>-40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}</math></li> <li>· 전원 : DC 24V</li> <li>· 공급전류 : 2mA</li> <li>· 극성보호회로 내장</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 출력형태 : 전압 (V)</li> <li>· 전원 : DC 24V</li> <li>· 극성보호회로 내장</li> </ul>
Optical Fiber	PART NO. : OS6900-140	Optical Fiber	PART NO. : OS6900-15
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 전원 : DC 24V</li> <li>· 사용광원 : 적색 LED</li> <li>· 동작 모드 전환 가능 : Light On/Dark On</li> <li>· 응답속도 : 1ms이하</li> <li>· 극성 보호 및 단락 방지 회로 내장 (LED 부착)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 직경 : <math>\varnothing 2.2</math></li> <li>· 길이 : 1m이상</li> <li>· 응답속도 : 1ms이하</li> <li>· 허용 휨 반경 : 30R</li> <li>· 최소 검출 물체 : 0.1mm이하</li> </ul>
모터속도제어모듈	PART NO. : MS6900-20	광변환장치	PART NO. : OU6830-7
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 4개의 홀이 포함된 원판</li> <li>· 전원 : DC 24V</li> <li>· 소비 전류 : 200mA</li> <li>· 극성 보호 및 단락 방지 회로 내장</li> <li>· 속도 가변형</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 전원 : DC 24V</li> <li>· 사용광원 : 백색 투명</li> <li>· 극성보호회로 내장</li> <li>· 간편한 배선을 위한 단자대 설치</li> </ul>
푸쉬버튼밸브유니트	PART NO. : pDV-332B-1C	CdS	PART NO. : OS6830-4
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사용압력: 0.5 ~ 10bar</li> <li>· 직접작동/스프링복귀형</li> <li>· 정상상태 닫힘형</li> <li>· 클램핑 장치 포함</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 출력형태 : 저항출력 <math>\Omega</math></li> <li>· 사용온도 : <math>-30 \sim +70^{\circ}\text{C}</math></li> <li>· 프로파일에 설치 위한 클램핑 장치 포함</li> </ul>

Photo-Diode	PART NO. : OS6830-5	Photo-Transistor	PART NO. : OS6830-6
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 출력 : 전류 [<math>\mu</math>A]</li> <li>· 프로파일에 설치 위한 클램핑 장치 포함</li> <li>· 극성보호회로 내장</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 출력 : 전류 [mA]</li> <li>· 프로파일에 설치 위한 클램핑 장치 포함</li> <li>· 극성보호회로 내장</li> </ul>
광센서 모듈(반사형)	PART NO. : OS6900-11	광센서 모듈(투과형)	PART NO. : OS6900-9, OS6900-10
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 직접 반사형</li> <li>· 전원 : DC 24V</li> <li>· 사용광원 : IR LED</li> <li>· 스위칭 거리 : 300mm</li> <li>· 응답속도 : 1ms이하</li> <li>· 감도 조정 : VR내장</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 전원 : DC 24V</li> <li>· 응답속도 : 1ms이하</li> <li>· 소비전류 : 40mA이하</li> <li>· 사용광원 : IR LED</li> <li>· 수광소자 : IC 내장형 포토 다이오드</li> <li>· 검출거리 : 5-10m</li> </ul>
HALL SENSOR	PART NO. : HS6830-8	HALL IC	PART NO. : HS6830-9
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 출력 형태 : 저항 (<math>\Omega</math>)</li> <li>· 사용 전압 : 5V</li> <li>· 프로파일에 설치 위한 클램핑 장치 포함</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 출력형태 : 전압 (V)</li> <li>· 전원 : DC 24V</li> <li>· 극성보호회로 내장</li> </ul>
압력스위치	PART NO. : pPES-3006	압력조절유닛	PART NO. : pOV-1081
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 압력범위 : 0 ~ 12bar</li> <li>· 최대 스위칭 전류 : 5A</li> <li>· 접점 출력 : 1a1b 이상</li> <li>· 스위칭 주파수 : 3Hz</li> <li>· 감도조정 기능 포함</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 자유흐름(Out <math>\rightarrow</math> In) : 340 <math>\ell</math> /min</li> <li>· 제어흐름(In <math>\rightarrow</math> Out) : 170 <math>\ell</math> /min</li> </ul>

그림 3-14 여러 형태의 센서

### (3) 로봇에 적용되는 센서

지금까지 언급된 센서들이 로봇을 구성하고 있는 신호 입력 요소들로 활용되기도 하지만 이번에는 우리 인간 한계를 극복하고 우리를 대신하여 작업을 수행하고, 나아가 스스로 판단할 수 있는 지능을 가지고 자동화 시스템의 제어를 독립적으로 담당하며 업무를 처리하는 지능형 로봇들에게 필요한 센서에 대하여 살펴보자.

로봇에게 있어서 센서는 사람의 감각과도 같은 중요한 요소로 최근에 주로 연구되고 있는 센서들은 변위, 거리 측정 및 접촉여부, 방향성 등을 로봇에게 전달할 수 있는 기능은 물론 특히 비전 센서와 같이 많은 정보를 시스템에 전달하는 특성을 지니고 있다. 이 경우 CCD 카메라를 통해 들어온 이미지는 프레임 그레버를 통해 컴퓨터로 영상이 전달된다.

이러한 자료는 인간형 로봇, 경비 로봇, 안내 로봇 등과 같은 이동하는 형태의 로봇에서뿐만 아니라 감시하는 용도로도 사용하는 것을 목표로 카메라의 입력영상에 포함된 특정한 물체를 선택하고 카메라가 선택한 물체를 따라 이동하게 하는 방법을 연구하는 기능을 지닌 지능형 로봇 등에 센서들에 관하여 살펴보자.

### 1) 인체 열 감지 센서

인간이나 동물의 움직임을 검출하고 빛의 발생 근원을 찾아낸다. 일반적으로 밝은 곳에서 양초의 불빛 정도를 검출할 수 있는 능력이 있으며 검출하고자 하는 대상이 지닌 방사율에 따라 감도를 설정한다. 빛의 간섭 실험용 Fresnel 렌즈는 넓은 범위를 감지할 수 있게 감지 물체 쪽으로 초점을 맞추어 적합하게 설치된다.

### 2) 자이로 센서

RC 헬리콥터, RC 비행기 등에 삽입되어 기능을 수행하기 위해 소형, 경량, 저전력으로 제작되고 있다.

1개의 자이로 센서를 이용하여 1축 로봇의 회전을 검출할 수 있으며 여러 개의 자이로 센서를 복합적으로 구성하면 다축의 회전을 검출할 수 있다

### 3) 기울기 감지 센서

케이스에 장입된 수은에 의해 동작되는 것으로 직경 6mm, 길이 9mm 정도의 규격이며  $\pm 30^\circ$  또는  $\pm 90^\circ$ 의 동작 각도 설정이 가능하다.

#### ■방사율

임의의 특정 파장에 대하여 일반 물체의 방사 발산도와 같은 온도의 흑체 방사 발산도의 비를 단색 방사율.



그림 3-15 인체 열 감지 센서

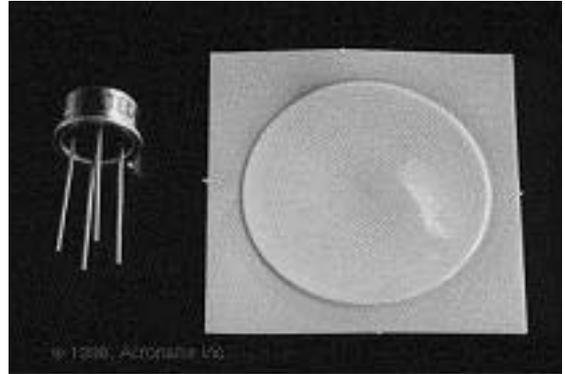


그림 3-16 기울기 감지 센서

사용 분야는 로봇 이외에도 경사계(Clinometer), 3D 마우스, 인형, Animetronic 분야에 응용되고 있다.

#### 4) 굽힘 센서

굽힘 각도에 따라서 저항이 변하는 센서로 평상시 약 10kΩ 정도인데 90° 가량 휘었을 때는 35kΩ 정도까지 변화 한다

#### 5) 각속도 센서

운동하고 있는 (또는 속도를 가지고 있는) 물체가 회전하면, 그 속도 방향에 수직으로 “코리올리스”의 힘이 작용하는데, 이러한 물리현상을 이용하여 각속도를 검출하는데 일반적으로 아나로그 신호 출력 형태를 가진 자이로의 신호를 A/D 컨버터로 디지털 신호로 변환하여 제어부에서 처리한다. 이때 제어부에서 검출된 각속도를 적분 연산을 하게 되면 각도를 산출할 수 있다.

#### 6) 가속도 센서

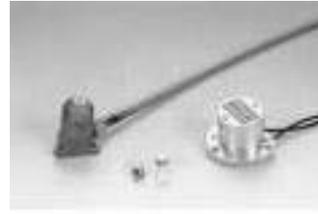
가속도 및 기울기를 측정하는 가속도 센서는 진동, 충격 등의 동적 힘을 감지하거나 물체의 운동상태를 순시적으로 감지할 수 있으므로, 자동차, 기차, 선박, 비행기 등 각종 수송수단, 공장자동화 및 로봇 등의 제어시스템에 있어서 필수적인 소자이며, 검출 방식에 따라서 크게 분류하면, 관성식, 자이로식, 실리콘



그림 3-17 각속도 센서



그림 3-18 가속도 센서



반도체식이 있다. 그림 3-18에 두가지 형태의 가속도 센서를 보여준다.

### 7) 영상 프로세싱 센서

원칩 마이크로 콘트롤러 계열인 PIC 칩 등과 직렬 (Serial)로 직접 인터페이스되어 이동 로봇의 실시간 영상 처리에 사용된다.

이것은 로봇 머리에 이용되어 쉽게 물체를 탐지하면서 회전하거나 공을 추적하는 역할을 수행한다. 그림 3-19에 영상 프로세싱 센서를 보여준다.

### 8) 촉각 센서

1mm 정도의 공간 분해능을 가진 촉각 센서를 인간형 로봇의 표면에 인공 피부로 사용하여 다양한 힘과 온도를 감지 할 수 있게 제작되어, 인간형 로봇이 사람처럼 차가움과 뜨거움 등의 민감한 접촉 등을 구분 할 수 있게 된다.



그림 3-19 영상 프로세싱 센서

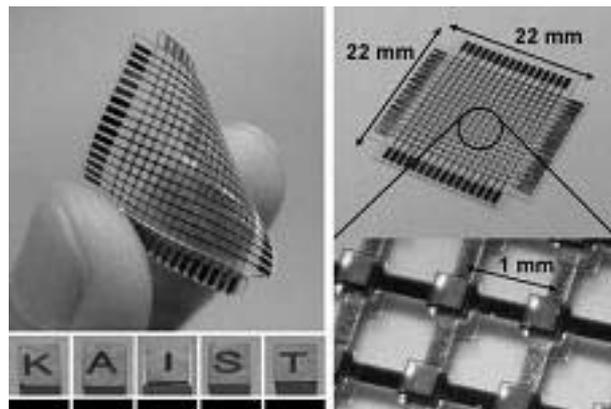


그림 3-20 촉각 센서

지금까지 개발된 촉각 센서는 약 50개 정도의 자극 형태를 인지하고 80개 정도의 반응을 보이는 수준까지 이르렀는데 이러한 촉각 센서는 로봇의 수요와 맞물려 앞으로 그 개발이 엄청난 수요와 함께 지속될 것이다.

## 02 전기 공압 기기

이 절에서는 로봇을 구성하고 있는 구성품 중에서 프로세서를 제외하고는 대체적으로 전기 및 공압 부품을 사용하는 경우가 많이 있으며, 또한 제어부인 프로세서의 경우에도 마이크로프로세서를 이용하기는 하나, 로봇의 움직임을 주관하는 모터와 같은 액츄에이터의 기본적인 제어 기술은 전기시퀀스나 PLC 등을 이용하는 것이 기본 기술로 요구된다.

따라서 로봇을 제어하기에 앞서 기본 기술로서 시스템을 구성하고 있는 요소가 전기와 공압 부품으로 이루어져서, 사용자의 요구에 따라 시스템을 설계 및 제작할 경우 에너지 측면에서 보다 효율적으로 활용할 수 있으며, 다양한 분야에서 적용되고 있는 전기 공압 제어 시스템에 관하여 살펴본다.

물론 사용 에너지 형태에 따라 시스템 구성요소를 전체적으로 보면 많은 종류가 있겠으나, 여기서는 로봇 제어와 관련이 많은 전기적인 제어 형태인 시퀀스 제어 회로를 구성하는 데 기본적인 개념을 정립할 수 있으며, 산업계에 널리 분포되어 있는 전기 제어 시스템 구성에 필요한 전기와 공압 제어기기를 중심으로 다룬다.

### 1 시스템 구성 요소

일반적으로 자동화 시스템은 입력부, 제어부, 출력부의 3부분으로 구성되어 있다.

외부의 에너지를 공급받아 작업을 수행하는 출력부는 인간의 손과 발의 기능에 해당하는 것으로 액추에이터 (Actuator) 혹은 작동요소라고도 하며, 액추에이터의 작업완료 여부 및 작업 상태를 감지하여 이를 신호 처리를 위해 정보를 전달해 주는 입력부는 인간의 5감(시각, 청각, 후각, 미각, 촉각)에 해당하는 것으로 센서(Sensor)라 불린다.

또한 센서로부터 입력되는 정보를 분석하고 적절한 형태로 변환 처리하여 필요한 제어 명령을 액추에이터에 내려주는 제어부는 인간의 두뇌에 해당하는 것으로, 시스템 구성요소 중 제어의 핵심이 되는 부분으로 제어신호처리 장치 (Signal Processor)라고도 부른다.

이러한 시스템 구성 요소들로 이루어진 자동화 장비 및 기계 장치들에서 작업을 수행하는 요소인 액추에이터는 제한된 공간 내에서 제한된 운동을 하는 것인데, 이러한 구속 장치가 기계구조(Mechanism)라 불리는 하드웨어 장치가 된다.

그림 3-21은 이들 3 요소의 연결 관계를 나타낸다.

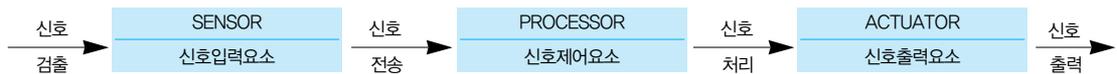


그림 3-21 자동화 시스템 주요 3 요소

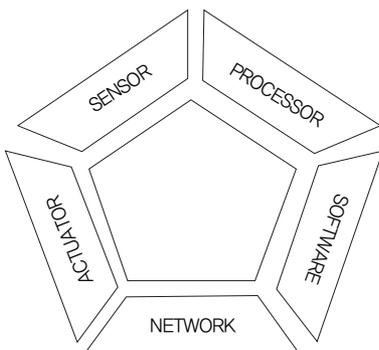


그림 3-22 자동화의 5대 요소

즉, 자동화 시스템을 구성하고 있는 각 요소들은 일정한 연관관계를 지닌 상태로 시스템을 구성하는데, 최근에는 하드웨어 장치 뿐 아니라 고급화된 제어 시스템(선진 자동화)을 구성하기 위하여 정보화 요소가 추가되고 있으며, 이를 위해 컴퓨터와 연계하여 사용되는 것을 필요로 하고 있다.

그림 3-22는 시스템 구성을 위해 요구되는 주요한 3대 요소 이외의 컴퓨터와의 연결을 위한 부속 장치가 포함된 시스템의 구성을 보인다.

결국 최신의 자동화 시스템 구성을 위해서는 단순한 입력,

출력, 제어 요소만으로 구성되는 시스템이 아니라 소프트웨어 기술과 네트워크, 인터페이스 기술 등이 복합적으로 연계되는 것을 요구하게 된다.

따라서 자동화의 펜타곤(5대 요소)이라는 말에는 입력요소(센서), 제어요소(프로세서), 출력요소(액츄에이터), 소프트웨어 기술, 인터페이스(네트워크) 기술을 포함하는 것이다

물론 예전에는 컴퓨터와 연계하지 않고 제어 장치 내에 메모리가 있으며, 시스템 자체적으로 프로그램을 작성하고 수정하고 보관될 수 있는 형태로 되어 있었는데, 프로그램의 가변성과 용량의 증가 및 시스템 동작상태의 표시 다양화, 원격 제어 등의 사용자에게 편리성을 제공할 목적으로 컴퓨터 등이 추가되게 되었다.

## 2 전기-공압 제어 요소

신호입력 요소란 자동화 시스템에서는 센서를 의미하는데 센서란 “감지 대상이 지니고 있는 물리적, 화학적 량의 변화나 실제적인 크기를 검출하여 사용 가능한 전기 신호로 바꾸는 장치”라고 정의되어 있듯이, 제어를 위해 필요한 검출 대상의 정보를 수집하여 제어부에 맞는 신호로 변환하여 전달하는 것으로 앞 절에서 이미 다룬 바 있다.

따라서 이 절에서는 자동화 시스템을 구성하고 있는 요소 중 제어를 위해 검출된 신호를 제어부로 전달하는 광, 온도, 압력, 자기, 초음파, PH, 변위 센서 등 앞에서 다룬 부분은 제외하고, 시퀀스 제어 회로 구성에 많이 이용되는 각종 전기적인 신호 입력 요소들을 이 범주에 넣어 다루고, 이와 함께 공압으로 작동하는 신호 입력 요소를 비교해 본다.

### (1) 전기 스위치

전기 스위치는 제어 시스템의 입력요소로 사용되는 대표적인 전기요소로서 푸

시버튼 스위치와 리미트 스위치, 토글 스위치, 잔류 접점 붙이 스위치 등이 있다.

이러한 스위치들의 명칭은 접점의 개폐 방법에 따라 분류되는 것이고, 제어의 관점에서 보면 접점의 동작 상태에 따른 분류가 더욱 중요한데 이를 살펴보면 다음과 같다.

### 1) a접점(Arbeit Contact) 스위치

a접점 스위치는 외력이 작용하고 있지 않을 때 접점이 열려 있기 때문에 상시열림형, 또는 정상상태 열림형(Normally Open, N/O형)접점이라고 한다. a접점 스위치는 접점에 외력이 작용하고 있지 않은 상태에서는 접점이 열려 있어 전기가 통하지 않고, 스위치가 작동되면 접점이 닫혀서 통전되어 연결된 부하가 일을 할 수 있으므로 arbeit contact라 하며, 이를 간략하게 하여 a접점이라고 한다.

a접점은 작용하는 접점이라는 뜻인데 일명 make contact라고도 한다.

제어회로도에서는 모든 부품을 표준화된 기호로 표시하게 되는데 유럽에서 많이 사용하고 있는 IEC 방식과 미국과 일본 등지에서 많이 사용하고 있는 래더(Ladder)방식의 두 가지가 있다. IEC 방식과 래더 방식은 표현 방법의 차이가 있을 뿐이지 사용되는 부품은 마찬가지이다. a접점은 IEC 방식에서 접점 번호가 3, 4로 표시되나 래더 방식에서는 특별한 표기방법이 없다.

그림 3-23은 a접점의 푸시버튼 스위치와 a접점의 기호를 나타낸 것이다.

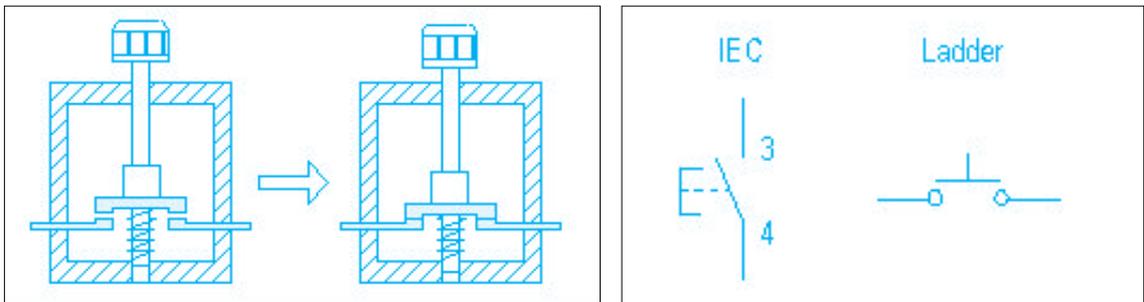


그림 3-23 a접점 푸시버튼 스위치와 기호

## 2) b접점(Break Contact) 스위치

b접점 스위치는 a접점 스위치와는 반대로 동작된다.

스위치가 작동되지 않은 정상시에는 접점이 닫혀 있기 때문에 상시 닫힘형, 또는 정상상태 닫힘형(Normally Closed, N/C형) 접점이라고 한다. 한편 b접점 스위치가 작동되면 연결되어 있던 접점이 떨어지므로 break contact라 하며, 이를 간략하게 하여 b접점이라고 한다. 즉 b접점은 끊어지는 접점이라는 뜻이다.

b접점은 IEC 방식에서 접점 번호가 1, 2로 표시되나 래더 방식에서는 특별하게 구분하여 표기방법이 없다.

그림 3-24에서는 b접점의 푸시버튼 스위치와 b접점의 기호를 보여준다.

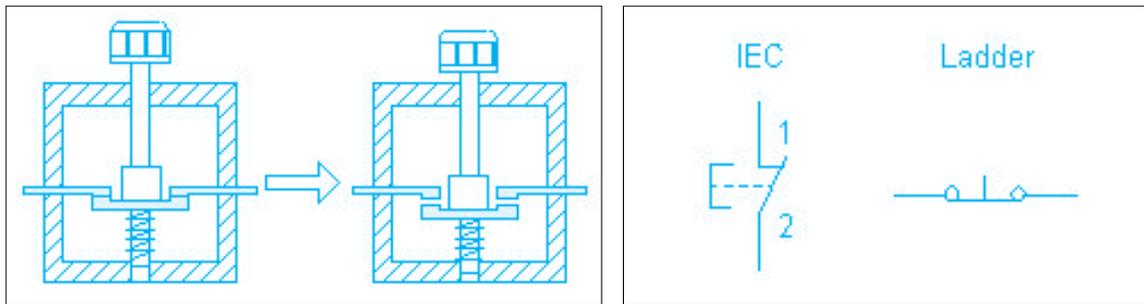


그림 3-24 b접점 푸시버튼 스위치와 접점 기호

## 3) c접점(Change Over Contact) 스위치

c접점 스위치는 하나의 스위치로 a접점과 b접점으로 사용이 가능하도록 만든 스위치이다. 이 스위치가 작동되면 접점의 전환이 일어나서 a접점은 달라붙게 되고 b접점은 떨어지게 된다. 스위치 동작을 정지하면 접점들이 원래의 상태로 되돌아와서 a접점은 떨어지게 되고 b접점은 달라붙는 형태가 된다.

c접점이라는 말은 change-over contact를 약하여 부르는 것인데 번역하는 사람에 따라서 절환접점 또는 전환접점이라고 부르기도 한다.

대부분의 전기스위치는 c접점 형태로 제작되어 있어 필요에 따라 a접점 또는 b접점으로 사용이 가능하다.

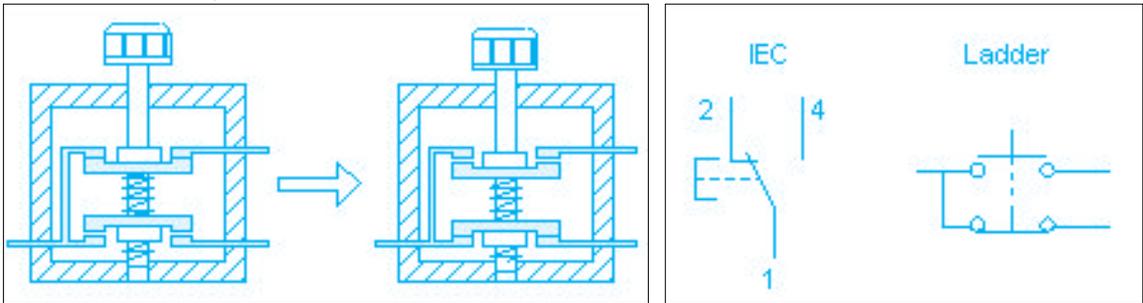


그림 3-25 c접점 푸시버튼 스위치와 기호

그림 3-25는 c접점의 푸시버튼 스위치와 c접점의 기호를 보여준다.

#### 4) 다접점(Multi Contact) 스위치

다접점 스위치는 하나의 스위치가 여러 개의 독립된 접점을 갖고 있다.

독립된 접점이란 여러 개의 접점이 기계적으로는 연결되어 있어 같이 작동되지만 전기적으로는 완전히 독립되어 있다는 것을 의미한다. 따라서 각각의 접점에 상이한 전압을 사용하여도 각 접점간에는 충분히 절연되어 있으므로 아무런 문제가 발생되지 않는다.

따라서 이 스위치를 작동시키면 여러 개의 접점이 동시에 on/off되어 여러 개의 부하를 구동하는 출력을 동시에 제어할 수 있게 된다.

여기서 a접점이 3개이고 b접점이 1개인 스위치가 있다면 이를 3a-1b형이라고 부르며, a접점이 2개이고 b접점이 2개인 스위치가 있다면 이를 2a-2b형이라고 한다.

그림 3-26은 1a-1b형의 푸시버튼 스위치와 3a-1b형의 전기 푸시버튼 스위치의 기호를 보여준다. 기호에서 점선은 각각의 접점이 기계적으로 연동되는 것을 의미한다. IEC 기호에서 (13, 14)는 첫 번째 a접점을, (23, 24)는 두 번째 a접점을, (33, 34)는 세 번째 a접점을, (41, 42)는 네 번째 b접점을 나타낸다.

즉, 기호의 접점 우측에 표시된 첫 번째 숫자는 접점의 순서를 나타내고 두 번째 숫자는 접점의 종류를 나타낸다.

다접점 스위치를 이용하는 경우에 통상 a접점은 첫 번째 접점부터 사용하며

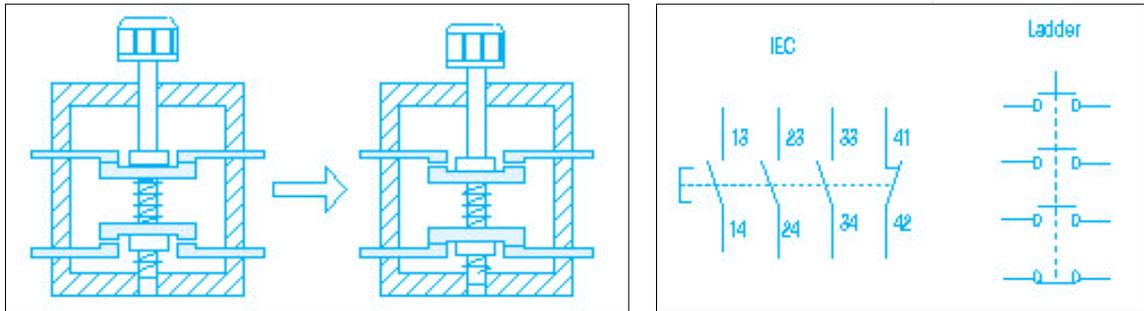


그림 3-26 1a-1b형 푸시버튼 스위치와 3a-1b형의 다접점 푸시버튼 스위치의 기호

b접점은 마지막 접점부터 거꾸로 사용한다.

전기 스위치로 사용되는 것으로는 위에서 언급한 것과 같은 인력의 힘에 의하여 작동되는 푸시버튼(Pushbutton) 형태의 스위치 이외에도 기계적인 힘에 의하여 작동하는 리미트 스위치(Limit Switch)가 있다

전기 제어 회로도를 작성할 때 기계적으로 작동되는 리미트 스위치는 초기상태에서 작동된 상태로 존재하는 것은 작동된 상태로 표시되어야 한다.

아래의 그림 3-27에서는 리미트 스위치가 작동되기 전의 상태와 작동된 후의 상태를 기호로 보여준다.

## (2) 공압 입력 요소(공압 스위치, 공압 밸브)

압축 공기를 이용하여 제어하는 시스템에 사용되는 공압 스위치에는 접촉식과 비접촉식 요소가 있는데, 비접촉식은 흔히 공압 센서라 불리는 것으로 에어 배리어(Air Barrier), 반향 노즐(Reflect Nozzle), 배압 센서(Back Pressure Sensor)가 해당되는 요소이다.

여기에서는 접촉식에 해당되는 푸시버튼이나 리미트 스위치의 역할을 수행하는 밸브에 관하여 살펴보기로 한다.

IEC 기호	Ladder 기호	비고
		a 접점
		a 접점 작동된 상태
		b 접점
		b 접점 작동된 상태

그림 3-27 전기 리미트 스위치의 상태 표시

1) 3/2Way Normally Close Valve (3포트 2위치, 정상 상태 닫힘형)

이 밸브는 전기 스위치의 a점접 기능과 같은 것으로, 스위치가 작동되지 않았을 때 밸브가 닫혀 있어 압축기에서 공급되는 높은 압력은 작업 라인과 연결되지 않아 부하가 일을 하지 못하고, 스위치가 작동되면 공급 라인과 작업 라인이 연결되어 부하가 일을 하게 된다.

그림 3-28은 3/2Way 푸시버튼 밸브의 기호와 내부 구조를 포함하여 동작 전후의 상태를 보여준다.

밸브가 동작하기 전에는 공급 포트(P)에 인가되고 있는 작동 압력이 스프링과 볼에 의해 통로가 막혀 작업 포트(A)와 연결되지 못하나, 인력에 의해 플랜저가 눌러지게 되면 볼과 스프링이 아래로 밀려 작업 포트쪽으로 공기 통로가 형성되어 부하가 일을 할 수 있게 된다.

공압 시스템에도 역시 기계적인 힘에 의하여 작동하는 리미트 스위치가 입력

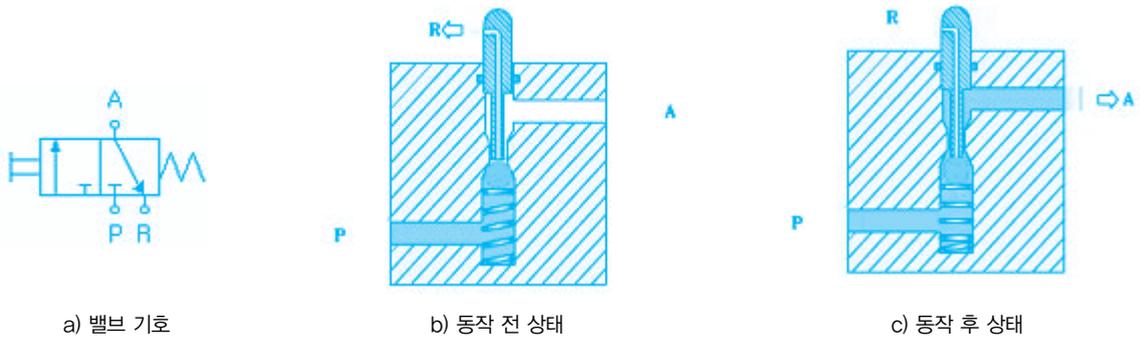


그림 3-28 3/2Way 정상 상태 닫힘형 푸시버튼 스위치

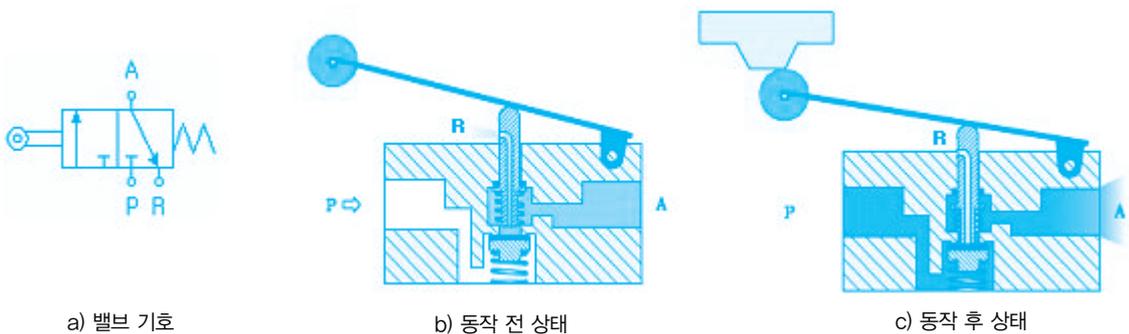


그림 3-29 3/2Way 정상 상태 닫힘형 리미트 스위치

요소로 사용되는데 이를 그림 3-29에 나타내었다.

## 2) 3/2Way Normally Open Valve (3포트 2위치 밸브, 정상상태 열림형)

그림 3-30은 앞에서 설명한 것과 성격이 반대인 b점점 밸브이다. 이 밸브는 전기 스위치의 b 점점의 기능과 같이 작동하기 전에는 부하에 출력을 발생시켜 일을 하게 하고, 스위치가 작동되면 출력이 차단되어 일을 할 수 없게 한다.

이 밸브의 동작은 버튼이 작동하지 않은 상태에서 공급 포트(P)와 작업 포트(A)가 연결되어 부하가 일을 하는 상태이고, 외력에 의하여 버튼이 작동하면 스프링이 아래로 이동하여 공급 포트와 작업 포트(A)를 차단하고 작업 포트를 통하여 공급하였던 공기를 배기 포트(R)와 연결하여 배출시킨다.

## 3) 4/2 Way Valve (4포트 2위치 밸브)

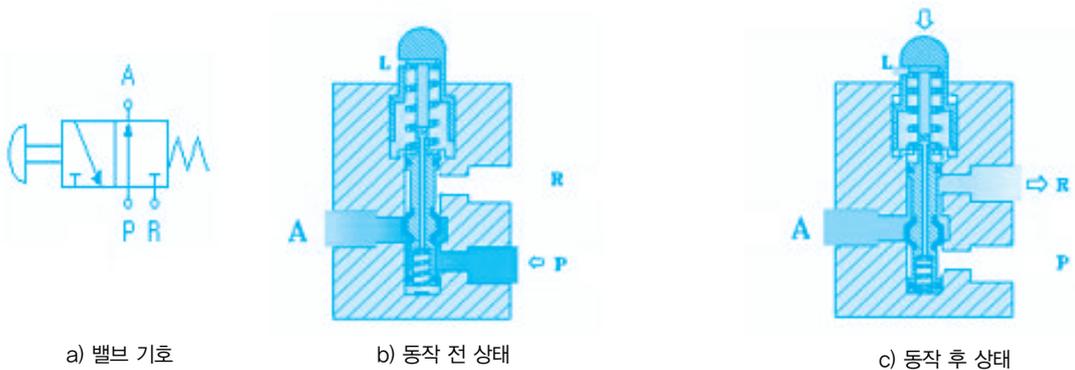


그림 3-30 3/2Way 정상 상태 열림형 푸시버튼 스위치

공압에서의 4/2Way 밸브는 전기에서 c점점 스위치에 해당하는 기능을 지닌다.

즉, 밸브의 내부 구조는 3/2Way 정상 상태 닫힘형과 3/2Way 정상 상태 열림형 밸브 2개가 하나의 몸체에 있는 것으로 이해하면 된다.

그림 3-31은 양측 공압 작동 밸브이며 인력이나 기계적인 힘에 의하여 밸브가 제어되는 것이 아니라 압축공기가 공기의 흐름을 바꾸는 역할을 하는 밸브이다.

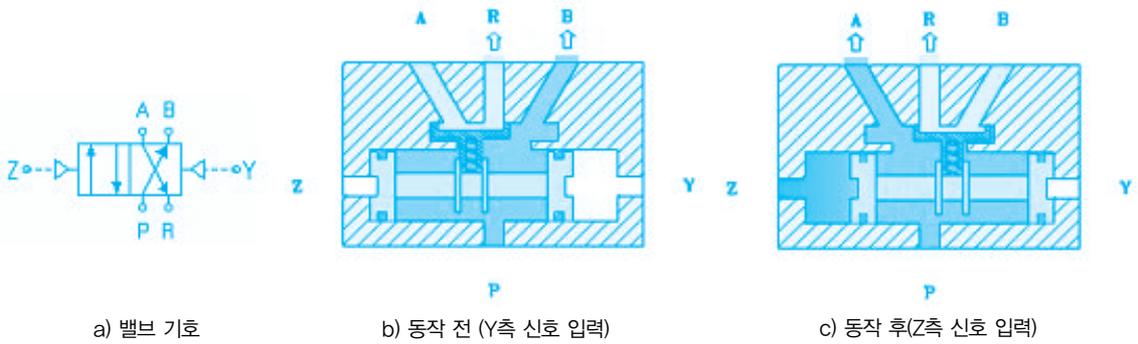


그림 3-31 4/2Way 양측 공압 작동 밸브치

여기서 보인 4/2Way 양측 공압 작동 밸브는 물론 신호 입력 요소는 아니고 신호처리나 최종 제어 요소로 활용되는 제어요소(프로세서)에 해당하는 부품인데, 밸브의 동작 전 상태는 공급 포트(P)는 작업 포트(B)와 연결되고 작업 포트(A)는 배기 포트(R)과 연결되어 있다. 이제 제어 신호 Z가 입력되면 슬라이드가 움직여 작업 포트(B)에 인가되었던 공기는 배기되고, 새로운 공기가 공급 포트(P)를 통하여 작업 포트(A)로 들어가 부히는 다른 동작을 실행한다.

물론 공압 스위치의 경우 밸브의 전환을 스위치로 하고 스프링에 의하여 복귀 신호를 발생시키는 형태로 제작되어 있다.

이와 같은 역할을 하는 밸브로 5/2Way 밸브가 있는데, 이는 4/2Way 밸브와

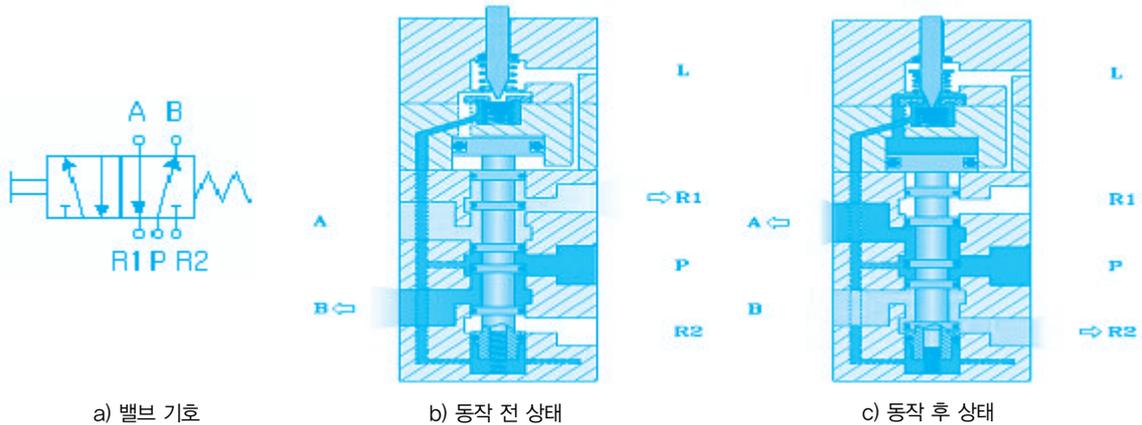


그림 3-32 5/2Way 밸브 (푸시 버튼 스위치형)

동일한 역할을 수행하는데 단지 배기되는 포트가 작업 포트별로 구분이 되어 있는 점이 다르다.

그림 3-32는 5/2Way 밸브 기호와 내부 구조를 보인다.

그림 3-33은 그림 3-32와 같은 역할을 수행하는 편측 공압 작동 5/2Way 밸브이며, 그림 3-34는 전기 신호에 의하여 밸브가 제어되는 5/2Way 단동 솔레노이드 밸브 (Single Solenoid Valve)이다.

여기서도 편측 공압 작동 밸브나 단동 솔레노이드 밸브 역시 시스템의 신호 입력 요소는 아니지만, 스위치의 다른 형태의 내부 구조를 이해하기 쉽게 하기 위하여 그림과 설명을 함께 보인 것으로, 4/2Way 밸브와의 차이는 작업 포트 (A)로 공급된 공기는 배기 포트(R1)을 통해 배기되며, 작업 포트(B)로 공급된 공기는 반드시 배기 포트(R2)를 통하여만 배기되는 것이다.

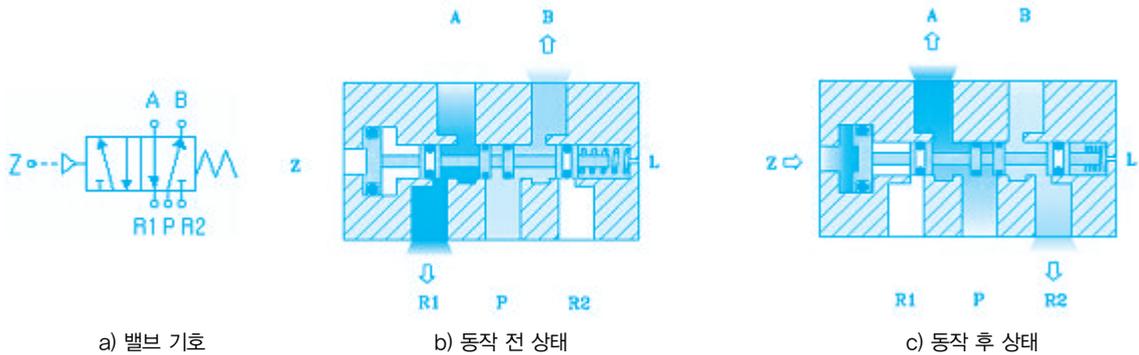


그림 3-33 5/2Way 편측 공압 작동 밸브

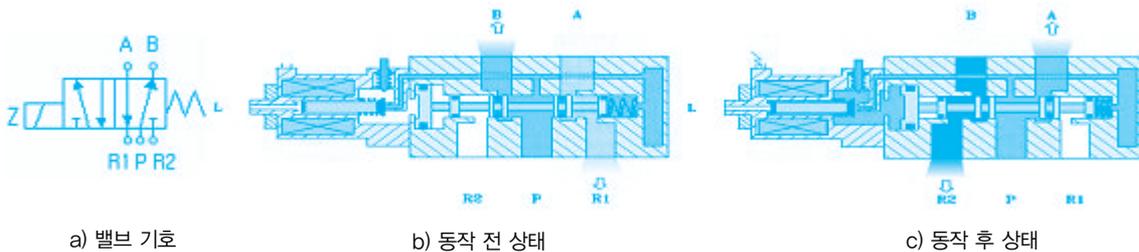


그림 3-34 5/2Way 단동 솔레노이드 밸브

### 3 시스템 운동 요소 (액추에이터, Actuator)

액추에이터는 각종 에너지를 기계적인 에너지로 변환하여 인간의 손이나 발의 기능을 수행하는 요소이다. 액추에이터는 운동하는 형태에 따라 회전 운동과 직선 운동으로 분류할 수 있으며, 회전 운동은 회전각이 없는 모터에 해당하는 요소와 로터리 실린더와 같이 회전각이 있는 요소로 나눌 수 있다.

표 3-9에 사용하는 에너지에 따른 운동요소인 액추에이터의 종류를 보인다.

전기 공압 시스템을 구성하는 운동 요소인 액추에이터에는 직선 및 회전 운동을 하는 실린더와 모터 등이 있는데 이 장에서는 공압 액추에이터에 관하여 다루고 전기 액추에이터로 많이 이용되고 있는 모터는 다음 장에서 다루기로 한다.

입력부와 제어부에 전기신호를 이용하여 처리하는 경우에도 직선 운동이 용이한 실린더를 액추에이터로 활용하는 경우가 빈번한데 이때에는 앞 절에서 언급한 최종 제어요소 혹은 처리 요소인 솔레노이드 밸브를 통하여 해결하게 된다.

표 3-9 사용 에너지에 따른 액추에이터 종류

구 분		대 분류	액추에이터 명칭
공압	회전 운동	공압 모터	피스톤 형, 미끄럼 날개 형, 기어형, 터빈형
		요동형	회전 실린더 (피스톤형, 랙형)
	직선 운동	단동 실린더	피스톤 실린더, 격판 실린더, 벨로즈 실린더
		복동 실린더	양 로드 실린더, 탠덤 실린더, 다 위치 제어 실린더, 텔레스쿠프 실린더, 로드리스 실린더
유압	회전 운동	기어 모터	외접형, 내접형
		베인 모터	코일 스프링 형, 로킹 암 형
		회전 피스톤	액슬 형(사축형, 사판형)
			래디얼 형(헬쇼형, 오일기어형, 볼 피스톤형)
	요동 모터	베인형, 피스톤 형	
	직선 운동	단동 실린더	피스톤 형, 플런저 형
복동 실린더		편축 로드 형, 양측 로드 형	

전기	회전 운동	일반형	직류 모터, 동기 모터, 유도 모터
		제어용	스테핑 모터, 서보 모터
	직선 운동	전기-기계식	스핀들 형, 피니언과 랙 기어 형
		전기식	리니어 모터, 선형 스텝 모터

#### ■스핀들(spindle)

기계에서 회전하는 작은 축

### (1) 직선 운동 요소

압축 공기를 이용하여 직선 왕복 운동을 일으켜 작업을 수행하는 것으로 일반적인 작업 속도는 1-2m/sec이며, 실린더의 종류에 따라 10m/sec 정도의 속도를 낼 수 있는 충격 실린더와 같은 것도 있다.

공압 직선 운동 요소의 특성은 사용하는 공기의 압력이 그렇게 높지 않으므로 (5-6bar 정도) 큰 힘을 낼 수 없고 사용 한계는 약 3톤(약 30,000N)정도이다.

과부하에 안전하며 힘과 속도를 쉽게 조절 할 수 있으나, 압축성 매체를 사용하기 때문에 균일한 작업 속도나 정밀한 위치 제어에 이용하기는 어려우며, 실린더의 이동 속도가 20mm/sec이하의 저속 운전일 경우에는 스틱 슬립(Stick Slip, 매끄럽게 움직이지 않고 덜컥 거리며 움직임)현상이 발생되므로 주의하여야 한다.

#### 1) 공압 단동 실린더

압축공기가 실린더의 한쪽에서만 공급되는 형태로 단동 실린더는 한쪽 방향으로만 힘을 내어 작업을 할 수 있고 귀환 운동은 스프링이나 내부에 저장된 힘으로 이루어진다. 단동 실린더의 최대 행정 거리는 100mm 정도이고 작업 공정으로 볼 때 추출(Ejecting), 압착(Pressing), 고정(Clamping), 이송(Feeding), 상승(Lifting) 등의 작업에 주로 사용한다.

##### ① 피스톤 실린더

그림 3-35에 피스톤 형태의 단동 공압 실린더를 보이는데 일반적으로 많이 사용되는 실

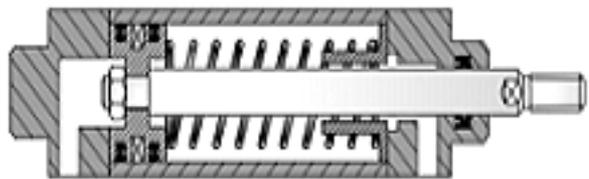


그림 3-35 피스톤 실린더

린더의 종류로 피스톤의 바깥쪽이 유연한 물질로 덮여 있어 내부벽과 밀봉 작용을 한다.

### ② 다이어프램 실린더

압축공기가 들어오면 다이어프램(격판, Diaphragm)이 실린더의 내벽을 따라 부풀어서 피스톤 로드를 움직여 실린더가 전진 운동을 하게 된다. 행정거리가 50~80mm 정도로 일반적인 격판 실린더보다 행정거리를 길게 할 수 있는 롤링 격판 실린더도 있다. 그림 3-36에 이러한 실린더 2가지를 보인다.

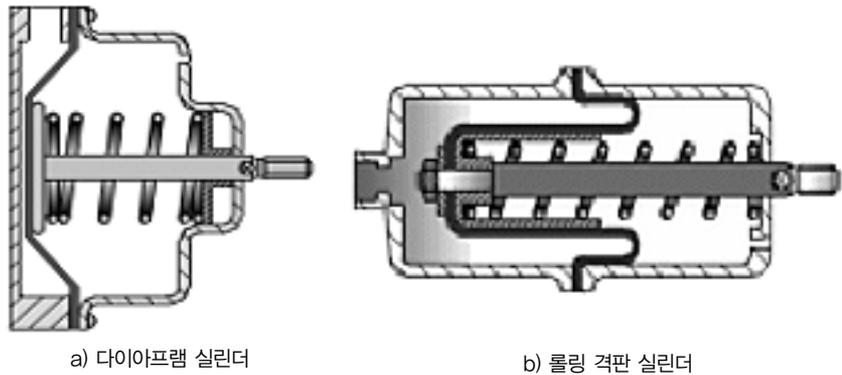


그림 3-36 단동 실린더

### ③ 벨로즈 실린더

상사 플레이트와 그 사이에 고무 재질의 벨로즈로 구성된 것으로 귀환 스프링이 없는 형태이며 행정거리는 무부하시의 최고, 최저 높이의 차이로 나타난다.

이외에도 공압 단동 실린더에는 팬 케이크 실린더 혹은 클램핑 실린더라고 불리며, 일반적으로 고무나 플라스틱 또는 금속으로 만들어져 내장된 격판이 피스톤의 기능을 대신하며, 피스톤의 로드가 중앙에 부착된 형태의 격판 실린더가 있는데 이를 벨로즈 실린더라하며, 마찰력이 적고 행정거리가 짧은 것이 특징이다.

## 2) 공압 복동 실린더

복동 실린더는 전진 운동뿐만 아니라 후진 운동시에도 작업을 하여야 하는 경우에 사용되며, 실린더의 행정거리는 피스톤 로드와 기계적인 변형(구부러짐이나 휨)을 고려하여 2m 정도로 제한한다.

그림 3-37은 일반적인 복동 실린더를 나타낸다.

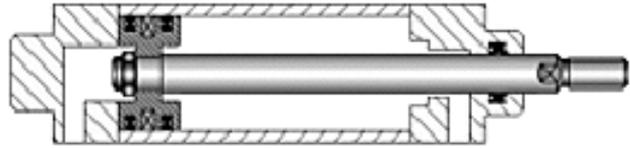


그림 3-37 복동 실린더

### ① 양 로드형 실린더

피스톤 로드가 양쪽에 있는 것으로 피스톤 로드를 지지하는 베어링이 양쪽에 있게 되어 축방향의 힘도 어느 정도 견딜수 있으며 왕복 운동이 원활하다. 또한 실린더의 위치를 감지하는 요소인 센서 등을 작업을 수행하지 않는 쪽에 부착할 수도 있고, 전진과 후진의 경우 같은 추력을 낼수 있는 이점이 있지만 실린더의 설치 공간이 커지는 단점이 있다.

그림 3-38에 양 로드형 실린더를 보인다.

### ② 텔레스코프 실린더

짧은 실린더 본체로 긴 실린더 행정거리를 낼 수 있는 다단 튜브형 로드가 있으며 작은 공간에 실린더를 장착하여 긴 행정거리를 필요로 하는 경우에 적합하다. 하지만 실린더의 지름이 커야 하며 로드의 힘에 의한 변형(좌굴)에 대한 조치가 필요하다.

그림 3-39에 텔레스코프 실린더의 외형을 보인다.

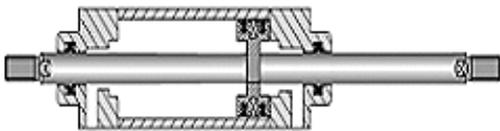


그림 3-38 양 로드형 실린더

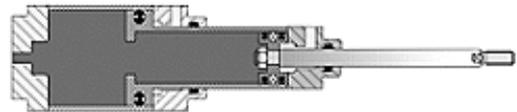


그림 3-39 텔레스코프 실린더

### ③ 로드리스 실린더

피스톤 로드가 없는 형태로 제한된 공간 내에서 일정한 행정거리가 필요한 곳에 사용하며 외부와 피스톤 사이에 강한 자력에 의해 운동을 하므로 실링 효과가 우수하고 비접촉식 센서에 의한 위치 제어가 가능하다. 그림 3-40에 이를 나타내었다.

### ④ 탠덤 실린더

두 개의 복동 실린더가 한 개의 실린더의 형태로 조립되어 있는 것이다. 두 개의 피스톤에 압축 공기가 공급되기 때문에 실린더가 낼 수 있는 힘은 거의 두 배가 된다. 실린더의 지름이 한정되고 큰 힘을 요하는 곳에서 사용되나 행정거리는 짧다.

그림 3-41에 탠덤 실린더의 외형을 보인다.

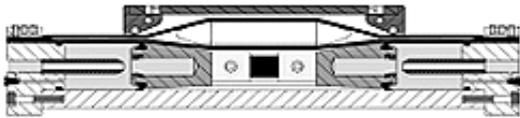


그림 3-40 로드리스 실린더

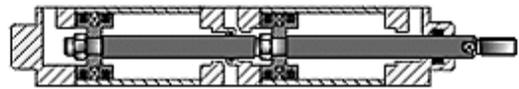
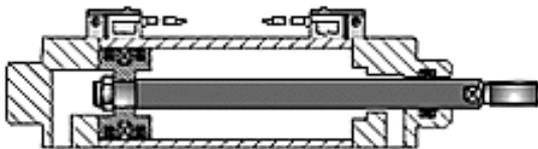


그림 3-41 탠덤 실린더

이상과 같은 복동 실린더 이외에도 시스템의 구성상 필요한 기능을 갖춘 다른 형태의 유사한 실린더들이 사용되는데 그림 3-42에 이들을 보인다.

근접 스위치 부착형은 피스톤에 부착된 자석의 자계에 의하여 실린더의 위치



a) 근접 스위치 부착형



b) 에어 쿠션 내장형

그림 3-42 여러 종류의 실린더

를 알 수 있는 형태로 공간상의 여유를 보장 받을 수 있으며 사용이 간편하므로 많이 활용되고 있다. 에어쿠션 내장형 실린더는 실린더의 행정거리 끝에서 기계적으로 배출되는 공기의 통로가 좁아져서 자연스럽게 실린더의 속도를 조절하여 피스톤과 실린더 내벽과의 충격을 형성되는 배압으로 인해 줄이도록 제작되었다.

### 3) 공압 회전 요소

공압 회전 요소에는 회전각이 없는 모터와 일정한 회전각을 지닌 요동형 운동을 하는 로터리 실린더와 같은 것이 있다.

#### ① 공압 모터

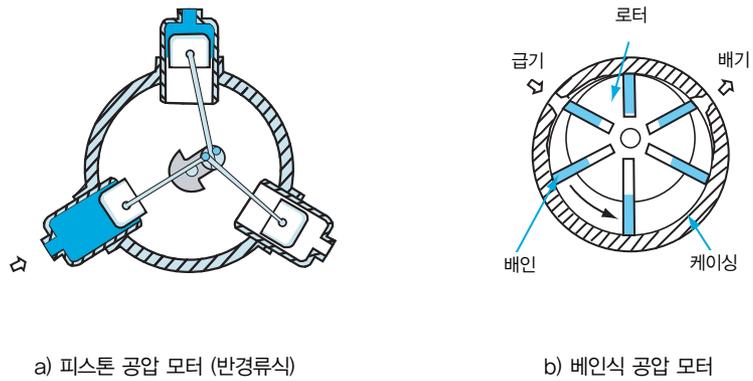
공압 모터는 압축 공기 에너지를 기계적 회전 에너지로 변환하는 액추에이터를 말하며 정회전, 정지, 역회전 등은 방향제어 밸브에 의해 제어된다.

공압 모터는 오래 전부터 광산, 화학 공장, 선박 등 폭발성 가스가 존재하는 곳에 전동기 대신 사용되어 왔으며, 특히 최근에는 저속 고 토크 모터, 가변 속도 모터 등의 출현으로 방폭이 요구되는 장소 이외에 호이스트, 컨베이어, 교반기 등 일반 산업 기계에도 널리 사용된다.

공압 모터는 무부하시, 즉 토크가 전혀 걸려 있지 않을 때 최고 회전 속도를 나타내고 부하의 증가에 따라 회전 속도가 감소하여 최종적으로 회전이 정지된다. 회전 정지 부하토크를 정지 토크라 하고 기동 토크는 정지 토크보다 75~80% 정도 낮다. 공기의 소모량은 회전수에 비례하여 증가하고 회전수는 최대 출력의 80% 정도로 사용한다.

공압 모터는 역회전이 가능하며 구조 원리에 따라 베인식, 피스톤식, 기어식, 터빈식 등의 공압 모터가 있으나 산업용에는 베인식 모터가 주로 사용되고 터빈식은 치과용 의료기기에 많이 쓰인다.

그림 3-43에 두 가지 종류의 공압 모터를 보인다.



a) 피스톤 공압 모터 (반경류식)

b) 베인식 공압 모터

그림 3-43 공압 모터

## ② 공압 요동형 액추에이터

공압 요동형 액추에이터는 공압 실린더의 직선, 왕복 운동과 공압 모터의 회전 운동을 조합한 형태의 일을 하는 액추에이터를 말한다.

여기에는 피스톤 로드와 기어의 형상을 하고 있어 기어를 구동시켜서 직선 운동을 회전 운동으로 바꾸는 것으로 회전각은  $45^\circ$ 에서부터  $720^\circ$ 에 이르는 것으로 다양하다. 회전각도는 조절 나사를 이용하여 피스톤의 행정 거리를 조절하면 되는데 이러한 형태에는 피스톤 형과 랙형의 회전 실린더가 있다.

한편 일정한 회전 각도를 갖는 점에서는 회전 실린더와 같은 기능이나 일반적으로  $300^\circ$  이내의 회전각을 지닌 회전 날개 실린더가 있는데 밀봉에 문제가 생기며, 지름과 폭과의 관계에서 큰 토크를 얻을 수 없는 단점이 있다. 이러한 회전 날개 실린더는 유압 장비 구성에 많이 사용되며 이들을 그림 3-44에 나타낸다.

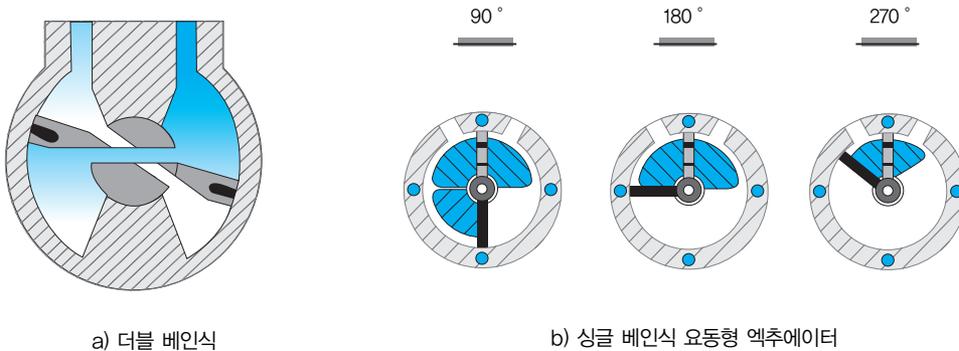


그림 3-44 공압 요동형 액추에이터

## 4 시스템 제어 요소 (프로세서, Processor)

기계란 “외부로부터 에너지를 공급받아 공간적으로 제한된 운동을 하며, 인간의 노동을 대신하는 구조물”이라고 정의되어 있듯이 제한된 공간에서 센서와 액추에이터는 서로 고정되어 정보를 제공하고 작업을 진행하지만, 프로세서와는 제어 정보를 주고받는 선으로만 연결되어 공간적인 제약을 적게 받는다.

사람의 두뇌에 해당하는 이 부분은 센서로부터 입력되는 신호를 처리하여 액추에이터에 제어 명령을 내려주는 제어 신호 처리 장치로, 개별적인 신호가 논리적으로 연결되어 지연되거나 저장되어야 하는데 이러한 제어 데이터를 구체적으로 처리하는 장치를 말한다.

프로세서란 하드웨어적으로는 전자계산기(제어기) 시스템의 중앙처리 장치이며, 소프트웨어적으로는 명령어로 작성된 프로그램을 기계어로 변환하는 어셈블러나 컴파일러를 칭한다. 물론 소프트웨어적으로 볼 때 공압이나 전기 시퀀스 회로를 작성하는 것도 일종의 제어라 할 수 있다.

따라서 전기 공압 시스템 구성에 있어 프로세서에 해당하는 것을 논하자면 공압의 각종 밸브가 소개되어야 하고, 공압과 전기 회로를 작성하는 방법에 관하여도 언급해야 되겠지만, 이 장에서는 전기 제어 요소인 릴레이에 대하여만

다루도록 하고, 공압 및 전기 제어 회로 구성에 관하여는 시퀀스 제어 등의 기술을 습득하는 과정에서 다루기로 한다.

### (1) 전기 릴레이(Relay)

전기 시퀀스 제어 회로를 구성하고자 할 경우에는 접촉식과 비 접촉식의 신호 입력 요소인 푸시버튼 및 각종 센서와 램프, 부저 등의 액츄에이터 및 실린더를 제어하기 위한 솔레노이드 밸브를 전기적인 스위치인 릴레이의 적절한 사용에 의하여 제어하게 되는데 이러한 역할을 담당하는 릴레이를 사용하는 이유는 다음과 같다.

- ① 접점의 개수를 증가시킨다
- ② 접점의 용량을 크게 한다
- ③ 접점을 통해 다른 전원을 사용한다
- ④ 접점의 형태를 변화시킨다

전기 리미트 스위치나 센서는 일반적으로 하나의 독립된 접점밖에는 없다.

그러므로 전기적으로 독립된 여러 개의 접점이 필요한 경우에는 전기 제어에서 핵심적 역할을 수행하는 전기 릴레이 이용하여 접점을 늘려 주어야만 한다.

릴레이는 예전에는 통신 분야에서 약해진 신호를 증폭해 주는 증폭기의 역할을 많이 담당하였으나 현재는 통신 분야보다는 공장자동화를 위한 제어 분야에 주로 이용되고 있다. 전기 릴레이는 전자석으로 작동되는 여러 개의 접점을 가진 전기 스위치라고 간단하게 표현할 수 있다.

#### 1) 전기 릴레이의 구조

릴레이의 모형과 구조는 그림 3-45와 같이 자장을 형성시키기 위한 코일, 전자석에 의하여 작동되는 접점 및 복귀 스프링으로 구성되어 있다.

릴레이 코일에 전기를 통하면 코일에 자장이 형성되어 릴레이의 아마추어(Armature)가 코일의 코어(Core)로 끌려가게 된다. 즉, 전자석으로 변한 코일에 의하여 아마추어와 기계적으로 연결된 여러 개의 접점이 작동되어 개폐된다.

그리고 코일에 통하는 전류를 차단하게 되면 자장이 사라지게 되므로 각 접점은 복귀 스프링에 의해 원상태로 회복된다. 릴레이는 전기적으로 독립된 여러 개의 접점을 갖고 있으며 릴레이의 각 접점들은 전기적으로는 충분히 절연되어 있기 때문에 각 접점에는 서로 상이한 전압을 이용하여도 아무 문제가 발생되지 않는다.

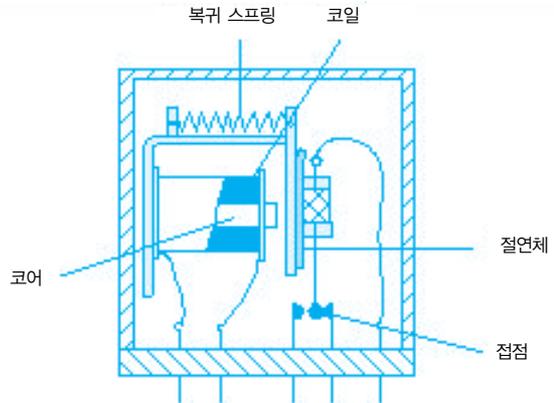


그림 3-45 전기 릴레이의 구조

24V용 전기 릴레이란 릴레이를 작동시키기 위한 코일이 24V용이란 뜻이다. 그러므로 24V용 릴레이라 할지라도 각 접점에는 110V, 220V 등의 상이한 전압을 사용하여도 무방하다.

릴레이란 소량의 에너지를 이용하여 스위치 개폐나 제어에 이용되는 요소로서 주로 신호처리에 사용된다. 이는 특수 개폐능력을 가진 전기 스위치로 생각할 수 있다.

신호처리 요소로서 릴레이가 갖추어야 할 요건은 다음과 같다.

- ① 거의 정비를 요하지 않을 것
- ② 많은 독립회로를 개폐할 수 있을 것
- ③ 여러 동작 전압, 고 전류에 쉽게 사용 가능할 것
- ④ 개폐 시간이 짧을 것

일반적으로 릴레이를 호칭할 경우에는 릴레이가 갖고 있는 접점을 이용한다. 즉, a접점을 세 개, b접점을 한 개 갖고 있는 릴레이는 3a-1b형이라 부르고, a접점이 두 개, b접점이 두 개인 릴레이는 2a-2b형이라고 부르고 있다.

제어 회로도에서 릴레이도 역시 표준화된 기호로서만 표시되어야 한다. 릴레이의 표시 기호에는 IEC 방식과 래더 방식의 두 가지가 있다. 그림 3-46에는 3a-1b형의 릴레이 기호를 보여준다.

IEC 방식에서 릴레이는 K라는 약호로 표시되고 래더(Ladder) 방식에서는 CR 또는 R로 표시한다.

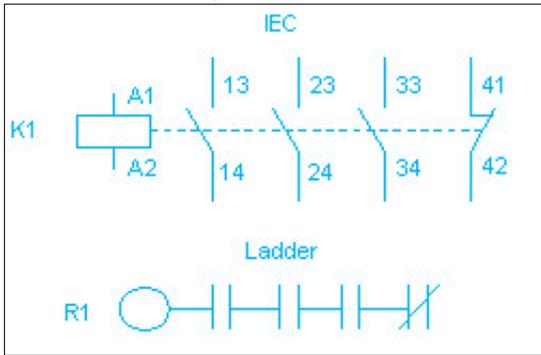


그림 3-46 3a-1b형 릴레이 기호



그림 3-47 래더 회로에서의 릴레이 기호

IEC 방식에서 (A1, A2)는 릴레이의 코일을 나타내고 (13, 14)는 첫 번째 a접점을, (23, 24)는 두 번째 a접점을, (33, 34)는 세 번째 a접점을, (41, 42)는 네 번째 b접점을 나타낸다. 즉 첫 번째 숫자는 접점의 순서를 나타내고 두 번째 숫자는 접점의 종류를 나타낸다. (1, 2)는 b접점을 나타내고 (3, 4)는 a접점을 뜻한다.

그러나 래더 방식에서는 각 접점을 표시하는 특별한 방식은 없다.

래더 회로도에서는 그림 3-47과 같이 릴레이 기호를 표시한다.

## 2) 전자 접촉기 (마그네트 스위치, Magnetic Contact)

몰드 케이스, 고정 철심, 전자 코일, 가동 철심, 주 접점, 보조 접점, 스프링 등으로 구성되어 있으며 전자석에 전류를 흘려서 여기서 발생하는 기자력으로 접점을 개폐하는 것으로 릴레이의 동작과 동일한 원리를 이용하여 고압, 대전류의 개폐에 사용한다.

주 접점과 보조 접점은 코일에 흐르는 전류에 의해 동시에 개폐되며 주 접점은 대전류 용으로 사용되며, 보조 접점은 릴레이와 같은 작은 전류의 개폐에 사용된다.

즉, 전자 접촉기란 적은 양의 제어동력으로 고부하를 개폐시키는 자장으로 작동되는 스위치로 접점의 스위칭은 자장에 의한 전기자의 작동에 의해 on/off 된다.

코일에 의해서 접촉기가 여자되면 전류에 의한 자장이 형성되고 전기자가 작동할 수 있는 힘이 생기게 된다. 접촉기는 전동기, 야간 저장 히터, 가열 시스템, 에어컨, 크레인 등의 개폐에 사용된다.

전자 접촉기가 동작원리가 같은 소형 릴레이와 다른 점은 주 접점과 보조 접

점이 있다는 것이다. 주 접점이란 큰 전류를 흘려도 안전한 대전류 용량의 접점을 말하고, 보조 접점이란 전자 릴레이 접점과 같이 작은 전류 용량의 접점을 말한다.

전자 접촉기의 회로 기호는 릴레이와 동일하나 접점의 명칭은 다르다.

전자 접촉기를 잘 선정하기 위해서는 사용 동력, 적용 등급, 스위칭 회수 등을 고려해야 한다.

그림 3-48에 전자 접촉기의 내부 구조를 보인다.

한편 전자 접촉기에 과부하 계전기를 부착한 것을 전자 개폐기라 하는데 이는 설정된 값 이상의 전류가 흐르면 접점을 오프(Off)시키는 과전류 보호 기능을 갖고 있다.

여기서 과부하 계전기는 주 회로에 접속되어 과부하를 감지하여 기기를 보호하기 위해 사용하는데 주로 바이메탈식인 열동형 과부하 계전기가 이용되며, 트립(Trip) 전류 눈금과 정격전류 눈금이 있다.

이상에서 살펴본 것과 같이 전기 공압 제어용 부품들은 매우 다양하지만, 이들을 어떻게 연결하고 시스템을 구성할 것인가에 대한 기술을 함께 공부하는 것이 필요하다.

물론 이러한 제어 시스템을 구성하는 기술이 전자공학의 발달과 함께 고급화, 지능화되는 단계로 이어지면서 전자 제어 방식인 PLC나 마이크로프로세서 등의 활용이 점차 증가하고 있는 추세이다. 특히 로봇과 같은 다 기능의 복합 시스템에서는 이러한 PC 기반의 프로그램에 의해 제어되는 기술을 함께 이해하여야만 한다.

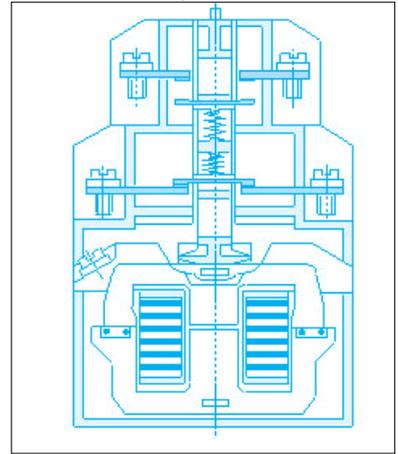


그림 3-48 접촉기의 내부 구조

# 03 전동기

전동기(모터 : Motor)에서는 로봇 구성 요소 중에서 제어 시스템의 신호 출력 요소(액추에이터)에 해당하는 여러 가지 형태의 모터에 관한 각종 특성 및 제어 방법 등을 다룬다.

로봇이라는 것은 앞에서부터 살펴본 바와 같이 하나의 독립된 복합 시스템으로 신호 입력 요소인 센서(Sensor)와 이들이 처리하여 전송한 신호를 종합적으로 분석하여 프로그램에 따라 제어를 행하는 제어 요소인 시스템의 두뇌(프로세서, Processor), 또한 제어 요소에서 전달되는 명령에 따라 작업을 수행하기 위해 움직이는 출력 요소인 액추에이터(Actuator)로 구성되는데 로봇을 구성하

## ■ 프로세서

시스템 안에서 데이터를 산술적·논리적으로 연산하는 중추적 처리장치

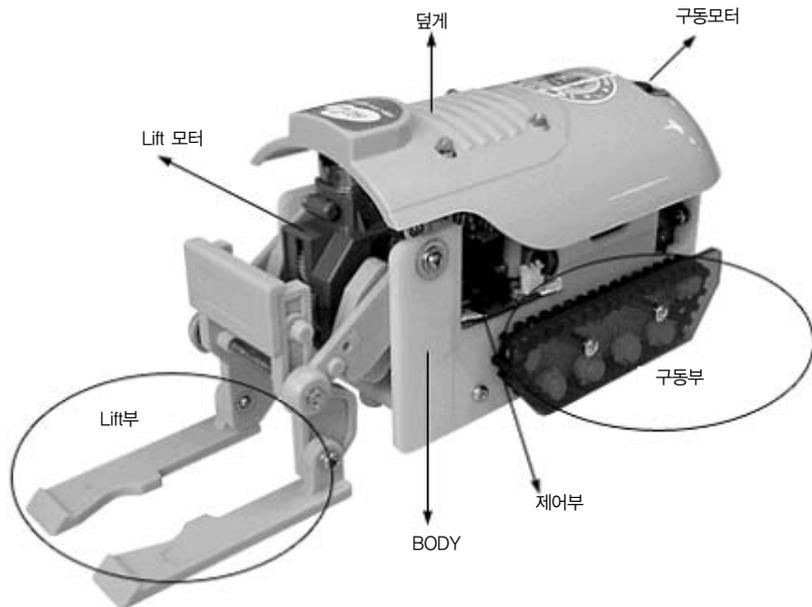


그림 3-49 로봇에 이용되는 모터

고 있는 대부분의 출력 요소는 모터로 이루어져 있다.

그림 3-49는 학생들이 간단하게 조립할 수 있는 완구 형태의 로봇이다. 그림에서 보듯이 물건을 옮기거나 들어 올리는 리프트나 전후좌우 움직임을 수행하는 구동부는 모터에 의해 힘을 얻게 된다.

이것은 산업에 이용되는 대형 로봇이나 마이크로프로세서 기반의 소형 로봇 혹은, 지능형 로봇으로 일컬어지는 안내, 청소, 애완동물 등의 로봇 등에서도 움직임을 구현하기 위해서는 대부분 모터를 원동력으로 사용하는 것과도 같다.

물론 작업을 수행하는 액추에이터의 운동 상태가 회전 운동이나 직선 운동이나에 따라 적용하는 종류가 공압/전기 혹은 실린더/모터 등으로 달라지겠으나 주로 전기적으로 작동하는 요소들이므로 모터로 생각할 수 있겠다.

특별히 직선 운동이 강조되는 경우에도 공압 실린더를 대신하여 리니어 모터와 같은 특별한 요소가 사용되거나 스피들이나 기어(랙과 피니언, Rack & Pinion) 등의 요소를 이용하여 시스템을 구동할 수 있으므로 모터의 이용은 로봇 제어에서 필수적이라 하겠다.

## 1 전동기와 발전기

전동기란 일반적으로 모터(Motor)라 불리는 것으로 발전기의 구조나 원리를 이해하면 쉽게 적용할 수 있는 기술을 근간으로 제작되고 동작 상태를 유지하는 것이다.

간단하게 모터를 정의하면 “전기적인 에너지를 기계적인 에너지로 변환하는 장치”라고 할 수 있는데 우리의 생활은 다양한 모터에 의해 지원되고 있다.

예를 들면 엘리베이터나 에스컬레이터와 같은 승강기는 물론 선풍기, 에어컨, 냉장고, 전축 및 CD 플레이어와 같은 가전기기와 공장의 각종 제어용 기기와 설비, 또 우리 교통 문화의 주축인 전철 및 미래에 활용이 예상되는 전기 자동차 등 그 수요를 헤아릴 수 없을 정도로 다양한 분야에 모터가 이용되고 있다.

따라서 우리 생활에 있어 회전력이나 추진력 등을 제공하여 일련의 메카니즘을 작동시켜 필요한 일을 해주는 모터는 매우 중요한 요소로 인식되고 실제로 활용되고 있다.

그림 3-50은 에너지 변환 측면에서 본 모터의 개념을 나타낸다

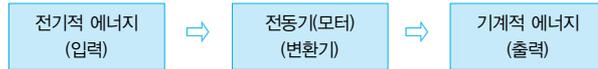


그림 3-50 모터의 개념

전기적인 에너지를 기계적인 에너지로 변환한다는 의미로 본다면 모터는 하나의 트랜스듀서(변환기, Transducer)이며, 앞 절에서 언급한 센서와는 에너지 변환 관계로 볼 때 반대의 위치에 있게 되는 것을 알 수 있다. 모터를 다른 표현을 빌려 좀더 극단적으로 표현하면 “전기의 힘으로 움직이는 모든 동력원은 모터이다”라고 할 수 있다. 따라서 그 동작이 직선운동이든 회전 운동이든 전기력과 전자력이 근원으로 되어있는 것은 모두 모터의 범주로 볼 수 있는 것이다

직선적으로 움직이는 것은 솔레노이드나 리니어 모터 같은 것이 해당되며, 회전 운동을 하는 것은 우리가 흔히 말하는 대부분의 모터이다.

표 3-10에는 우리 주변에서 많이 사용되고 있는 모터를 공급되는 전원에 따라 구분하여 몇 가지 종류를 나열하였다.

여기서는 모터를 설명하기에 앞서 동일한 원리로 작동하고 동일한 형태로 구성되는 발전기에 대하여 먼저 살펴보면서 이해를 돕고자 한다.

표 3-10 모터의 종류

구분	세부 종목	특징	모터 종류
직류 모터	코어리스 모터	· 고정자에 영구자석 사용 · 회전자에 철심 넣지 않은 소형	원통형 (Cap 형) 원판형 (디스크 형)
	브러시리스 모터	· 회전자에 영구자석 삽입 · 브러시 없는 소형 정밀 모터	내부 회전자형 외부 회전자형
	마이크로 모터	· 고정자에 영구자석을 사용한 초 소형 정밀 모터	FG, TG 방식 전자거버너 방식
	스테핑 모터	· 회전자를 스텝상으로 회전	PM형, VR형 하이브리드형
	DC 서보 모터	· 제어용 모터로 특수하게 구성 · 평활 전기자 구조	슬롯 부착형 슬로트리스 형
교류 모터	동기 모터	· 반작용 토크 이용 및 회전자에 히스테리시스 재료를 사용하여 히스테리시스 토크를 이용 · 영구 자석 및 다극의 유도자를 회전자가 지닌 소형 정밀 모터	반작용형 히스테리시스 형 인덕터 형
	유도 모터	· 유도전류에 기준한 유도 토크를 이용한 소형 정밀 모터	단상형, 콘덴서 시동형 2상 농형, 3상 농형 리니어 모터

### (1) 직류 발전기의 (DC Generator) 이해

영구자석 또는 DC에 의한 전자석의 자계(자력선)속에서 그림 3-51처럼 도체(Coil)를 위에서 아래로 빠르게 움직이면, 그림 3-52와 같이 자력선은 끊어지지만 순간적으로 남게 되므로 그 자계(자력선)에 의해서 움직인 도체(Coil)에는 기전력이 발생하고 그림 3-53처럼 유도전류는 도체 내를 화살표 방향으로 흐른다.

만약 도체를 위로 이동시키면 전류의 방향

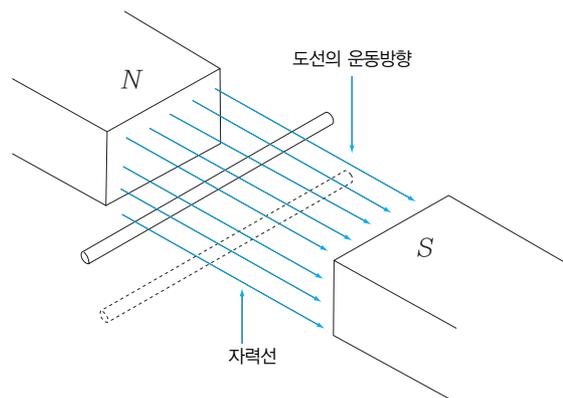
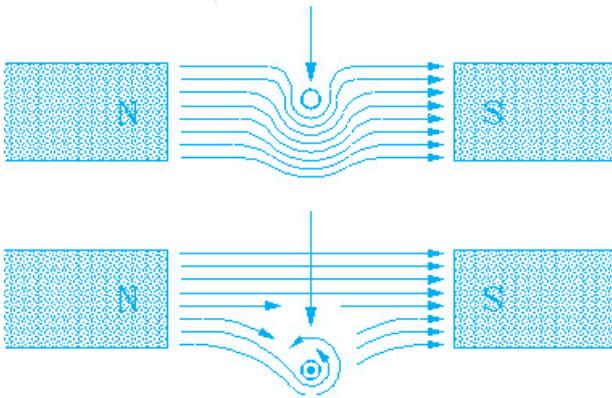


그림 3-51 자계 속에서 도선의 운동



도선의 운동 방향 (위에서 아래로)

그림 3-52 도선의 이동시 자력선의 변화

은 반대로 된다.

이것이 발전기의 원리인데 프레밍은 그림 3-54와 같이 오른손에 각 방향을 적용시켜서 발전기의 유도기전력을 이해하기 쉽게 하려고 하였다.

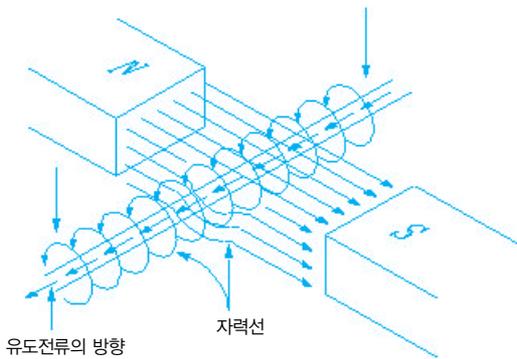


그림 3-53 도선에 유도기전력(전류) 발생

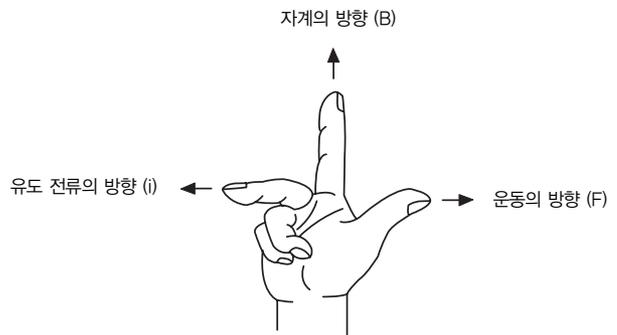


그림 3-54 프레밍의 오른손 법칙

## (2) 교류 발전기(AC Generator)의 원리

그림 3-55와 같이 평등자계인 자극 N과 S극 사이에 회전 도체(Armature Coil)를 놓고, 이 도체의 양끝을 서로 절연시킨 2개의 원형금속(Slip Ring)에 연결한 다음 축을 중심으로 도체(Coil)를 회전시키면, 프레밍의 오른손 법칙에 의하여 도체에 유도 기전력이 발생하게 된다.

이 유도 기전력은 회전 도체(Armature Coil)가 평등자계 내에서 자력선(자속)을 자를 때 나타나는 것으로 도체의 회전 위치에 따라 그 값이 다르게 된다. 그림 3-55처럼 교류 전압계를 브러시의 양 단자에 연결하여 기전력을 측정하면,

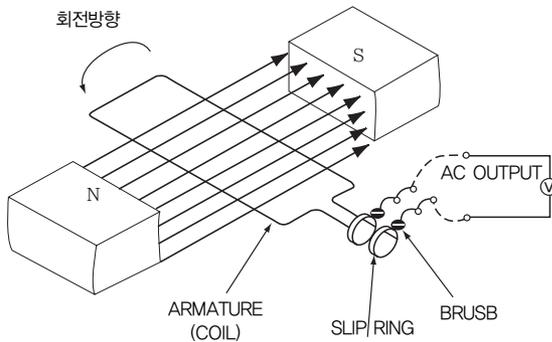


그림 3-55 AC 발전기의 원리도

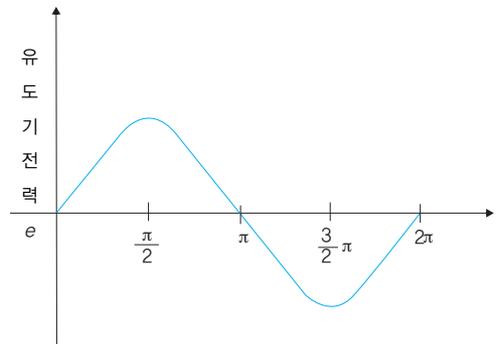


그림 3-56 AC 발전기의 출력파형

그림 3-56의 파형처럼 도체가 원주를 반 회전할 때마다 방향이 바뀌고, 자속에 대하여 도체가 90°로 될 때가 기전력  $e$ 의 값이 가장 높게 발생하는 AC 발전기가 된다. 이를 식으로 나타내면 기전력  $e$ 는 다음과 같다.

$$e = N \frac{d\phi}{dt} = N\phi_m \sin \omega t \text{ [V]}$$

여기서  $N$  : 도체(Coil)의 Turn 수

$\phi_m$  : 도체가 매 자르는 최대자속

$\omega$  : 각속도 ( $2\pi f$ )

### (3) 직류 발전기(DC Generator)의 원리

직류 발전기의 유도 기전력 발생되는 원리는 AC 발전기와 같으며, 단지 그림 3-57과 같이 회전 도체(Armature Coil)의 양끝을 서로 절연된 2개의 반원형 금속편인 정류자(Commutator)를 통해, 유도 기전력이 직류(DC)로 출력되게 하고 있을 뿐이다.

그림 3-58은 DC 발전기의 원리를 이해하기 쉽도록 자력선과 회전도체(Armature Coil)의 방향에 따른 직류 발전기의 유도 기전력을 나타내고 있다.

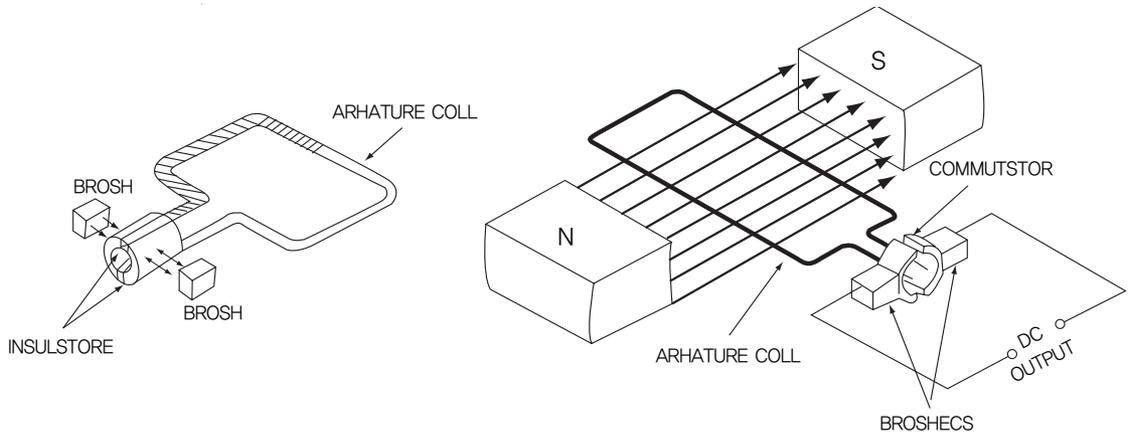


그림 3-57 DC 발전기의 원리도

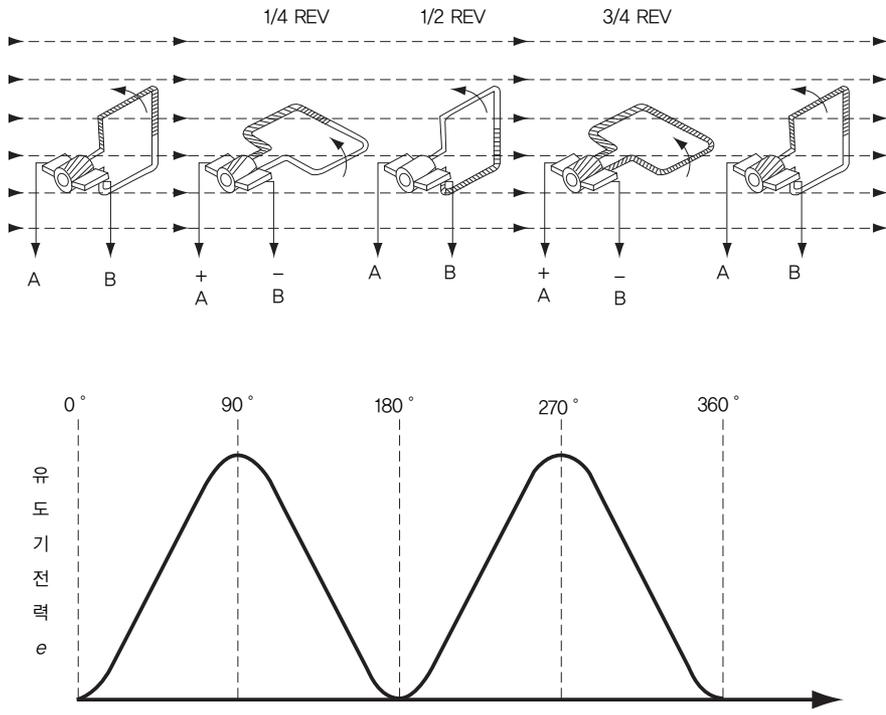


그림 3-58 DC 발전기의 출력파형

## 2 직류 전동기 (DC모터)

### (1) 직류기의 구조와 동작원리

#### 1) 직류기의 구조

직류기란 직류(DC)전기에 의하여 동작되는 모든 기계를 말하나, 대개의 경우 직류 전동기 및 직류 발전기와 함께 DC Machine(Motor와 Generator의 기능을 갖고 있는 직류 회전기)을 뜻하고 있다.

직류기는 자속을 생성시켜 주는 계자(Field), 기전력을 발생하는 전기자(Aumature), 유도된 교류기전력을 직류로 전환해 주는 정류자(Commutator) 및 브러쉬(Brush)와 계자를 지지해 주는 계철 등으로 구성되어 있다.

#### ① 계자 (Magnetic Field)

계자는 그림 3-59의 (a)와 같이 자극과 계철로 되어 있으며, 계자 철심에 계자 권선을 감고 계자 전류를 흘려주면 자극에 자력이 생기게 되고 공극에 필요한 자속을 발생시킨다.

즉 이는 고정자와 회전자를 사이에 둔 공간에 회전기 동작에 필요한 자기장을 확립하기 위한 구조로서 소형의 발전기나 모터에서는 이를 영구자석으로 대체하여 사용하는 경우가 많다.

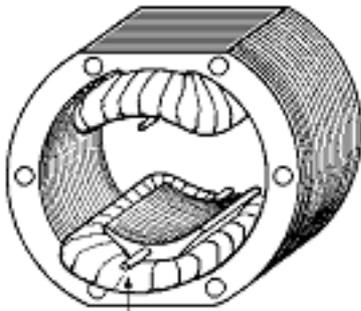
그리고 모터나 발전기에 따라서는 계자수가 2극 이상 다극인 경우가 많다.

#### ② 전기자 (Armature)

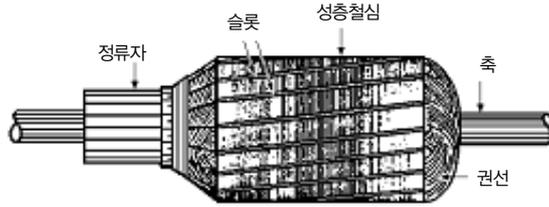
전기자는 자기장 회로를 만드는 성층 철심과 기전력을 유도하는 전기자 권선으로 되어 있으며, 그림 3-59의 (b)와 같이 전기자 철심에는 전기자 코일을 끼워 넣을 수 있는 슬롯이 있어 여기에 전기자 권선을 감아 놓은 것이다.

전기자 철심은 와전류(Eddy Current) 및 히스테리시스(Hysteresis)에 의한 손실을 최소화하기 위해 0.5mm 이하의 얇은 규소강판을 성층하여 제작한다.

모터에서는 정류자를 통해 전기자에 전류를 흘려주면 이 전기자는 회전하게 되며, 발전기에서는 외부의 힘에 의하여 이 전기자를 회전시키게 되면 모터와



철심에 끼워놓은 핀  
(a) 계자 (2-pole)



(b) 전기자와 정류자

그림 3-59 직류기의 구성요소

는 반대로 유도 기전력이 정류자를 통하여 출력하게 된다. 이처럼 발전기에서는 전기자 권선으로부터 출력 전압을 얻기 때문에 모터에서와 같이 기동시 큰 기동 전류를 필요로 하지 않는다. 그러므로 동일 입·출력 전압인 경우 발전기의 전기자 권선은 전동기의 전기자 권선에 비하여 회전수가 많고 가늘게 된다.

### ③ 정류자 (Commutator)

그림 3-59의 (b)와 같이 정류자는 전기자와 함께 하나의 회전자에 일체되어 있으며, 발전기에서의 유도 기전력은 이 정류자와 접속되는 브러시를 통해 출력되며, 반대로 모터에서는 외부 DC 전압이 정류자에 접속되는 브러쉬와 정류자를 통해 전기자 코일에 전류를 흐르게 한다.

정류자는 그림 3-60과 같이 썰기모양의 정류자편과 절연지(운모)로 정류자편 사이를 교대로 끼워 넣어 원통 모양으로 정류자 슬리브에 조립한 것이다.

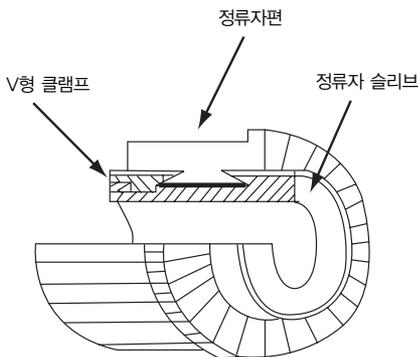


그림 3-60 정류자의 구조

### ④ 브러쉬 (Brush)

발전기에서 발생된 유도기전력을 전기자로부터 뽑아내거나 전동기의 회전자에 전력을 공급해 주기 위해 이용되는 장치로서, 브러시는 정류작용이 잘 되도록 정류자와의 접촉저항이 적당해야 하며, 마찰, 마멸이 작은 것이 이상적이다.

일반적으로 카본(흑연) 브러시가 많이 사용되고 있다.

## 2) DC모터의 동작 원리

DC모터는 플레밍의 왼손 법칙에 따라 전자기장의 에너지를 운동 에너지로 변환해 주는 것인데 회전도체(전기자)가 축을 중심으로 회전운동을 하면 일반적으로 말하는 모터이며, 직선적으로 움직이면 리니어(Linear) 모터라고 한다.

DC모터의 기본구조는 그림 3-61처럼 외측에 고정되어 있는 계자(코일이나 영구 자석)와 내측에서 회전하는 전기자, 그리고 전기자에 일정한 방향의 전류를 공급하여 회전력을 유지하는 정류자로 크게 나눌 수 있다.

계자는 자속을 발생시키기 위한 것으로 대체로 전자석을 이용하지만 최근에는 영구자석을 계자로 이용하는 PM(Permanent Magnet)형 전동기가 소형을 중심으로 이용되고 있다.

전기자는 전기자 철심에 권선을 감은 코일과 전류를 공급하기 위한 정류자(Commutator)가 회전축에 일체형으로 구성되어 회전하고 있으며 중간 중간이 절연된 정류자편으로 구성된 정류자에 외부로부터 전원과 연결된 브러시(Brush)가 접촉되어 전동기의 전기자에 일정한 방향으로 전류를 공급하게 된다.

DC모터의 근본적인 동작 원리는 플레밍의 왼손 법칙에 의해 해석할 수 있으며, 이를 통해 전자기장 내에서 전류의 방향, 자기력의 방향, 힘의 방향이 서로 직교하는 것으로 표현할 수

있는데, 왼손의 중지(가운데 손가락)를 전류의 방향, 검지(둘째 손가락)를 자계의 방향, 엄지를 힘의 방향을 나타낸다고 보면, 3가지의 방향 중에서 한 가지를 알면 나머지의 방향은 손가락을 보고서 알 수 있다.

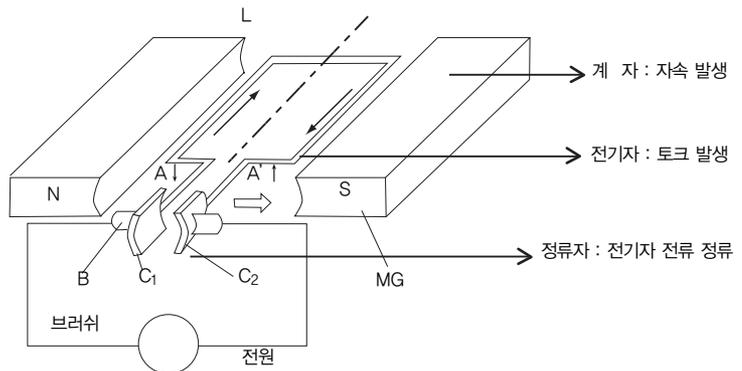


그림 3-61 직류 모터의 구조와 명칭

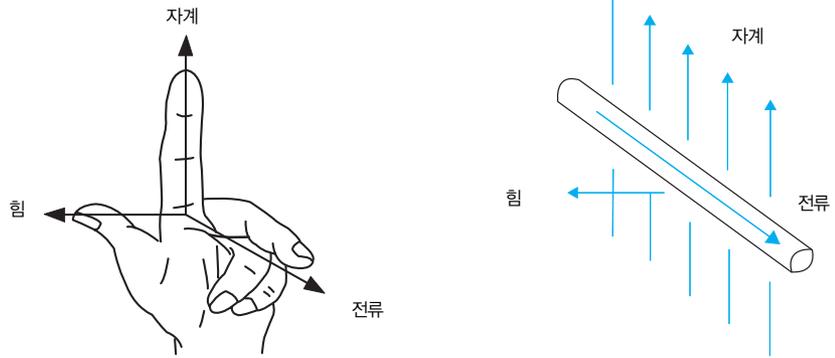


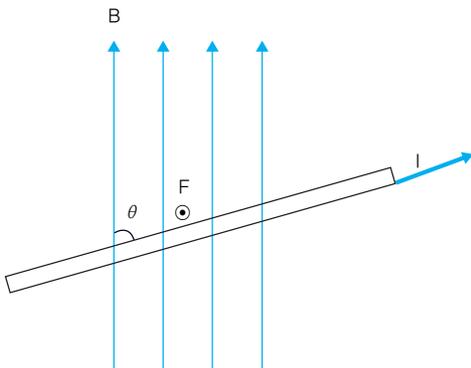
그림 3-62 플레밍의 왼손 법칙(손가락과 코일에서의 힘의 방향)

그림 3-62에 플레밍의 왼손 법칙을 설명하기 위한 그림을 보인다.

### 3) DC모터의 구동력과 운전 특성

근본적으로 자기장 속에서 도체가 놓여있을 때, 이 도체가 어떤 방향으로든지 운동을 하면 도체 내부에는 전류가 유기되어 흐르며(발전기 원리, 플레밍 오른손 법칙 적용), 반대로 도체 내에 전류를 흘리면 특정한 방향으로 힘을 받아 운동(전동기 원리, 플레밍 왼손 법칙)하려고 한다.

이때 플레밍 왼손 법칙에 의하여 발생하는 회전력은 다음의 식과 같은 크기로 결정된다. 자속밀도  $B[\text{Wb}/\text{m}^2]$  주변에 놓인 길이  $l [\text{m}]$  도체에 전류  $I[\text{A}]$ 를 흘리면 발생하는 전자력은  $F = BIl \sin\theta[\text{N}]$ 와 같다.



예) 직류전동기 전기자 코일변의 길이를 30cm, 전류를 10A로 하고 이 코일변에 직각으로 자속 밀도  $1.2\text{Wb}/\text{m}^2$ 인 자극을 가할 때 코일 1변에 가해지는 힘은?

풀이)  $F = BIl = 1.2 \times 10 \times 0.3 = 3.6[\text{N}]$

그림 3-63 플레밍의 왼손 법칙에 의한 전압 변화

그림 3-63에서 자계와 전류가 흐르는 코일이 이루는 각의 수직인 성분만을 취하기 위하여 사인(Sine)값을 적용한다. 이러한 전자기적 원리를 이용하려고 인위적으로 자기장을 형성하고, 도체에 전류를 공급하면 이 도체가 운동을 하는데 이것이 바로 모터의 구동력이 된다.

DC모터의 동작 원리를 그림 3-63을 통하여 살펴보자.

그림 3-63에서 좌변의 코일변에는 플레밍의 왼손법칙에 의하여 반시계방향으로 코일을 회전시키려는 힘  $F$ 가 작용하고 있다. 이 힘  $F$ 에 의하여 코일이  $90^\circ$  회전했을 때 브러시와 정류자의 작용에 의해 코일에 흐르는 전류의 방향이 반대로 되고 이 코일에는 다시 동일한 방향의 힘  $F$ 가 계속해서 작용하여 코일은 반시계방향으로 회전을 계속하게 된다.

위에서와 같이 코일이  $90^\circ$  회전할 때마다 코일에 흐르는 전류의 방향을 반전시켜 동일한 방향으로 힘을 발생시키는 것을 정류(Commutation) 작용이라고 한다.

이러한 DC모터는 일반적으로 속도와 토크는 반비례하나 전기자 전류와 토크는 비례한다. 또한, 일정 전기자 전류 이상 되면 계자의 자속 감소에 의해 발생되는 전기자 반작용으로 의하여 토크는 감소한다.

따라서 모터와 부하의 특성 곡선의 교점이 운전점이 되는 DC모터는 그림 3-64에서 보듯이 안정된 상태로 운전하도록 구성되어야 한다.

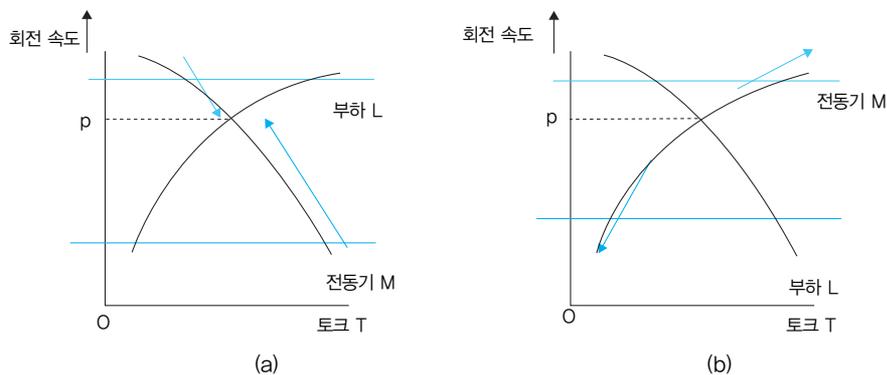


그림 3-64 DC모터의 운전점

그림에서 좌측과 같은 특성을 지닌 모터에서는 P점과 같이 움직이다가 속도가 빨라지면  $T_L > T_M$  이므로 감속하고, 속도가 느려지면  $T_M > T_L$  이므로 가속된다. 하지만 반대의(우측 그림과 같은 특성) 경우에는 속도가 빨라지거나 느려지는 경우 적절한 대처를 하지 못하므로 불안정한 동작을 하게 된다. 따라서 제어용 모터에 있어서는 곡선의 경사와는 관계없이 좌측과 같은 형태가 안정된 운동을 보장 할 수 있다. 즉, 어떤 원인으로 속도가 증가하면  $T_M$ 이 감소하고,  $T_L$ 이 증가하여 속도가 다시 되돌아 올 때 안정된 동작을 갖게 된다.

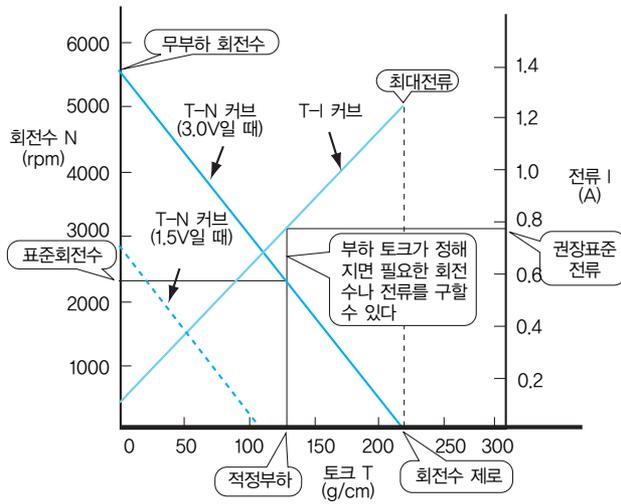
## (2) 직류 전동기 특성

모터의 종류는 사용하는 전원에 따라 직류(DC) 모터와 교류(AC) 모터로 구분되며, 정밀한 고급의 제어를 위해 사용하는 것에는 스테핑 모터, 서보 모터 등이 있는데, 여기서는 모터의 성질을 잘 알 수 있고 지능형 로봇과 같이 인간 친화적인 로봇에 주로 이용되고 있는 직류 모터(DC Motor)에 대하여 설명한다.

DC모터란 고정자로 영구자석을 사용하고, 회전자(전기자)로 코일을 사용하여 구성한 것으로, 전기자에 흐르는 전류의 방향을 전환함으로써 플레밍의 왼손 법칙에 따른 힘(자력)에 의하여 회전력을 발생시키는 간단한 기계 장치로 회전 제어가 쉽고, 제어용 모터로서 아주 우수한 특성을 가지고 있다.

일반적으로 로봇의 관절 운동을 제어하는데 뿐아니라 모형 자동차, 무선 조정용 장난감 등을 비롯하여 여러 방면에서 가장 널리 사용되고 있는 모터이다.

DC모터는 구동하는 방법이 간단하며 단순한 구조로 되어 고장 등의 위험성이 적으며, 수리가 용이한 장점 이외에도 그림 3-65와 같은 우수한 제어 특성을 보인다.



### 〈모터의 시방 예〉

전원 전압	$E_b = 12V$
모터내부저항	$R_a = 10\Omega$
역기전압	$E_c = 2V(\text{at } 1000\text{rpm})$
무부하전류	$I_a = 0.1A$
토크정수	$K_t = 200\text{g} \cdot \text{cm}/(\text{at } A)$
토크	$T = K_t \cdot I_a$

그림 3-65 DC모터의 특성 곡선

## 1) 모터의 전류와 회전수 산출법

- 토크 정수를  $K_t$ 로 하면  $T = K_t \cdot I_a$
- 모터에 흐르는 전류  $I_a = T/K_t$
- $100\text{g} \cdot \text{cm}$ 의 부하 회전 시 전류  $I_a = \frac{100\text{g} \cdot \text{cm}}{200\text{g} \cdot \text{cm}/A} = 0.5A$
- 무부하시  $0.1A$  전류 흐르고 있으므로  $0.6A$ 의 전류 흐름
- 회전수는 역기전압과 비례  $\therefore E_{c(N)} = E_b - R_a \cdot I_a = 12 - 6 = 6V$
- 모터의 시방의 역기 전압과 맞추면  $N = \frac{E_{c(N)}}{E_c/1000} = \frac{6}{2} \times 1000 = 3000\text{rpm}$

모터의 특성은 이상과 같이 계산에 의해 구해지기도 하지만 그림 3-65와 같은 T-N, T-I 곡선을 통해 구할수도 있다. 즉, 계산에 의하지 않고 위 특성을 이용하여 구하기도 한다.

## 2) DC모터의 특징

DC모터는 다음과 같은 특징이 있다.

- ① 기동 토크와 부하에 대한 적응성 크다.(토크 효율 좋다)

- ② 인가전압에 대하여 회전특성이 직선적으로 비례한다.(속도 제어 용이하다)
- ③ 입력 전류에 대하여 출력 토크가 직선적으로 비례하며 출력 효율이 양호하다.
- ④ 정류자와 브러시가 있기 때문에 정기적인 보수 점검이 필요하다.
- ⑤ 광범위한 속도 제어가 용이하며 속도 제어를 하는 경우에도 효율이 좋다.
- ⑥ 교류 전동기보다 고가이다.
- ⑦ 정류 및 기계적 강도 때문에 고전압화 고속화에 제한된다.
- ⑧ 불꽃이 생길 수 있어 통신 방해 노이즈가 생긴다.

하지만 이와 같은 DC모터는 정류기구의 기계적 접촉에 따른 다음과 같은 결점이 있다.

- ① 마찰, 습동음 등이 발생한다.
- ② 스파크에 의한 접점 용착이 발생한다.
- ③ 전기 잡음이 크다.

이와 같이 DC모터는 광범위하고 높은 정밀도의 속도 제어가 가능하며, 또한 여자방식에 따라 다른 특성이 나타나기 때문에 부하에 대한 적응성이 뛰어나며 시동 토크가 커서 가변속 제어나 큰 시동 토크가 요구되는 시스템에 사용된다.

또 시동, 가속 토크를 임의로 선택할 수 있어 토크 효율이 좋지만 정류자를 가진 구조이기 때문에 고속화나 고전압 입력의 경우에 제한이 있다.

### 3) DC모터의 특성 곡선

그림 3-65에 나타내고 있는 각종 그래프(특성 곡선)를 통해 DC모터가 지니고 있는 동작에 따른 다음과 같은 상호 관계를 알 수 있다.

#### ① T-I 특성(토크 대 전류)

전기자에 흐르는 전류에 비례하여 비교적 직선적으로 토크가 변화한다.

즉, 전류가 적게 흐르면 토크가 작으므로 큰 힘이 필요한 때는 전류를 많이 흘리면 되는 것이다.

## ② T-N 특성(토크 대 회전수)

토크와 회전수는 거의 직선적으로 반비례한다.

이것에 의하면 부하가 큰 경우에는 모터의 속도가 느려지게 되는데 이 경우 모터를 빨리 회전시키기 위해서는 전류를 많이 흘려야 한다. 또한 인가되는 전압에 대해서 회전속도는 비례하는데 그림 3-65에서와 같이 T-N 특성이 전압에 따라서 평행하게 이동하는 그래프로 된다. 이들 2가지 특성(T-I 및 T-N)은 서로 연동하고 있기 때문에 회전수, 전기자 전류, 토크 등 3가지 요소는 이 그래프에서 상호 관계를 지을 수 있다. 즉, 이들 특성에서 알 수 있는 것은 회전수나 토크를 일정하게 제어를 하려는 경우에는 관련된 변수인 전류 값을 이용하여 회전수와 토크를 제어할 수 있다는 것이다.

이는 아주 간단한 제어회로나 단순한 제어방식으로 구현할 수 있는 것이므로 일반적으로 DC모터는 제어하기 쉽다고 하는 이유가 여기에 있는 것이다.

간략하게 다시 정리하면 DC모터의 토크는 자속과 전기자 전류의 곱에 비례하며 회전수는 거의 전기자 전압에 비례하고 자속에 반비례한다.

## (3) 직류 전동기의 종류

모터의 종류는 앞에서 살펴본 것과 같이 사용되고 있는 분야가 넓은 만큼 그 종류도 매우 다양하다.

모터를 분류하는 방법은 전원의 종류, 구조, 동작원리, 용도, 동작형태 및 토크 발생 원리 등으로 나누어 살펴볼 수 있는데 이외에도 크기에 의한 분류 방법도 한 범주에 속하는 구분 방법이다.

크기에 의한 모터의 구분을 예로 든다면 크기에 의한 모터 종류의 구분은 출력 파워 즉, 동력에너지에 따라 구분하는 것과 마찬가지로 생각할 수 있는데 왜냐하면, 아주 잘못된 설계를 하지 않는 한 형상이 큰 대형 모터는 출력 파워도 크기 때문인데, 만약 모터의 크기가 대형이라도 출력 파워가 작으면 소형모터로 구분하는 것이 관례이다.

이러한 DC모터는 전기자 회로와 계자 회로의 접속방법에 따라 위에서 언급



그림 3-66 여자 방식에 따른 DC모터의 종류

한 기본특성이 조합되어 여러 가지 특성을 나타내는데, DC모터는 여자 방식에 따라 그림 3-66처럼 나뉜다.

DC모터에서 고정 부분은 계자 권선으로 직류를 흐르게 하여 여자시켜 전자석으로 되는데, 이것을 자극이라고 한다. 또한 회전 부분은 철심과 이 철심에 있는 슬롯(Slot)에 넣은 코일과 전원

에서 보내지는 직류를 교류로 바꾸어서 보내는 작용을 하는 정류자(整流子) 등으로 구성되어 있는데, 이 회전 부분 전체를 전기자라고 한다. DC모터는 계자 권선의 전류(여자전류)가 어떤 형태로 보내어지는가에 따라서 타여자, 분권, 복권, 직권 등 4종류로 나눌 수 있다. 자려식과 타려식 DC모터의 구분은 전기자 권선과 계자 권선이 동일한 전원에 연결되어 있느냐, 별개의 전원을 사용하고 있느냐에 의하여 나뉘며, 자려식은 또 다시 직권, 복권, 분권형으로 나뉜다.

이들 종류별 모터 내부 권선의 연결 방법에 있어서의 차이점과 특징을 차례로 살펴보기로 하자.

■ 여자전류

자기장을 만드는데 흐르는 전류

1) 권선 방식에 따른 모터의 종류

① 자려식 DC모터

전기자 권선과 계자 권선이 동일한 전원에 접속되어 있는 DC모터로 연결 방법에 따라 3가지로 구분된다.

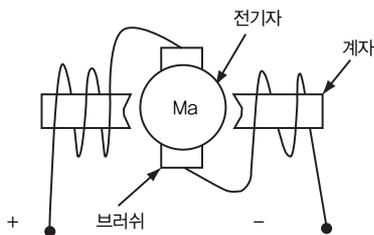


그림 3-67 직권 DC모터

● 직권 DC모터

전기자 권선과 계자 권선이 직렬로 접속된 형태로 그림 3-67과 같은 모양이다. 이 모터는 부하의 변동에 회전수 변화가 크며 기동시 큰 힘이 필요한 경우에 사용된다.

● 분권 DC모터

전기자 권선과 계자 권선이 병렬로 접속된 형태로 그림 3-

68과 같은 모양이며, 부하 변동에 회전수 변화가 적어 제어 용으로 우수한 모터이다.

● 복권 DC모터

전기자 권선과 직권 및 분권 계자 권선을 가진 형태로 그림 3-69와 같은 모양이며, 직권과 분권의 중간형으로 모터의 회전 중에 변동을 억제하고자 할 때 사용한다.

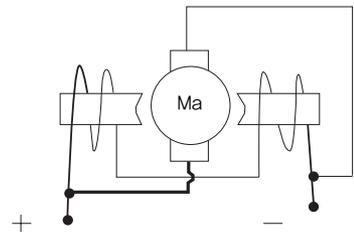


그림 3-68 분권 DC모터

② 타력식 DC모터

전기자 권선과 계자 권선이 분리되어 있고 여자 전류를 별도의 독립된 전원으로

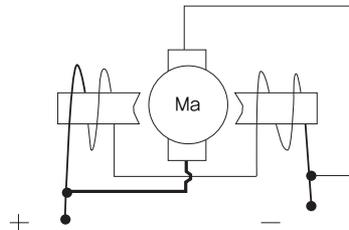


그림 3-69 복권 DC모터

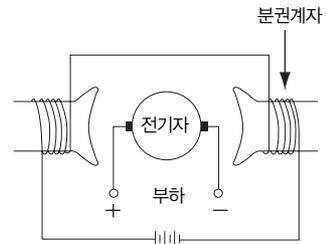


그림 3-70 타력식 DC모터

DC모터를 말하며 그림 3-70에 이를 나타내었다.

권선방식에 따른 모터의 특성은 표 3-11과 같이 나타낼 수 있다.

표 3-11 권선 방식에 따른 모터의 특성

구분	시동 특성 및 종류	속도 특성 및 이용
타여자	· 시동 토크 중간 (2.5 - 3.5배) · 전기자 전압 제어에 의해 시동, 정지	· 속도 제어가 용이하다
직권	· 시동 특성 크다 (4-5배) · 시동 장치 필요 · 무부하시 회전자가 원심력에 의해 파괴 될 수도 있다.	· 경부하 고속, 중부하 저속 · 속도 변동률은 크다 · 전차, 기중기 등과 같은 하역 기계에 사용 (출력 일정 : T×N)
분권	· 시동 저항기를 이용하여 시동	· 속도 변동을 적음 (정속도 전동기) · 권선기에 이용
복권	· 평 복권 · 화동 복권 · 차동 복권	· 시동 토크는 분권보다 크고 속도 변동률이 직권 보다 적다

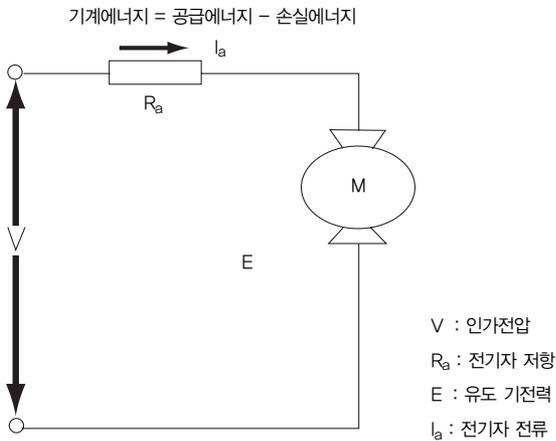


그림 3-71 모터의 등가 회로

### ③ 권선 방식에 따른 모터 특성

모터의 특성을 살펴보기에 앞서 우선 DC모터의 등가회로를 통해 기본적인 개념을 알아보자. 변환 전력이라 하는 것은 기계적인 에너지를 의미하는 것으로서 그림 3-71과 같은 회로를 통하여 살펴보면 아래와 같이 표현된다.

$$E = V - R_a I_a$$

$$E \cdot I_a = V \cdot I_a - R_a I_a^2$$

여기서  $E \cdot I_a$ : 기계 동력으로 변환 되는 전력

$V \cdot I_a$ : 전기자 입력 전력

$R_a I_a^2$ : 전기자 회로 저항손(동손)

$$P_m = E \cdot I_a$$

이것은, 전기자 발생 토크  $T$ [Nm], 회전각속도  $\omega = 2\pi n$ [rad/s]일 때 회전체(전기자)의 공률  $T\omega$ 와 같다

즉, 
$$P_m = T\omega$$

$$\therefore E \cdot I_a = 2\pi n \cdot T$$

그러나 실제의 전동기 출력은 다음의 식으로 표현된다.

$$P_0 = P_m - (\text{회전체 기계손} + \text{전기자 철심의 철손})$$

이상에서 언급한 기본적인 공식과 약어의 사용을 통해 여자 방식에 따른 DC 모터의 특성을 살펴보자.

#### ● 영구 자석 방식 특성

영구 자석 방식에서는 고정자인 자석에 의하여 자계가 형성되므로 계자 자속이 일정하다. 따라서 전기자의 단자 전압을 조정하여 속도 조절이 가능한데 부하의 대소에 따라 전기자 전류, 발생 토크, 회전 속도 변화가 있음을 유념하여야 한다.

영구자석 방식의 모터에 일정한 전압을 인가하고 부하를 증가시키면 변환 전력  $P_m$ 이 증가( $P_m = E \cdot I_a$ )하고, 전기자 전류  $I_a$ 도 증가한다. ( $E \cdot I_a = V \cdot I_a -$

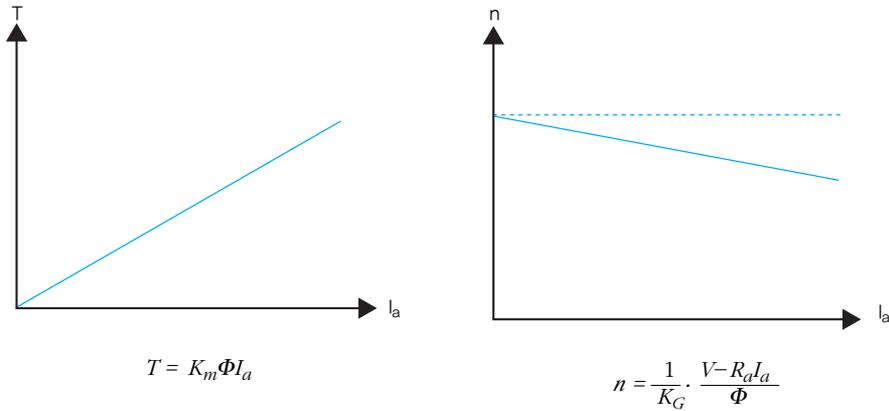


그림 3-72 영구자석 방식의 모터 특성

$R_a \cdot I_a^2$  이를 그림으로 나타내면 그림 3-72와 같으며 여기서 전기자 전류  $I_a$ 가 증가하면 회전수  $n$ 은 감소하는 것을 알 수 있다.

이를 근거로 영구자석 방식에서의 속도-토크 특성을 살펴보자. 회전수와 토크는 반비례 관계에 있는데 실제로는 전기자 반작용에 의해  $T$  증가시 회전수 감소가 조금 더 커지게 되는데 여기서 전기자 반작용이란 전기자 전류  $I_a$ 가 계자에 의한 자계에 마이너스(-) 효과를 주는 것을 말한다.

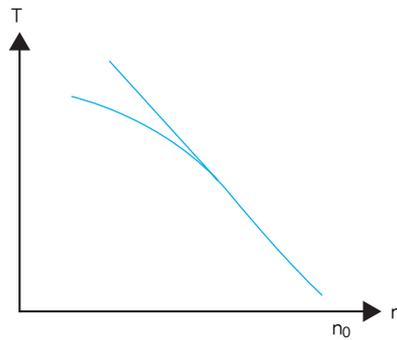


그림 3-73 속도-토크 특성

이들의 관계를 그림 3-73에 나타내었다. 그림에서 기울기에 해당하는 구배(변화율)은 다음의 식으로 표현된다.

$$\frac{\Delta T}{\Delta n} = -\frac{K_G K_M}{R_a} \Phi^2$$

이 식에 따르면 변화율은 계자 자속의 제곱( $\Phi^2$ )에 비례하고, 전기자 저항( $R_a$ )에 반비례하는 것을 알 수 있다.

● 타여 방식의 특성

이 방식에서는 계자 전류를 조정하여  $\Phi$  값을 광범위하게 변화시킬 수 있는 것으로  $\Phi$ 를 고정한 경우에는 영구 자석 방식과 동일한 특성을 나타내게 된다.

타여자 방식 모터의 몇 가지 특성을 그림 3-74와 그림 3-75에 나타내었다.

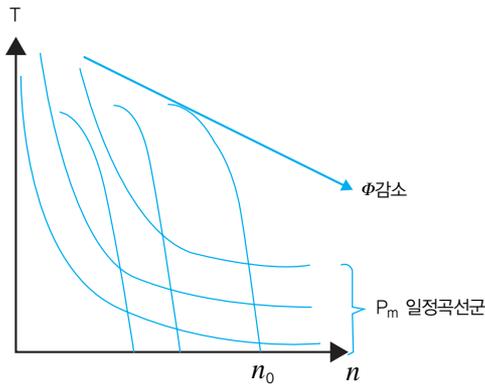


그림 3-74 자속변화에 따른 속도 특성

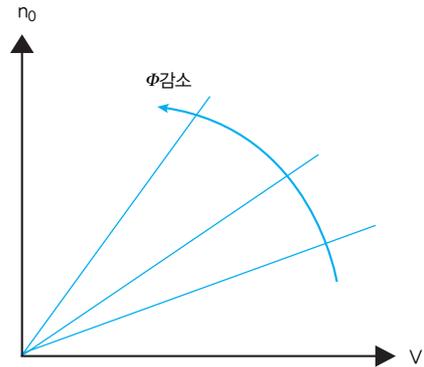


그림 3-75 무부하시 속도-전기자 특성

타여자 방식의 모터가 광범위한 속도 제어가 가능한 것은 다음의 식을 통하여 알 수 있다.

$$n_0 = \frac{1}{K_G \Phi} \cdot V$$
 에서  $\Phi$ 가 0에 가까워지면  $n_0$ 는 이론적으로 무한대에 가까운 정도로 매우 커짐을 알 수 있다.

④ DC모터의 제어

이상에서는 모터의 권선 방식에 따른 모터의 속도 변화에 대하여 살펴보았는데 여기에서는 모터 속도를 측정하는 방법과 속도제어를 위해 필요한 모터 위치 검출 및 속도에 대한 제어 방법을 알아본다.

● 속도 검출 방법

모터 유기 전압 측정

- 회전 속도에 비례

- 단자 전압 - 권선 전압 - 브러시 전압
- 정도 좋지 않다(DC모터의 간단한 속도제어)

#### ● 속도 발전기 이용

- 교류와 직류 있음
- 회전수에 비례한 전압 발생
- 가장 많이 쓰임
- 고정도용은 영구자석의 온도 특성 고려

#### ● 펄스제너레이터 이용

- 속도에 비례한 전압 신호
- 저속에서 리플 문제
- 온도 영향 없다
- 고정도용(디지털 제어)

## 2) 역기전압의 측정

모터에서는 실제로 발전기에서의 유기전압과 같은 전압(역기전압)이 회전속도에 비례하여 발생하고 있는데 이를 측정하는 방법이 간단하지는 않다.

예를 들어 모터에서 발생하고 있는 역기전압을 측정하기 위해 전원단자에 측정기를 부착하여도 공급되고 있는 직류 전압만 볼 수 있을 뿐 역기전압을 볼 수는 없다.

역기전압을 관찰하기 위해서는 약간의 기술적인 부분이 필요한데 그림 3-76을 통해 역기전압의 발생을 볼 수 있다.

회로에서 S/W1을 CW측(시계 방향 회전)에 놓으면 그림 3-77의 위쪽에 있는 것과 같은 반파 정류 파형이 모터에 인가되어야 하는데, 실제로는 그림 3-78과 같이 기준 레벨이 0V보다 위쪽에 형성됨을

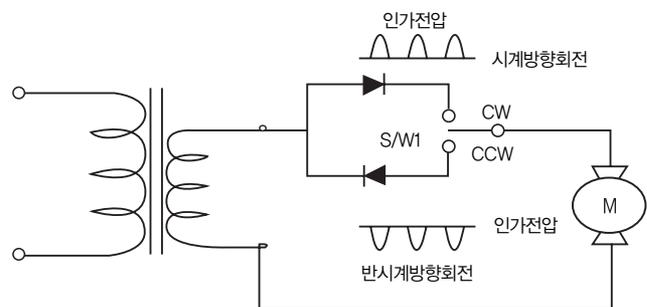


그림 3-76 역기전압의 측정

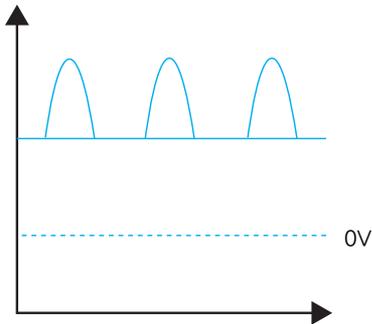


그림 3-77 실제의 역기전압(회전시)

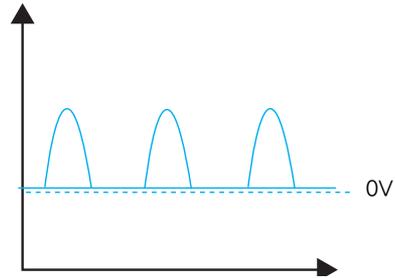


그림 3-78 큰 부하시의 역기전압

알 수 있는데 이것이 바로 역기전압에 의한 결과이다.

시계 방향으로 회전하고 있는 지금 이 형태의 파형은 통전시(반파) 파형이 모터에 나타나고 공급 전압이 0V일 때는 모터가 관성에 의한 회전을 진행하고 있으며 이때의 회전은 일종의 발전기로 작용하여 역기전압을 발생한다.

이를 명확하게 알 수 있는 방법은 모터에 부하를 가하여 역기전압을 관찰해 보는 것인데 그림 3-78은 모터 정격 이상의 과부하를 인가하였을 경우의 파형을 보인다.

그림 3-78에서 보면 즉, 정격 이상의 부하를 인가한 경우의 역기전압 파형을 보면 모터의 회전수가 매우 낮아 역기전압 발생이 없음을 GND 레벨로 안정된 부분을 통해 인식할 수가 있는 것이다. 결국 모터 역기전압은 모터가 정지된 경우에는 0V이고, 회전수가 빨라지면 높은 전압을 발생하고 있음에서 알 수 있듯이 역기전압과 모터의 회전수와는 비례 관계가 성립된다.

여기서 우리는 모터의 속도에 따른 역기전압의 발생을 살펴보았는데 역으로 역기전압을 안다면 모터의 속도도 측정할 수 있게 되는 것이다. 이외에도 모터의 속도를 측정하는 방법에는 표 3-12와 같은 것들이 있다.

모터의 회전 속도를 검출하고 제어하는 것만큼 중요한 것이 모터의 위치를 아는 것인데 이를 위해 필요한 것으로는 첫째, 가변저항기 원리를 이용하여 간단하게 전압 신호를 발생하는 포텐서미터 (Potentiometer)가 있는데 이것은 고정도 위치제어에 이용되기는 어렵다. 둘째, 일명 엔코더 (Encoder)라 불리는 것으로 직선형/회전형, 증가형/절대형 등으로 구분되며 광학식, 자기식, 브러시

식으로 구성되는 펄스제너레이터(Pulse Generator)가 있다. 셋째, 권선형 동기 발전기와 유사한 구조로 되어 있으며, NC의 위치검출기로 많이 이용되는 리졸버 (Resolver)가 있는데 브러시리스화로 신뢰성이 향상된 종류도 있다. 넷째, 아주 간단한 구조의 위치 검출 요소의 하나인 마그넷 스케일(Magnet Scale)은 규칙 있게 착자된 자석과 검출헤드의 자기 결합 상태로 모터의 위치를 확인한다.

표 3-12 DC모터의 속도 제어 방식

구분	제어 방식	특징
DC Motor 속도 제어	전압 변경	· 제어 회로를 간단하게 구성 · 저속 제어 경우 전력 사용 효율 나쁨
	PWM 방식	· 펄스 폭 변조 (Pulse Width Modulation)에 의한 구동 전압 변화 · 모터 구동전원을 일정 주기로 On/Off 하는 펄스의 duty비(On/Off 시간 비) 변화로 실현
	초퍼 방식	· DC to DC 전압 변환기 사용 제어 · Switching Regulator로 불리며 DC모터와 스테핑 모터의 속도 제어에 사용
	PLL(Phase Lock Loop) 제어	· 속도지령에 펄스 사용(고정도 : 0.002%) · DC모터와 브러시리스 모터에 적용

### 3) 직류 모터의 회전수 변경

직류 모터를 우리의 주변 생활이나 생산성 있는 산업에 적용하는 범위는 대단히 광범위한데 다양한 종류와 형태로 모터에 부가되는 부하 (엘리베이터, 차량, 청소기 등)의 종류에 따라 회전수가 변하면 제어가 용이하지 않거나 자동화 시스템이 지닌 추종성의 개념과는 불합리하므로 회전수를 조정할 필요가 있다.

몇 가지 간단하게 직류 모터의 회전수를 변경하는 방법에 대하여 살펴보자.

#### ① 저항에 의한 방법

그림 3-79에 저항에 의한 속도 조절 방법을 나타내었는데 왼쪽의 회로를 보면

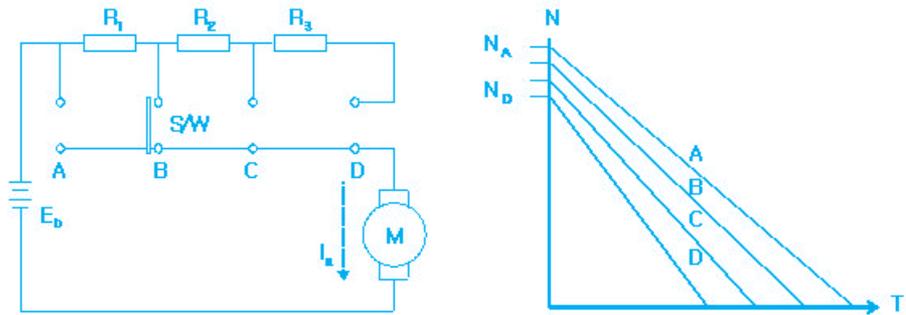


그림 3-79 저항에 의한 속도 조절 회로 및 T-N 특성

스위치를 A에 위치하였을 때 전기자 전류가 가장 많이 흘러 토크와 속도 모두가 크고 빠른 상태가 되며 B, C, D의 위치로 갈수록 토크가 작아지고 회전수도 느려지는 결과로 나타나게 된다.

이 방법의 특징은 저항이 증가하면 T-N커브 경사가 급해져 수하 특성에 의해 회전수에 대한 토크의 변화가 적지만 대체로 전기자 전류가 작아 전반적으로 토크가 떨어지며, 무부하시 저항에 의한 전압강하 적어 회전수 변화 적은 것이 특징이다.

### ② 다이오드에 의한 변화

저항에 의한 방식은 무부하시 저항 값의 분포에 따라 초기 속도가 달라지는 경향이 있는데 다이오드를 이용하면 스위치 위치에 따른 초기 속도의 변화가 비

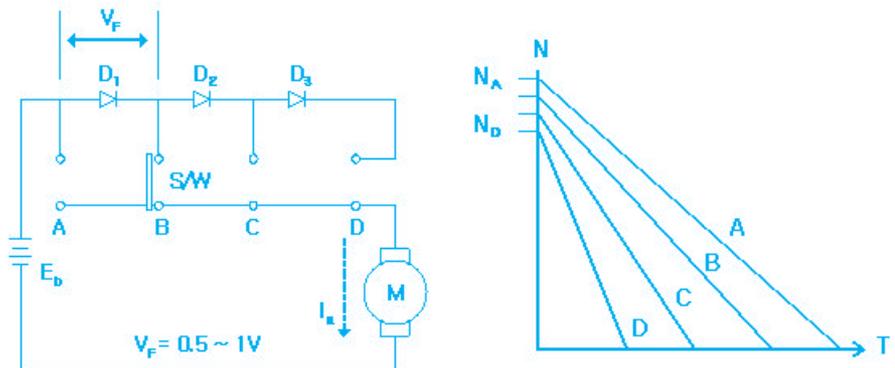


그림 3-80 다이오드를 이용한 속도 조절 회로 및 T-N 특성  
 그림 1-10 감시용 로봇

속하게 일어나게 된다. 그림 3-80은 다이오드를 이용하는 경우 회로와 속도-토크 특성 곡선을 보인다.

### ③ 전류 증폭 트랜지스터에 의한 변화

앞에서 논의한 두 가지 방법은 스위치의 위치 변화에 따라 속도-토크의 특성 곡선의 기울기가 변화하였다. 이는 회전 속도와 토크간에 변화하는 비율이 스위치의 위치에 따라 달라짐을 의미하는데, 이러한 점을 보완 한 것이 그림 3-81에 보인 트랜지스터를 이용한 방법이다.

트랜지스터의 베이스 전류를 스위치 전환시 연결되는 다이오드를 통해 일정하게 제어하면 트랜지스터로부터 일정한 전류가 모터로 공급되는 원리를 이용한 것이다.

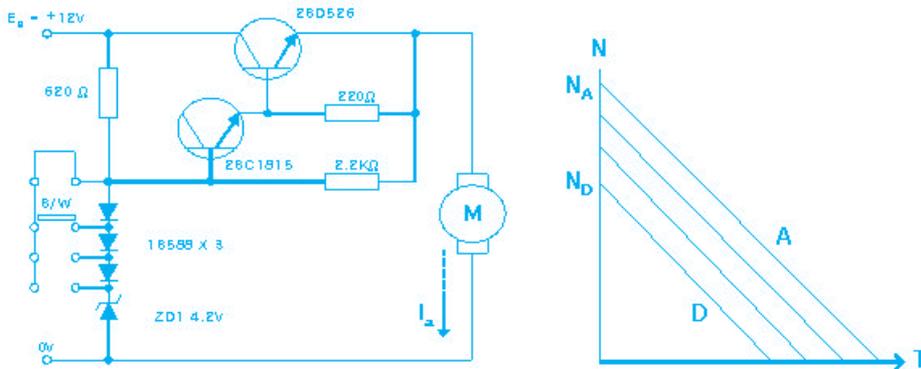


그림 3-81 트랜지스터를 이용한 속도 조절 회로 및 T-N 특성

이렇게 트랜지스터를 이용하여 모터 속도를 제어하면 다이오드의 순 방향 전압에 의한 변화가 없으며 스위치 변환에 따른 T-N 특성이 평행 이동하게 된다.

### ④ 가변 저항에 의한 연속 변화

앞에서 설명한 트랜지스터에 의한 속도 조절 방법은 스위치에 따라 불연속적으로 가변(탭 위치에 따라 변화, 스위치 단수에 따름)되는 성질이 있지만 이를 그림 3-82처럼 변경하면 무단으로 (연속적 가변)속도를 변화시킬 수 있게 된다.

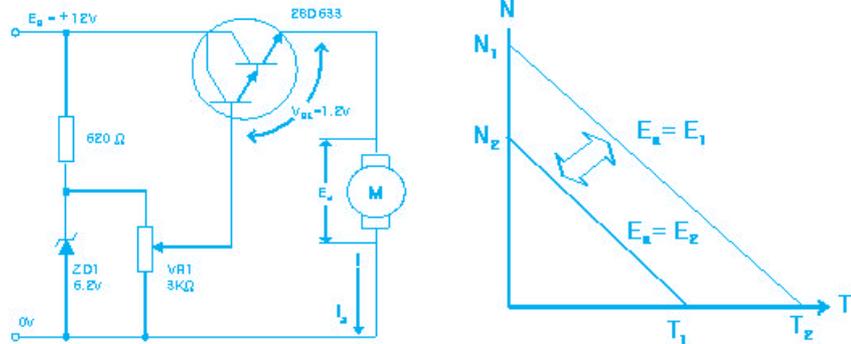


그림 3-82 가변 저항에 의한 속도 조절 회로 및 T-N 특성

이것은 제너 다이오드를 이용하여 회로에 공급되는 전압을 안정화된 전압을 이용한 것으로 가변저항의 변화에 의해 평행적으로 T-N 특성이 변화하며, 다링톤 트랜지스터 형태인 파워 트랜지스터 VBE(베이스-에미터간의 전압)의 온도 특성이 모터 전압  $E_a$ 에 영향을 준다.

### 3 유도 전동기의 원리 및 구조

#### (1) 원리

그림 3-83에 유도 전동기의 원리를 설명하기 위한 아라고 원판 (Arago's Disk) 을 보인다.

그림에서와 같이 알미늄 원판의 주변을 따라 화살표 방향으로 영구자석을 움직이면 영구자석의 N, S극 사이에 있는 원판에 프레밍의 왼손 법칙에 의한 맴돌이 전류가 흐르게 된다.

이 전류는 자석의 N, S극 사이의 자장 내에서 흐르므로 알미늄 원판에 전류가 흐르는 부분에는 프레밍의 왼손 법칙에 따라 자석의 이동방향과 같은 방향의 힘(F)이 발생하게 된다.

따라서 원판은 자석이 이동하는 방향으로 끌려서 회전하게 되며, 이와 같은

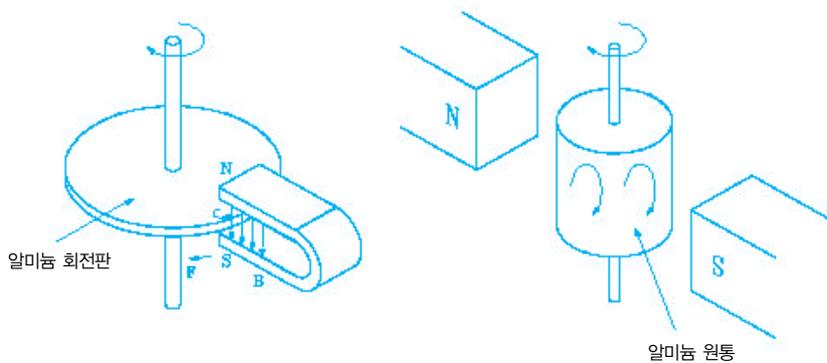


그림 3-83 전자(電磁) 유도 작용

현상은 알루미늄 원통에서도 같게 나타난다. 즉, 자석을 회전시키면 원통 도체에는 전압이 유도되고 와류가 생기는 동시에 이 와류와 자속사이엔 힘이 작용한다. 이 힘에 의해 원통은 자석의 이동방향에 따라 회전하게 된다.

이와 같은 원리에 의하여 회전하는 전동기를 유도 전동기라 한다. 실제 유도 전동기에서는 자석을 움직여서 회전 동력을 얻는 것이 아니라 전기적인 방법에 의하여 회전 자장을 발생시켜 회전력(Torque)을 얻게 한다.

## (2) 회전 자장

유도 전동기의 회전자가 큰 회전력으로 회전하려면 자석이 기계적으로 회전하는 방식이 아닌 전기적으로 회전하는 회전 자장이 반드시 필요하다. 이는 전동기의 운전권선과 기동권선간에 전류 최대 위치의 위상차가 있게 하므로 기동 회전 자장을 얻을 수 있게 한다.

즉, 기동권선과 저항을 직렬 연결하면 기동권선 전류의 최대는 운전권선 전류보다 약간 앞서게 되며 이로 인해 회전자는 기동자극에서 주자극 방향으로 회전하게 된다.

이 회전 자장에 의한 회전속도를 동기 속도라 하며 전동기의 동기 속도는 주파수에 비례하고 고정자의 극수에 반비례 한다. 이를 식으로 표시하면

$$Ns [\text{rpm}] = \frac{60}{2} \cdot f = \frac{120f}{P} [\text{rpm}] \text{ 이다.}$$

### (3) 유도 전동기의 구조

3상 유도 전동기의 주요부분은 회전 자장을 만들기 위하여 필요한 3상 권선을 감은 고정자(Stator)와 회전 자장에 끌려서 회전하는 회전자(Rotor)로 되어 있다.

#### 1) 고정자

고정자는 철심, 프레임, 권선 등으로 구성되어 있다.

고정자 철심은 얇은 규소 강판상에 반개구 슬롯(Semiclosed Slot)을 만든 후에 성층한다. 이 철심은 주철 또는 강판으로 제작된 프레임속에 고정하며, 슬롯 속에는 절연동선으로 운전권선과 기동권선을 보통 2층권으로 감는다.

#### 2) 회전자

회전자는 철심(Core), 축(Shaft), 권선(Winding)의 세가지 주요 부품으로 이루어져 있다.

회전자는 일반적으로 구조에 따라 농형과 권선형 회전자로 나눈다.

##### ① 농형 회전자(Cage Rotor)

농형 회전자는 그림 3-84의 (a)처럼 회전자가 하나의 다람쥐 쳇바퀴처럼 되어 있다. 즉, 많은 얇은 철판 코어가 겹쳐져 원통형으로 되어 있고 그 외부에 슬롯이 있어 여기에 그림 3-84의 (b)와 같은 알미늄 주물이 마치 끝이 솟트(Short)된 도체 막대들로 둘러싸여 있는 구조로 되어 있다.

그림 3-84의 (c)는 철심의 홈에 알미늄 대신 굵은 동선을 넣어 양쪽의 엔드링에 의해 양끝을 단락시켜 만든 회전자의 구조를 보여주고 있다.

보통 농형 회전자는 동선을 사용하나 알미늄을 녹여 부어 만드는 다이캐스팅 방법도 널리 쓰이고 있다. 유도 전동기의 회전자 홈이 회전자 축(Shaft)에 평행

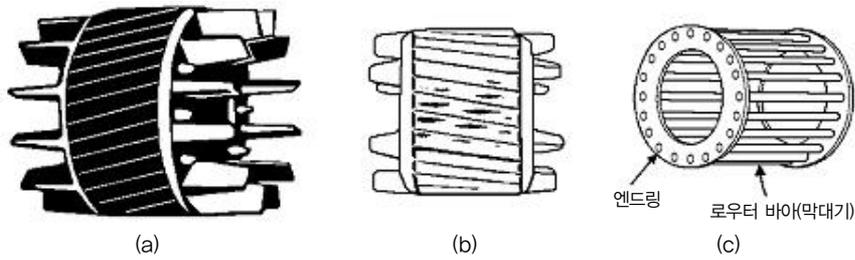


그림 3-84 농형 회전자의 구조도

하지 않고 1홉 피치씩 비틀어져 있는데 이것을 스쿼드 슬롯(Skewed Slot)이라 하며, 이는 소음 발생을 억제시키는 효과가 있다.

## ② 권선형 회전자(Wound Rotor)

권선형 회전자는 고정자에 권선과 같이 3상 권선을 배치한 것으로 소형일 경우에는 고정자 권선과 같이 2층권으로 감지만 7.5[kW] 이상이 되면 평각동선을 사용하여 3상 결선으로 한다. 3상 권선과의 접속은 원형의 슬립링을 사용하고 이 슬립링에 접촉되어 있는 브러시를 통하여 바깥쪽에 있는 기동 저항기와 접속되어 있다. 이와 같이 권선형 회전자는 구조가 복잡하고 운전도 까다롭다. 그리고 효율은 농형에 비하여 떨어지나 큰 부하를 연결하고도 기동이 가능하며 속도 조정이 자유롭다는 장점이 있다.

## (4) 유도 전동기의 종류

유도전동기를 여러 가지 유형에 맞추어 구분하면 표 3-13과 같다.

표 3-13 유도 전동기 종류

구분 사항	모터 종류
상(Phase)수에 따라 구분	3상 유도 전동기 단상 유도 전동기
회전자의 구조에 따라 구분	농형 유도 전동기 권선형 유도 전동기
겉모양에 따라 구분	개방형 유도 전동기 반 밀폐형 유도 전동기

보호 방법에 따라 구분	방진형, 방적형, 방수형, 방폭형 등
통풍 방법에 따라 구분	자기 통풍식 타력 통풍식
절연 재료에 따라 구분	A종, B종, E종

## (5) 유도 전동기의 이론

### 1) 회전수와 주파수

#### ① 슬립(Slip)

회전자의 속도가 동기속도에 근접하게 되면 자속이 도체를 끊는 횟수가 줄어들고 그 결과 유도 기전력(회전자 전류)이 감소하기 때문에 회전력도 줄어든다.

만일, 회전자 속도가 회전 자장의 속도(동기속도)와 같다면 자속은 도체를 끊을 수 없게 되어 도체의 유도 전류는 “0”이 되어 토크는 발생하지 않는다. 유도 전동기가 일정한 토크를 발생하기 위해서는 회전자가 항상 동기속도보다 속도를 늦게 하여 슬립(Slip) 속도를 갖게 하여야 한다.

슬립(Slip) 속도 = 동기속도 - 회전속도

$$\text{슬립율 } S = \frac{\text{슬립속도}}{\text{동기속도}} \times 100 [\%]$$

즉, 전동기가 정지시  $S=1$  (100%)이고 동기 속도로 회전한다면  $S=0$  (0%)가 된다.

#### ② 회전자 주파수

회전자에 흐르는 전류의 주파수는 회전자장과 회전자의 상대 속도에 따라 비례한다. 회전자 주파수 = 슬립율  $S \times$  전원 주파수 [Hz] 이며 정격속도에서 회전자 주파수는 1.5~3 [Hz]정도이다.

#### ③ 유도 기전력

회전 자장을 만들기 위하여 1차 권선에 전류가 흐르는데 이를 여자 전류라 한다. 지금 1차 권선에서 1상의 직렬 권선 횟수를  $N$ , 1극당의 자속을  $\Phi$  [Wb], 주파수를  $f_1$  [Hz]라 하면 1차 권선의 1상에 유도되는 전압의 실효값  $E_1$  [V]은 다음

과 같다.

$$E_1 = 4.44K_{w1}f_1N_1 \cdot \Phi \text{ [V]}$$

회전자 정지시 유도 기전력  $E_2$ 는

$$E_2 = 4.44 K_{w2}f_2N_2 \cdot \Phi \text{ [V]}$$

전동기 회전시 유도 기전력  $E_2S$ 는

$$E_2S = S \cdot E_2 \text{ [V] 이다.}$$

## 2) 속도 특성과 토크

유도 전동기의 속도는 부하가 증가함에 따라 떨어진다. 그러나 대체로 무부하시 속도와 정격 부하시의 속도 차이가 대단히 작으므로 직류 분권 전동기와 같은 정속도 전동기의 특성을 가지고 있다.

한편 유도 전동기의 토크는 다음과 같은 식으로 나타낸다.

$$T = \frac{60}{2\pi} \cdot \frac{P_2}{Ns}$$

여기서 2차 입력  $P_2$ 에 대해 나타내면

$$P_2 = 2\pi \cdot \frac{Ns}{60} T[w]$$

$$P_2 = \frac{P_0}{1-S} [w]$$

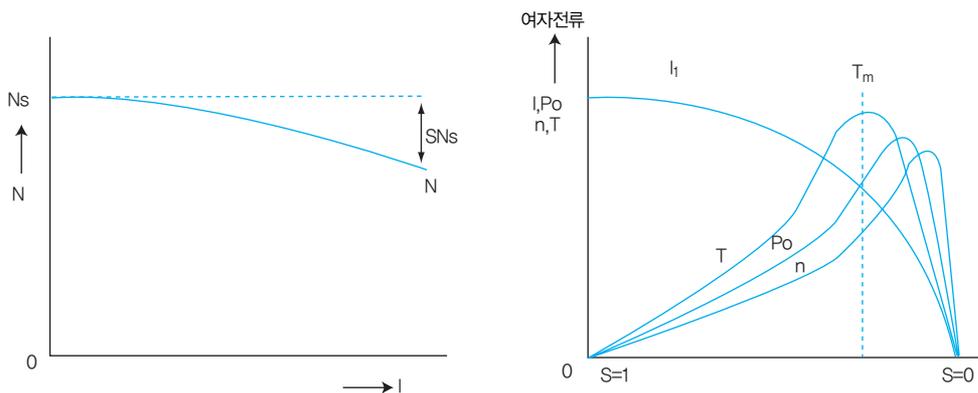


그림 3-85 유도 전동기의 부하 특성과 속도 특성 곡선



- 1    센서란 검출물체가 지닌 물리/화학적인 양이다.  
변화량을 검출하여 사용 가능한 전기적인 신호로 변환하는 장치이다.
- 2    시스템 구성 요소에는 신호 입력 요소, 신호 제어 요소, 신호 출력 요소로 구분되는데 이중 신호 입력 요소가 센서이다.
- 3    공압 센서에는 푸시 버튼 스위치와 리미트 스위치와 같은 접촉식 센서와 공기 베리어, 방향노즐, 배압 센서와 같은 비접촉식 센서가 있다.
- 4    전기적인 센서에는 물체 유무를 검출하는 유도형/용량형/광센서와 같은 비접촉식 센서와 푸시 버튼 스위치/리미트 스위치와 같은 접촉식 센서가 있으며, 실린더의 위치를 검출하는 데 사용되는 리드 스위치도 비접촉식 센서이다.
- 5    센서의 종류는 매우 다양하며 센서 외부에서 에너지를 공급해야 하는 능동형 센서와, 외부 에너지 공급 없이 대상물에서 나오는 정보를 직접 처리하는 수동형 센서로 구분한다.
- 6    센서의 기능은 크게 정보의 수집, 정보의 변환 및 제어정보의 처리(출력)로 구분한다.
- 7    우리 주변에서 많이 활용되고 있는 센서는 온도센서, 광센서, 자기센서 등이 있으며 이외에도 압력/습도/속도/음파/화학 센서 등이 이용된다.

- 8** 로봇에 이용되는 센서로 특별한 것들로는 인체 열감지 센서, 자이로 센서, 기울기 감지 센서, 굽힘 센서, 각속도 센서, 가속도 센서, 촉각센서, 영상프로세싱 센서 등이 있다.
- 9** 자동화의 분야는 매우 넓으며 공장 자동화(FA), 사무 자동화(OA), 건물 자동화(BA, HA) 및 영업 자동화(SA)등이 포함된다.
- 10** 자동화 시스템 구축방법에는 제어(Control), 자동제어(Automatic Control) 데이터처리 및 측정기법 등의 방법이 있다.
- 11** 제어 시스템을 구성하는 방법에는 제어를 행하는 과정에(처리하는 방법) 따라 피드백 제어, 메모리 제어 와 프로그램 제어로 나뉜다.
- 12** 전기 - 공압 제어용 부품 중 신호 입력요소인 각종 스위치나 센서에는 a접점(정상상태 열림), b접점(정상상태 닫힘), c접점(a접점 + b접점)과 같은 3종류가 있다.
- 13** 시스템의 운동 요소인 액추에이터에는 직선, 회전 및 왕복운동 요소가 있다.
- 14** 직선운동 요소에 적합한 것은 공유압 실린더이며 전기적으로 제어된 신호를 공유압 매체를 이용하게 변환하는 것이 솔레노이드 밸브이다.
- 15** 전기 릴레이는 전기적인 스위치로 볼 수 있으며 전기제어 요소 중 제어부(프로세서)에 속하는 것으로 ①접점 용량 증가 ②접점 개수 증가 ③다른 전원 활용 ④접점형태 변경 등의 용도를 사용된다.

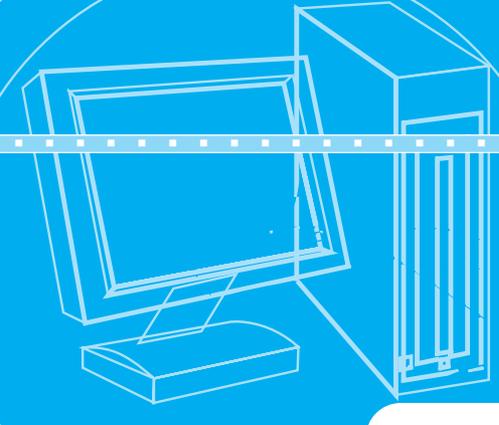
IV

# 로봇 제어



## 학습목표

1. 로봇 제어기의 종류와 각각의 특징에 대해 설명할 수 있다.
2. 로봇 제어기의 구성과 기능에 대해 설명할 수 있다.
3. PTP 로봇의 구성과 특징에 대해 설명할 수 있다.
4. PLC의 종류와 특징에 대해 설명할 수 있다.
5. 다관절 로봇의 구성과 동작 원리를 설명할 수 있다.
6. 로봇 제어 프로그램을 제작하고 로봇을 제어할 수 있다.
7. 직교 로봇의 구조와 동작원리를 설명할 수 있다.
8. 직교 로봇을 분해하고 조립할 수 있다.



# 01 로봇의 제어 시스템 일반

로봇에는 동작을 제어하기 위한 기능이 필요하다. 그 기능의 형태는 매우 간단하고, 비교적 제한된 형태로부터 다양한 작업 조건과 환경의 변화에 대해 계속적인 적응 기능을 갖춘 매우 복잡하고, 정교한 시스템에 이르기까지 광범위하다. 그러한 제어 시스템에는 제어 기능을 수행하기 위한 다양한 종류의 컴퓨터, 다수의 마이크로프로세서, 기억 매체(Memory Media), 다수의 입출력 단자, 그리고 다양한 종류의 센서, 액추에이터들이 포함된다.



## 1 제어 시스템 개요

제품의 생산성을 높이고 품질을 균일화하기 위하여 생산 시설을 기계화(Mechanization) 혹은 자동화(Automation)해야 한다고 흔히 말하는데, 여기서 기계화와 자동화라는 두 용어 사이의 확실한 구분은 없으나, 자동화(오토메이션, Automation)라는 용어를 처음으로 사용한 미국의 경제학자 John Debold에 의하면 “장치가 인간의 작업을 대신하는 것은 기계화이며, 장치가 작업의 내용까지 제어한다면 자동화”라고 정의를 내렸다.

이처럼 규정된 자동화의 어원은 Automatic(자동적으로) + Operation(작동한다)의 개념으로 볼 수 있듯이 기계 장치가 알아서 스스로 동작한다는 의미를 지니고 있는데서 출발하였는데, 최근에는 전자공학 등의 발달에 힘입어 보다 정밀한 고급의 제어를 하기 위해, 컴퓨터 등과 연계된 제어 시스템들이 많이 이용되면서 지능(Intelligence)까지 포함된 형태의 자동화가 증가되고 있다.

## (1) 자동화 적용 분야

- ① F.A : 공장/생산 자동화 (Factory Automation)
- ② O.A : 사무 자동화 (Office Automation)
- ③ B.A : 빌딩 자동화 (Building Automation)
- ④ H.A : 가정 자동화 (Home Automation)
- ⑤ L.A : 연구소/실험실 자동화 (Laboratory Automation)
- ⑥ S.A : 영업/판매 자동화 (Sales Automation)

상기한 자동화 시스템을 구성하기 위한 방법으로는 다음과 같은 기술이 사용된다.

## (2) 자동화 시스템 구축 방법

- ① 제어 (Control)
- ② 자동 제어 (Automatic Control)
- ③ 데이터 처리 (Data Processing)
- ④ 측정 기법 (Measurement Technique)

대부분의 자동화(O.A., B.A., H.A., S.A. 등)는 데이터에 의한 처리법(Data Processing)을 이용하여 자동화 시스템을 구성하며, 제품의 생산과 관련한 공장 자동화는 제어(Control)나 자동제어(Automatic Control) 방법을 이용하여 자동화 시스템을 구성한다.

여기서 제어와 자동제어의 차이를 살펴보기로 하자

제어는 앞 절에서 언급한 바와 같이 시스템을 구성하고 있는 3가지 요소(입력부, 제어부, 출력부)가 각자 독립적으로 자기에게 주어진 역할을 수행하는 것으로 출력 신호는 제어에 아무런 영향을 끼치지 않는다.

독일 규정(DIN 19226)에 의하면 “제어란 시스템 내의 하나 또는 여러 개의 입력변수가 약속된 법칙에 의하여 출력변수에 영향을 미치는 공정”이라고 되어 있으며, 우리가 사용하는 국내의 규정 (KSA 3008 자동제어용어 -일반-)에 의

하면 “제어란 어떤 목적에 적합하도록 되어 있는 대상에 필요한 조작을 가하는 것”이라고 되어 있는데, 이를 통하여 제어의 개념을 다른 방법으로 표현하면 아래와 같다

- ① 적은 에너지로 큰 에너지를 조절하기 위한 시스템
- ② 기계나 설비의 작동을 일반적으로 자동으로 변화시키는 구성 성분 전체
- ③ 사람이 직접 개입하지 않고 작업을 수행시키는 것

### (3) 제어의 종류

실제 산업에 많이 이용되고 있는 시스템 구성 방법은 제어에 의한 것이며, 제어 기술자들은 다양한 형태의 제어 방법을 활용하여 시스템을 구축하는데 이를 구분하면 표 4-1과 같다.

표 4-1 제어의 종류

분류 기준	처리 방법	제어 정보 형태	신호 처리 방식	에너지 형태
제어 종류	1. 파이롯 제어 2. 메모리 제어 3. 프로그램 제어 4. 시간종속 제어 5. 순서종속 제어 (시퀀스 제어)	1. 아나로그 제어 2. 디지털 제어 3. 이진 제어	1. 동기식 제어 2. 비동기식 제어 3. 논리 제어 4. 시퀀스 제어	1. 기계식 제어 2. 공압 제어 3. 유압 제어 4. 전기 제어 5. 전자 제어 6. 전기기계 제어 7. 전기공압 제어

#### 1) 처리 방법에 의한 분류

이것은 제어를 행하는 과정과 시퀀스 형태에 따라 다음과 같이 구분된다

##### ① 파이롯 제어(Pilot Control)

입력과 출력이 1:1 대응 관계에 있어 입력 조건이 만족된 경우에만 출력이 존재하는 것으로 입출력 요소가 많은 경우 논리(Logic)적으로 해결하므로 논리 제어라고도 한다.

## ② 메모리 제어(Memory Control)

입력 조건이 만족되면 출력이 발생하고, 출력에 영향을 미치는 상반된 입력 신호가 들어올 때까지 이전의 상태를 유지하는 것으로 엘리베이터 제어가 이에 해당한다.

## ③ 프로그램 제어(Program Control)

작업의 내용이 미리 짜인 프로그램에 의해 진행되는 것으로, 일정한 시간의 경과에 따라 작업의 내용이 변하는 세탁기나 옥외광고 등의 제어에 해당하는 시간 종속 제어(Time Schedule Control)와 작업의 순서에 따라 제어의 내용이 변화되는 시퀀스 제어(Sequence Control)가 있다.

## 2) 제어 정보 표시 형태에 의한 분류

정보란 신호를 담고 있는 물리량을 뜻하는데, 제어 시스템에서 처리하려는 신호의 형태에 따라 분류한 것으로 자연계에 존재하는 대부분의 물리량이 지닌 연속적인 값을 다루는 아날로그(Analog) 제어, 스위치의 켜짐(온, on), 꺼짐(오프, off)과 같이 신호의 유(있음), 무(없음)를 다루는 이진(Binary) 제어 그리고 몇 개의 이진 제어 요소가 모여 신호를 세분화할 수 있는 디지털(Digital) 제어가 있다.

## 3) 신호 처리 방식에 의한 분류

### ① 동기 제어(Synchronous Control)

실제의 시간과 관계된 신호에 의하여 제어가 행해진다.

### ② 비동기 제어(Asynchronous Control)

시간과는 관계없이 입력 신호의 변화에 의해서만 제어가 행해진다.

### ③ 논리 제어(Logic Control)

요구되는 입력 조건이 만족되면 그에 상응하는 신호가 출력된다.

### ④ 시퀀스 제어(Sequence Control)

프로그램에 의해 결정된 순서대로 제어 신호가 출력되어 순차적인 제어를 행

한다.

#### 4) 에너지 형태에 의한 분류

##### ① 기계식 제어(Mechanical Control)

핸들, 톱니, 기어, 나사 등의 기계적인 구조에 의해 제어를 통한 시스템을 구성한다.

##### ② 공압 제어(Pneumatic Control)

압축 공기를 매체로 각종 제어 요소들을 연결하고 시스템을 구성한다.

##### ③ 유압 제어 (Hydraulic Control)

기름(오일, Oil)을 이용하여 제어 시스템을 구성한다.

##### ④ 전기 제어(Electrical Control)

릴레이를 제어 요소로 하고 전기적인 신호를 공급하고 처리하는 시스템을 구성한다.

##### ⑤ 전자 제어(Electronic Control)

전자적인 회로를 구성하는 하드와이어드(Hard Wired)한 방법과 PLC 등을 이용하여 소프트웨어적으로 회로를 구성하는 방법이 있다

##### ⑥ 전기-기계 제어(Electro-mechanic Control)

전기와 기계 요소를 사용하여 시스템을 구성한다

##### ⑦ 전기-공압 제어(Electro-pneumatic Control)

전기와 공압 요소를 이용하여 시스템을 구성한다



## 2 제어의 의미와 종류

### (1) 제어의 의미

우리의 일상생활 주변에는 제어 시스템을 적용한 예를 흔히 발견할 수 있다. 예

를 들어 그림 4-1은 수도꼭지로 더운물과 찬물의 유량을 조절함으로써 물의 온도와 세기를 제어한 경우이다.

또한, 선풍기 바람의 세기를 원하는 값으로 변경시키고자 할 때에도 전압 조정기를 움직여서 전압을 조절한다. 이와 같이 어떤 목적의 상태 또는 결과를 얻기 위해 대상에 필요한 조작을 가하는 것을 제어라 한다.

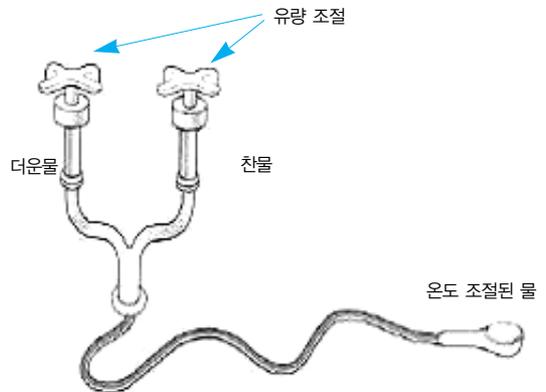


그림 4-1 샤워기의 온도 조절

## (2) 제어의 종류

### 1) 수동 제어와 자동 제어

#### ① 수동 제어

목욕물의 온도를 조절하는 방법으로 손쉽게 온도계로 물의 온도를 확인하고 더운물과 찬물을 섞어가면서 온도를 맞출 수 있다. 이렇게 기기, 장치 등을 운전하거나 환경을 설정할 때 사람이 직접 조작하는 것을 수동 제어라고 한다.

#### ② 자동 제어

수동 제어는 제어의 판단이나 조작을 모두 사람이 하는 것이지만, 자동 제어는 사람 대신에 컴퓨터나 기계에 의해 원하는 상태로 제어되는 것이다. 즉, 사람의 힘에 의하지 않고 제어 장치에 의해 자동적으로 이루어지는 제어를 자동제어라 하며, 생산 공정의 자동화도 자동 제어 기술의 발달로 가능하게 되었다.

### 2) 정성적 제어와 정량적 제어

#### ① 정성적 제어

전등의 점등과 소등은 스위치의 ON-OFF를 선택하여 전류가 흐르게 하든지 차단시키는 동작으로 가능하다. 이와 같이 제어양인 점등과 소등을 스위치의 ON-OFF만으로 제어하는 것을 정성적 제어라고 한다. 이와 같은 정성적 제어에서 스위치의 선택에 의한 ON-OFF 신호는 전등의 상태를 점등이나 소등으

로 만든다. 이런 신호를 2진 신호라고 한다.

## ② 정량적 제어

정성적 제어와 달리, 정량적 제어에서는 전등의 점등과 소등뿐만 아니라 전등의 밝기 조절도 가능하다. 즉, 어떤 제어 대상에 대하여 온도, 압력, 속도, 전압 등과 같은 물리량의 크기와 양에 대하여 제어명령이 내려지는 것을 정량적 제어라 한다.

## 3) 아날로그 제어와 디지털 제어

### ① 아날로그 제어(Analog Control)

자동차의 방향을 바꾸기 위해 핸들을 조작하거나 가속기의 페달을 밟아 속도를 증가시킬 때 방향이나 속도는 연속적으로 변하게 되는데, 이러한 제어를 아날로그 제어라 한다. 아날로그 제어는 입력이나 출력 등의 모든 제어 신호가 연속 신호이므로 연속 값 제어계로 불리며, 디지털 컴퓨터가 사용되기 이전에 사용되던 제어계이다.

### ② 디지털 제어(Digital Control)

전등처럼 ON 또는 OFF의 두 가지 방법으로 제어하는 경우와 같이 불연속적인 조작에 의한 제어를 디지털 제어라 한다. 디지털 제어 신호가 디지털 신호 또는 불연속 신호인 제어계로 컴퓨터를 사용할 수가 있어 감도 및 신뢰성이 향상되고, 시스템의 구조가 간단하여 비용이 감소하여 하드웨어의 변경 없이도 설계의 변경 등이 가능한 프로그램의 융통성을 가지고 있다.

## 자동 제어의 특징과 종류

### (1) 자동 제어의 필요성

일반적으로 사람이 가지고 있는 작업 능력은 매우 우수하다. 간단한 손작업이라도 그것과 동일한 작업을 기계로 실행하려면 때때로 매우 높은 수준의 복잡한 장치가 필요하기도 하고 혹은 불가능할 때도 있다. 또한 사람은 어느 정도 돌발적인 사태에 대해서 적절한 판단을 내릴 수가 있고 새로운 작업에 대해서도 비교적 신속히 작업에 익숙해 질 수 있으며, 어떠한 정밀 기계를 이용해도 저지히 흉내 낼 수 없는 고도의 능력을 가지고 있다.

그러나 반면에 사람이 기계에 도저히 미치지 못하는 점도 있다. 우선 단조로운 작업을 장시간 연속해서 할 수 있는 능력과 많은 힘이 소요되는 작업에 대해서는 기계에 훨씬 미치지 못하게 된다. 따라서 사람이 하기 힘든 작업을 기계화와 자동화를 하게 됨으로써 사람이 하는 것보다 정확하게 계속적으로 작업을 할 수 있다. 결국 사람 대신 자동 제어계로 대행시키면 제어의 정확도와 정밀도를 높일 수 있게 되는 것이다.

### (2) 자동 제어의 장점

- ① 제품의 품질이 균일화되어 불량품이 감소한다.
- ② 적정한 작업을 유지할 수 있어서 원자재, 연료 등이 절약된다.
- ③ 연속 작업이 가능하다.
- ④ 인간 능력 이상의 정밀한 작업이 가능하다.
- ⑤ 노력의 절감이 가능하다.
- ⑥ 생산 속도가 향상된다.
- ⑦ 노동 조건의 향상과 위험한 환경의 안전화가 이루어진다.

### (3) 자동 제어의 종류

제어를 하기 위하여 여러 가지 방식이 있는데, 여기서는 이러한 제어의 종류에 대하여 알아보도록 한다. 자동 제어 종류는 일반적으로 다음과 같이 구분할 수 있다.

#### 1) 개회로 제어(Open Loop Control)

개회로 제어는 출력(제어상태)이 제어 과정에 영향을 끼치지 않는 제어를 말한다. 즉, 출력 결과에 관계없이 미리 정해진 순서에 따라 제어를 진행한다.

개회로 제어의 단점은 외란이 가해지면 그 영향에 의해 출력이 변화된다는 것이다.

개회로 제어의 적용 예는 전기 밥솥, 자동 세탁기, 승강기, 신호등 등이 있다.

- ① 제어기(Controller) : 제어 신호를 만들어 주는 것 예) 운전자의 두뇌
- ② 제어 신호(Control Signal) : 액추에이터에 인가하는 조작량을 변화시키는 신호
- ③ 액추에이터(Actuator) : 조작량을 제어의 목적에 맞게 조절하는 장치  
예) 자동차의 엔진
- ④ 외란(Disturbance) : 의지대로 할 수 없는 외부의 입력, 잡음(Noise)
- ⑤ 제어 상태(Output) : 제어하고자 하는 것



그림 4-2 자동 제어의 종류

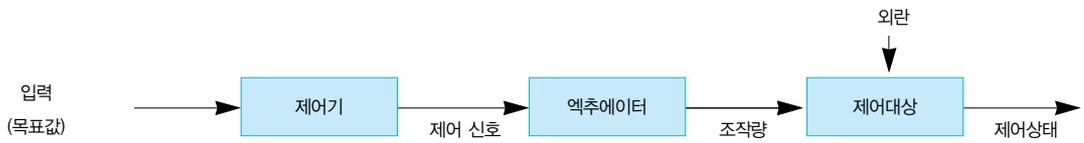


그림 4-3 개회로 제어의 구성

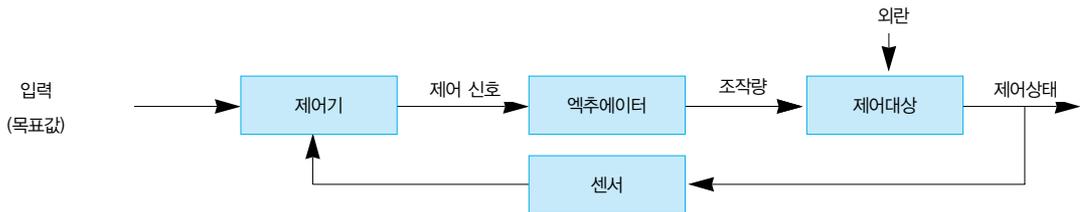


그림 4-4 폐회로 제어의 구성

## 2) 폐회로 제어(Closed Loop Control)

폐회로 제어는 출력이 제어하는 과정에 영향을 끼치는 제어를 말한다. 즉, 미리 목표값을 설정한 후 출력과 목표값을 비교하면서 두 값에 차이가 생기면 이를 일치시키기 위한 수정 동작을 하는 제어 방식이다.

폐회로 제어의 대표적인 예는 자동온도 조절 시스템을 들 수 있다. 원하는 방안의 온도(목표값)를 온도 조절기(제어기)에 입력하면, 온도 조절기는 방안의 현재 온도를 정량 계측 장치(센서)를 통해 확인한다. 그리고 방안의 온도와 목표값을 비교하여 제어 신호를 보일러(액추에이터)에 보낸다. 그러면 보일러는 제어 신호에 따라 동작하여 방안의 온도(제어대상)가 변화된다. 이때 외풍이나 창문의 여닫음(외란)이 발생하면 이는 센서를 통해 온도조절기에 입력되어 방안의 온도 변화에 반응하게 된다.

자동온도 조절 시스템에서 알 수 있듯이 폐회로 제어 시스템은 외란에 대해서 적절하게 반응하여 제어 상태를 유지할 수 있다는 장점이 있다.

이러한 폐회로 시스템은 각종 공정 제어(온도, 습도, 압력, 유량, 수위 제어 등)를 비롯하여 서보 기구(유도 추적기, 선박의 조타 장치)와 전압, 전류, 속도, 주파수, 기계의 회전수 제어 등 매우 광범위하게 이용되고 있다.

## 4 시퀀스 제어(Sequence Control)

시퀀스 제어는 미리 정해 놓은 순서 또는 일정한 논리에 의해 정해진 순서에 따라 진행되는 제어이다. 그러므로 시퀀스 제어는 다음에 수행되는 제어 동작을 알고 있으며, 그 전단계의 동작이 완료되고 나서 그 다음 동작으로 이동하는 것이다.

### (1) 시퀀스 제어의 구성

시퀀스 제어계는 그림 4-5와 같이 명령 처리부, 제어부, 제어 대상 등으로 구성되며, 블록은 시퀀스 제어의 각 구성 요소를 표시하고 화살표는 제어계의 진행 방향을 나타낸다.

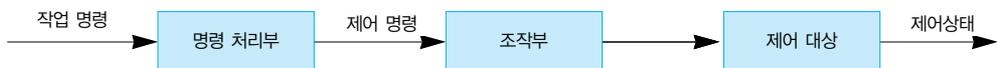


그림 4-5 시퀀스 제어의 기본 구성

- ① 작업 명령 : 제어계의 외부에서 주어지는 입력 신호를 말한다.
- ② 명령 처리부 : 작업 명령 또는 검출 신호를 미리 기억시켜 둔 신호에 의해서 제어 명령을 만드는 부분을 말한다.
- ③ 제어 명령 : 제어 대상을 제어하는 입력 신호로 정성적 제어와 정량적 제어가 있다.
- ④ 조작부 : 제어 명령 신호를 증폭하여 제어 대상을 직접 제어하는 부분을 말한다.
- ⑤ 제어 대상 : 제어하고자 하는 목적의 장치 또는 기기를 말한다.

## (2) 시퀀스 제어의 목적

시퀀스 제어 방식을 사용하는 목적은 생산, 제조 공정 등에서의 시동, 정지 작업이나 가공, 운반, 포장 등과 같은 기계 작업을 자동적으로 처리하기 위해서이다. 시퀀스 제어를 사용함으로써 수동 운전에 필요한 노동력이 감소하여 생산 원가가 줄고, 제품의 품질이 균일하게 되며, 작업환경이 개선된다.

최근에는 집적 회로(IC)의 등장으로 연산, 집계 등의 기능을 더욱 쉽게 할 수 있는 장점을 지니게 되어, 시퀀스 제어는 공장 설비의 자동화 운전에도 이용되고 있다.



## 5 되먹임 제어(Feedback Control)

되먹임 제어는 폐회로 제어로서, 출력값을 되먹임시켜 목표값과 비교하는 과정이 있다. 따라서, 외부의 조건 변화에 따라 정정 동작을 할 수 있는 특징을 가지고 있으며, 대부분의 제어가 이 방식에 속한다.

### (1) 되먹임 제어의 구성

되먹임 제어계는 그림 4-6과 같이 설정부, 비교부, 조절부, 조작부, 제어 대상, 검출부 등으로 구성되며, 블록은 되먹임 제어의 각 구성 요소를 표시하고 화살표는 제어계의 진행 방향을 나타낸다.

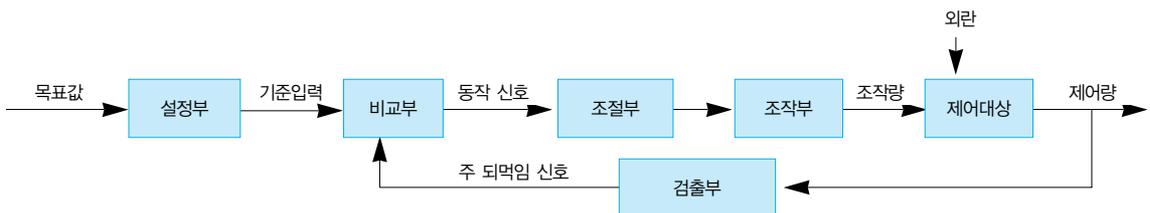


그림 4-6 되먹임 제어계의 기본 구성

- ① 설정부 : 우리가 설정한 목표값을 되먹임 신호와 같은 종류의 신호로 바꾸는 역할을 한다.
- ② 비교부 : 기준 입력과 되먹임 신호와의 차이를 구해 주는 장치이다. 일반적으로, 전위차계가 많이 사용되며, 컴퓨터를 이용할 수도 있다. 비교부는 되먹임 제어에만 있다.
- ③ 조절부 : 기준 입력과 되먹임 신호와의 차에 의해서 조작부에 신호를 보내는 제어기를 말한다.
- ④ 조작부 : 전압 또는 전력 증폭기, 제어 밸브 등으로 되어 있으며 조절부에서 나온 신호를 증폭시켜 제어 대상을 작동시키는 장치이다.
- ⑤ 제어 대상 : 제어하고자 하는 기계나 공정 등의 전체 또는 그 일부를 말한다.
- ⑥ 검출부 : 제어 대상으로부터 나오는 출력을 기준입력과 비교될 수 있게 하여 주는 장치로서, 감지기 등의 측정 장치가 이에 해당한다.

## (2) 되먹임 제어의 목적

되먹임 제어를 하는 목적은 정확도를 높이고, 주변 환경의 변화에 대한 적응성을 증가시키면서 전체 제어계의 안정도를 높여, 궁극적으로는 제어된 양이 설정된 목표값과 같아지도록 하기 위한 것이다.

되먹임 제어를 시퀀스 제어와 비교하면 표 4-1과 같다.

표 4-1 되먹임 제어와 시퀀스 제어 비교

자동 제어	제어량	제어 신호	회로	특성
시퀀스 제어	정성적 제어	디지털 신호	개회로	순차 제어
되먹임 제어	정량적 제어	아날로그 신호	폐회로	비교 제어

## 6 로봇 제어기(Robot Controller)

로봇 제어기는 로봇에 각종 작업을 명령하고 원하는 목적의 동작을 수행하도록 하기 위한 제어장치이다. 산업용 로봇의 초기에 로봇 제어기는 공작기계용 NC 장치를 응용한 것으로 8비트 CPU를 사용하여 간단한 작업을 수행하는 정도의 것이다. 그 후 마이크로프로세서의 발전과 함께 좀 더 복잡한 기능을 구현할 수 있게 되었고, 최근에는 외부 축 및 다축의 주변장치들과의 협조동작이나 2대의 매니플레이터의 협동작업과 같은 고도의 작업을 필요로 하는 기능이 실현될 수 있게 되었다.

### (1) 로봇 제어기의 종류와 특징

로봇 제어기는 로봇을 제어하는 역할을 하지만, 세부적으로 들어가면 결국 로봇 각 관절의 서보 모터를 제어하게 되므로, 로봇 제어기의 중요한 역할은 로봇 제어기상의 메인 CPU로부터 위치명령을 따르도록 로봇 관절의 서보 모터를 구동하는 일이다. 이러한 일을 수행하기 위해서 로봇 제어기는 하드웨어적으로 그림 4-7처럼 모션 컨트롤러(Motion Controller)와 서보 드라이버(Servo

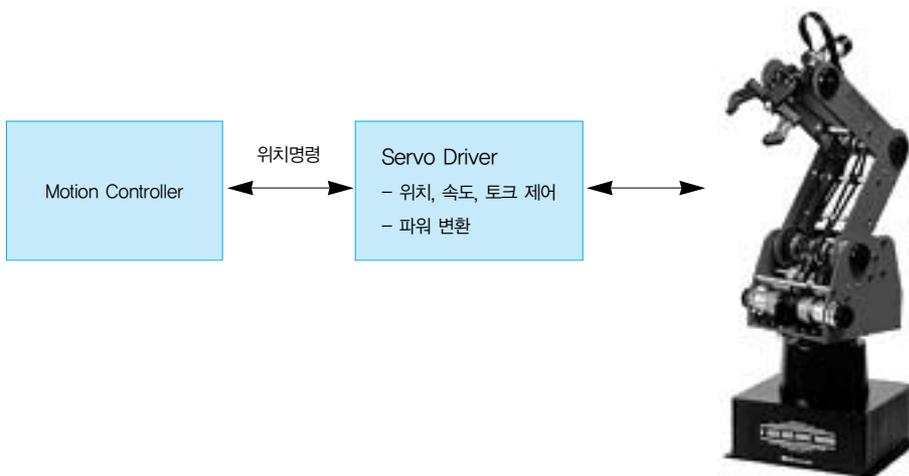


그림 4-7 로봇 제어기의 구성

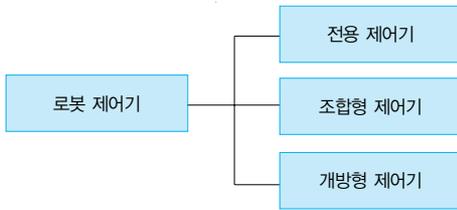


그림 4-8 로봇 제어기의 종류

Driver)로 구성된다.

모션 컨트롤러는 메인 CPU를 통하여 로봇의 다양한 기능 및 원하는 목적의 작업을 수행한다. 한편 서보 드라이버는 모션 컨트롤러와 같은 상위 제어기로부터 명령을 받아 파워 변환을 통하여 각 관절 서보 모터의 위치, 속도, 토크를 제어하고 있다.

따라서 로봇 제어기는 모션 컨트롤러와 서보 드라이버와 같은 하드웨어적 구성과 이를 위한 소프트웨어의 구성을 어떻게 하느냐에 따라 그림 4-8과 같이 구분된다.

### 1) 전용 제어기

로봇 메이커에서 그들의 로봇 몸체에 최적화시켜 나오는 제어기이다. 따라서 로봇 제어기의 하드웨어와 소프트웨어 부분에 대해서는 따로 신경 쓸 필요가 없으며 로봇 제어기에 대한 특별한 전문지식이 없어도 로봇을 쉽게 구동시킬 수 있다.



그림 4-9 전용 로봇 제어기

그림 4-9에 전용 제어기의 한 예로 4자유도 이상의 로봇에서는 대부분 이러한 전용 제어기를 로봇 메이커가 제공한다. 3자유도 이하의 로봇에서는 가격적인 고려가 중요하며 복잡한 계산이 모션 컨트롤러에 필요치 않게 되므로 간단하고 소형화가 가능한 다음에 소개하는 조합형 제어기를 많이 사용한다.

### 2) 조합형 제어기

조합형 제어기는 보통 1, 2, 3축의 로봇에 많이 사용되는 저렴한 제어기이다. 일반적으로 조합형 제어기에서는 독립형 서보 드라이버를 사용하고 별도의 모션 컨트롤러로 구성된다. 이중에 가장 간단한 것이 1축 제어기인데, 1축에서는 모션 컨트롤러와 서보 드라이버가 하나의 박스 안에 들어가는 것을 많이 사용

한다.

조합형 제어기에서는 일반적으로 완전품 형태의 전용 제어기와 달리 사용자가 로봇 제어기의 구성 요소들을 서로 조합하여 만든 제어기를 말한다. 전술한 바와 같이 로봇 제어기는 하드웨어적으로 크게 모션 컨트롤러부와 서보 드라이버부로 구성되기 때문에 메이커에서는 이 두 가지 제품을 완제품 형태로 따로 판매하고 있다. 따라서 로봇 사용자는 자기 자신의 로봇과 로봇의 작업 특성에 맞는 제품들을 선택하여 제어기를 꾸밀 수 있다. 그림 4-10은 이러한 조합형 제어기의 한 예로서 2축 제어기의 구성 사례를 보여 주고 있다.

모션 컨트롤러는 그림 4-10처럼 서보 드라이버와 조합되어 로봇 제어기를 구성한다. 주로 2~3 축 로봇용으로 만들어지므로 로봇의 작업 특성과 상관없는 불필요한 기능들을 생략할 수 있으며, 프로그래밍 용량이나 제어할 I/O의 접점 수, 로봇 명령어의 수 등이 적은 편이다.

서보 드라이버는 서보모터의 제어기 역할을 담당하며, 모든 종류의 서보 모터를 제어할 수 없으므로 제어할 서보 모터의 인코더의 위치 데이터 형식과 호환이 되는 제품을 사용하여야 한다. 보통 서보 드라이버는 모션 컨트롤러와 같은 상위 제어기로 위치, 속도, 토크에 대한 정보를 명령받아 서보 모터의 동작을 수행한다.

#### ■자유도

로봇의 움직임은 일반적으로 팔과 몸체(어깨와 팔꿈치) 운동, 손목 관절 운동, 다리 및 발목 관절 운동 등으로 나눌 수 있다. 이러한 동작과 연관된 각각의 관절(joint) 운동을 자유도라 한다. 각 축은 1개의 자유도와 같다.

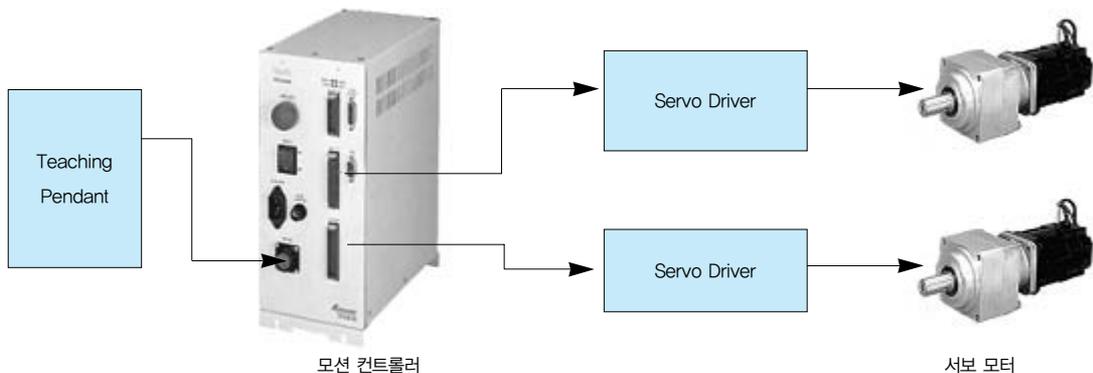


그림 4-10 모션 컨트롤러와 서보 드라이버로 구성된 2축 제어기의 구성 예

### 3) 개방형 제어기

개방형 제어기는 오픈 아키텍처(Open Architecture) 구조로 설계되어 만들어진 사용자 중심의 로봇 제어기라고 할 수 있다. 즉, 로봇 제어기의 하드웨어적, 소프트웨어적 구성을 사용자에게 개방하여 사용자가 직접 로봇 제어를 꾸밈으로써 사용자 자신의 의도에 부합하는 로봇의 동작 특성을 발휘할 수 있다. 하지만 로봇 제어에 관한 상당한 전문지식이 뒷받침되어야 하기 때문에 교육용이나 연구용으로는 많이 이용되고 있으나, 다른 종류의 제어기에 비해 상대적으로 아직 널리 사용되고 있지 않은 형편이다.

### (2) 로봇 제어기의 구성과 기능

그림 4-11에서 로봇 몸체를 제외한 부분을 로봇 제어기라고 부른다. 간단히 보면 모션 제어부와 서보 드라이버부로 나뉜다. 모션 제어부는 운영자(Operator)를 포함하는 모든 외부로부터의 명령 및 신호를 바탕으로 목표를 선정하고, 이를 아래의 서보 드라이버가 이해할 수 있는 신호로 만든다.

서보 드라이버부는 로봇 몸체에 내장되어 있는 여러 모터를 직접 제어하는 일종의 모터 제어기에 해당한다. 로봇을 로봇답게(즉, 복잡한 6자유도 운동을 한다든지) 하는 것은 바로 모션 제어부에서 이루어지므로 모션 제어부의 이해가 중요하지만 실제 사용 중에는 서보 드라이버의 역할이 중요할 때가 많으므로 둘 다 올바르게 충분한 이해가 필요하다.

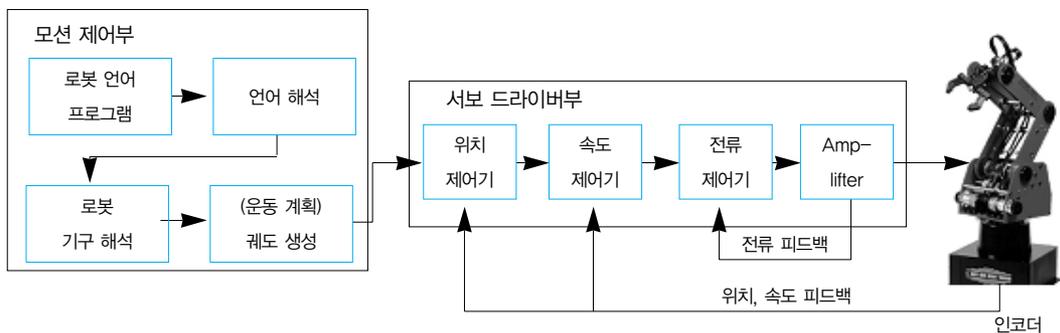


그림 4-11 로봇 제어 시스템의 전체 구성

## 1) 모션 제어부

### ① 구조와 기능

모션 제어부는 사용자가 작성한 로봇 명령어를 해석하여 로봇 각 축의 위치, 속도 및 가속도 정보를 포함하는 경로 계획을 세워 서보 드라이버에 명령을 내리게 된다. 모션 제어부는 그림 4-12와 같이 메인 제어기와 입출력 제어기로 구성된다.

메인 제어기는 보통 로봇의 교시, 알람, 리모트 동작, 티칭 박스 표시 및 조작, 외부기기 로봇 제어, 운동학 기구 해석, 로봇 언어 해석, 티칭 플레이백 등의 역할을 하고 있으며, 모든 로봇 제어기 구성 유닛들을 주기적으로 모니터링하여 통합 관리하고 있다. 메인 제어기는 여러 장의 보드로 구성되기도 하는데, 그 주요 기능은 시스템 제어와 동작 제어이다. 시스템 제어 기능은 여러 제어기를 관리하는 중앙처리장치 역할을 의미하며, 동작 제어 기능은 로봇의 동작과 관련된 모든 제어를 의미한다. 또 경우에 따라서는 옵션으로서 비전 보드 (Vision Board)를 포함하기도 한다.

입출력 제어기는 시스템 I/O 보드, User I/O 보드로 구성되어 있다. 시스템 I/O 보드에는 FDD, HDD 등과 같은 주변 장치들을 연결하여 사용할 수 있으

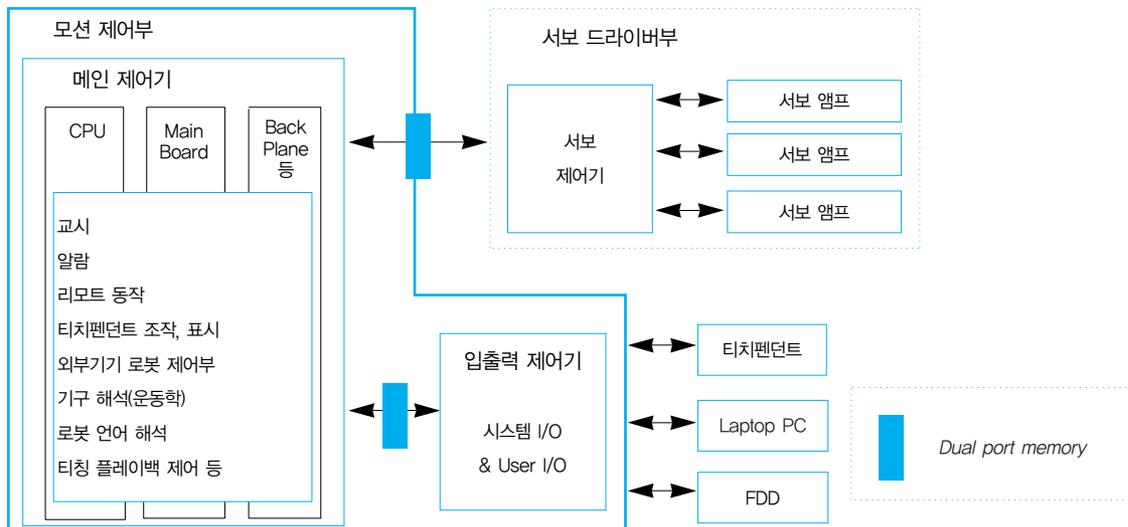


그림 4-12 모션 제어부의 구성

며, 비상 스위치, 근접 센서(Limit Sensor) 등이 있다. 그리고 RS232C, RS422 등과 같은 통신 포트를 내장하고 있으므로 PC나 터치패드 등을 연결할 수 있다. 한편 User I/O Board는 각종 센서와 핸드 등의 로봇의 주변 장치를 제어하는데 사용한다.

메인 제어기와 입출력 제어기는 각각 독립적으로 읽고 쓰기가 가능한 듀얼 포트 메모리(Dual Port Memory)를 사이에 두고 연결되어 있다. 마찬가지로 메인 제어기와 서보 드라이버부도 듀얼 포트 메모리를 매개로 연결되어 있다.

### ② 메인 제어기의 역할

메인 제어기는 로봇 컨트롤러의 중심이 되는 부분으로서 다른 각 제어부를 관리하고 다관절 링크기구를 가진 로봇을 명령에 따라 움직이기도 하고, 주변장치와 로봇과의 협조제어 실현에 필요한 동작 제어 연산을 실행하는 등 로봇 컨트롤러의 기능을 실현한다. 이러한 시스템 제어 기능과 동작 제어 기능을 수행하기 위해서는 복잡한 좌표교환 연산 등 많은 데이터를 고속으로 처리할 필요가 있으므로 고성능 마이크로프로세서가 사용된다.

### ③ 입출력 제어기의 역할

로봇 시스템과 함께 제어하기 위해서는 로봇 운영자 및 로봇 주변장치와 각종 신호를 고속으로 주고받고 그 결과를 시스템 제어부에 전달할 필요가 있다. 이처럼 로봇 컨트롤러 외부로부터의 신호를 시스템 제어부에서 처리 가능한 데이터로 교환하기도 하고, 역으로 로봇 컨트롤러로부터 출력하는 데이터를 소정의 신호로 교환하여 출력하기도 하는 것이 입출력 제어기의 중요한 역할이다.

입출력 제어기의 구성은 메인 제어기의 그것과 동일하지만 메인 제어기와 비교할 때 수치연산 프로세서가 불필요하고 마이크로프로세서도 그다지 고성능이지 않아도 되며, 메모리 용량도 메인 제어부에 비해 소용량이어도 된다. 또한 마이크로컴퓨터의 주변소자로서 시리얼 인터페이스로 사용되는 시리얼 통신 IC와 병렬 인터페이스용의 병렬 I/O용 IC 등이 강화되어 있다.

일반적으로 입출력 제어를 메인 제어기의 마이크로프로세서를 사용하여 처리할 경우, 데이터 수신입력 처리에 의하여 메인 제어기 내의 동작 제어 연

산 등의 중요한 처리가 중단되는 경우가 있다. 이 때문에 메인 제어기 내의 데이터 중단을 없애고, 로봇 제어기의 성능을 향상시키기 위하여 로봇 제어기는 입출력 제어기를 따로 두고 외부로부터의 인터페이스 신호에 고속 응답이 가능한 시스템을 구축하고 있다.

## 2) 서보 드라이버부

서보 드라이버부는 로봇의 각 관절을 구동하는 서보 모터와 보축 장치의 구동 모터를 제어한다. 메인 제어기 내의 동작 제어부가 좌표변환 등으로 로봇의 각 관절 변화를 연산하는 것에 대하여 서보 드라이버부에서는 연산되어진 위치 명령이 실행되도록 각 서보 모터를 피드백 제어하는 역할을 담당한다. 서보 드라이버부는 이러한 역할을 담당하기 위하여 그림 4-13처럼 서보 제어기와 서보 앰프(또는 파워 변환부)로 구성된다.

### ① 서보 제어기

서보 제어기는 그림 4-13처럼 모션 제어부와 같은 상위 제어기로부터 받은 명령을 위치, 속도, 전류 제어 루프를 거쳐 서보 앰프에 이러한 정보를 전달하는 역할을 담당한다. 또한 서보 모터로부터 실제 움직인 위치나 속도, 전류값에 대한 정보를 피드백 받아 명령값과 비교하여 여기서 발생하는 차이, 즉 에러량을 줄이는 역할을 수행한다. 따라서 서보 제어기는 외부로부터 방해 요소(외란)들에 대한 강인성을 크게 하고 원하는 출력의 정밀 제어를 얻기 위하여 기본적으로 폐회로 제어를 수행하고 있다.

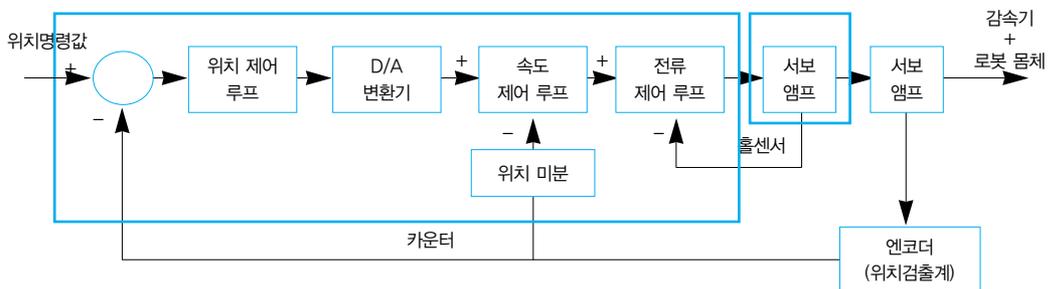


그림 4-13 서보 제어기의 구성

서보 제어기의 하드웨어는 DSP와 ASIC 등을 이용한 회로들로 구성되어 있다. 세보 제어기는 기존의 아날로그 방식에서는 OP AMP 등의 회로 소자를 이용하여 구현되었다. 회로 소자로 구성된 제어기는 회로소자 특성에 따라 제어 성능이 크게 좌우되는 단점을 가졌다. 그러나 최근에는 마이크로프로세서 기술의 발전에 힘입어 이러한 단점을 극복한 디지털 제어 방식이 널리 이용되고 있다. 디지털 제어기는 대부분 마이크로프로세서의 소프트웨어로 구현되므로 풍부한 기능을 가진 고성능 제어기를 구현하기 쉽다.

## ② 서보 앰프

서보 앰프는 서보 모터의 위치, 속도, 전류 제어를 통해 나오는 명령을 서보 모터의 제어에 적합한 3상의 전압 및 주파수로 증폭시키는 파워 변환 장치이다. 모션 제어기를 거쳐 서보 제어부의 위치, 속도, 전류제어기를 통과한 신호값들은 시간이 지남에 따라 순차적으로 서보 앰프에 전송된다. 이 값은 서보 모터가 가야할 위치와 비교하여 그 차이를 없애기 위한 것이므로 거의 비례한다고 볼 수 있다.

## 02 PTP 로봇 제어

본 장에서는 공장의 생산 시스템이 자동화되면서 현장에서 사용되는 공작물의 분해조립 동작, 핸들(Handling) 작업 및 반송(Conveyance) 작업에 응용되고 있는 공압용 로봇의 구조 및 기능을 이해하고 제어운영 방법을 습득한다.

본 실습에서 사용하게 될 ED-4007 PTP(Point To Point) 로봇은 크게 두 부분으로 분리되어 공압 액추에이터로 조립 구성된 로봇 몸체와 이를 제어하고 시뮬레이션(Simulation)시키는 로봇 조절 판넬(Control Panel)로 구성되어 있다. 이 로봇 장치는 PLC(Programmable Logic Controller)와 함께 연결되어 공작물을 지정된 위치로 반복하여 옮겨놓는 작업을 다양한 경로(Root)로 제어하는 프로그램(Program) 실습을 지원한다. 또한 4개의 공압 솔레노이드 밸브를 이용하여 압축공기의 흐름 방향을 전환시켜 로봇의 4관절에 쓰여진 각종 공압(Pneumatic) 액추에이터의 동작을 제어할 수 있다. 각 구동기기에는 작동 위치를 제어하기 위한 위치 검출용 근접센서(Limit Sensor)가 부착되어 있어 PLC로 제어하기가 쉽게 되어 있다.



### 1 장비의 구성

#### (1) 특징

PTP 로봇은 공압 액추에이터로 구성되어 있으며 회전 동작(Hi-Rotor), 직선 수평이동 동작(H-Cylinder), 직선 수직 이동 동작(V-Cylinder), 잡기 동작

(Finger) 등을 실현할 수 있으며 별도의 외부 전원을 연결하지 않은 상태에서 자체 운전이 가능하다. PLC와 연결하여 공작물을 일정 위치에 옮겨놓는 작업을 다양하게 제어할 수 있다.



그림 4-14 PTP 로봇 구성

## (2) 로봇 몸체

### 1) 부품 구성도 및 기능

#### ① 5/2-Way 단동 솔레노이드 밸브

솔레노이드 밸브는 공압 액추에이터에 공급되는 공기(Air)의 흐름 방향(2-Way)을 전환시켜 실린더 등을 제어하며 4개의 솔레노이드 밸브가 메니폴드 블록에 취부되어 공통으로 압축 공기가 공급, 배기되며 배기 포트에는 소음기가 부착되어 있다.

솔레노이드 밸브의 코일 구동전압은 DC 24V

이며 자체에 동작표시 Lamp가 내장되어 있다. 또한 솔레노이드 밸브의 몸체 위에 Push 버튼 스위치로 수동 조작이 가능하다.

#### ② 수평이동 복동 실린더(H-Cylinder)

로봇의 X축 이동을 지원하는 공압 복동 실린더로 Rotor 위에 부착되어 있으며 최대 이동 거리는 150mm 이다. 실린더의 전, 후진 작동 위치를 검출하기 위한 근접센서(Limit Sensor)가 부착되어 있으며, 2개의 가이드 레일로 부하에 의한 실린더 로드와 비틀림을 방지하였다. 또한 이 실린더 제어용 밸브로 5/2-Way 솔레노이드 밸브 (SV-2)가 설치되어 있다.

- Limit Sensor LS3 : H-실린더 후진 상태 검출
- Limit Sensor LS4 : H-실린더 전진 상태 검출

#### ③ 수직이동 복동 실린더(V-Cylinder)

로봇의 X축 이동을 지원하는 공압 복동 실린더로 H-Cylinder의 끝단에 부착되

어 있으며, 회전 방지형이며 최대 이동거리는 75mm이다. 실린더의 전, 후진 작동 위치를 검출하기 위한 근접센서(Limit Sensor)가 부착되어 있으며, 검출 위치 조절이 가능한 구조로 되어 있다. 또한 이 실린더의 제어용 밸브로 5/2-Way 솔레노이드 밸브 (SV-3)가 설치되어 있다.

- Limit Sensor LS5 : V-실린더 후진상태 검출
- Limit Sensor LS6 : V-실린더 전진상태 검출

#### ④ 회전 실린더(Hi-Rotor)

로봇 몸체의 회전 운동을 지원하는 공압 Rotor로 회전 각도는 최대 180°이다. 회전 실린더의 위치를 검출하기 위한 두 개의 마그네틱센서가 좌, 우에 부착되어 있으며, 이 회전 실린더의 방향 제어용 밸브로 5/2-Way 솔레노이드 밸브 (SV-1)가 설치되어 있다.

- Limit Sensor LS1 : 회전 실린더 Start 점 0°
- Limit Sensor LS2 : 회전 실린더 End 점 180°

#### ⑤ 속도 조절 밸브

속도 조절 밸브(일방향 유량조절)는 H-Cylinder, V-Cylinder, Rotor, Air-Chuck의 입출력 포트에 직접 연결되어 압축공기의 유량을 한 방향으로 제어해서 공압 구동기기의 작동 속도를 개별로 조절한다.

본 장치의 속도 조절 밸브는 솔레노이드 밸브에서 공급되는 공기의 양은 조절이 안 되고 실린더에서 빠져나오는 (Drain Out) 공기를 제어할 수 있도록 설계되어 있다.

- CW : 유량이 작아진다.
- CCW : 유량이 커진다.

#### ⑥ 압력 조절 밸브

로봇을 움직이는 공압 구동기기(Pneumatic 액추에이터)에 공급되는 압축 공기의 Main 압력을 조절한다.

- 압력 조정 범위 : 0.5~7.5kgf/Cm<sup>2</sup>

· 압력 게이지 부착 : 표시눈금 (0~10kgf/Cm<sup>2</sup>)

#### ⑦ 완충 장치(Shock Absorber)

H-Cylinder의 구조물에 부착되어 있으며, 수평이동 실린더의 전진행정 종단에서 멈출 때의 충격을 흡수하여 정확한 위치제어를 할 수 있게 하며, 압력 조절이 가능한 구조로 되어 있다.

#### ⑧ 마그네틱 센서(LS1, LS2)

회전 실린더의 좌, 우 (0°, 180°) 위치 검출용 센서로 Rotor 고정부에 Magnet SW 2개가 설치되어 있고, Magnet는 회전하는 상단 구조물에 부착되어 있다.

#### ⑨ 근접센서(LS3~LS7)

수직, 수평이동 실린더의 전후진 측의 피스톤 위치를 검출하기 위한 근접 스위치로 위치 조절이 가능한 구조로 되어 있다.

#### ⑩ 공작물 지지대 및 공작물

공작물 지지대는 4개로 구성되며 4군데의 작업 위치에 설치되어 공작물이 이곳에 운반된다.

#### ⑪ 로봇 조절 Panel

로봇을 제어하기 위한 PLC 입출력 단자 및 각종 조작 스위치로 구성되어 있다.

#### ⑫ Finger(Air-Chuck)

공작물의 Handling Motion을 지원하는 복동 Air-Chuck으로 수직이동 실린더의 로드 끝단에 장착되어 있으며, 개폐 각도는 약 -2°~+20°이다.

손가락 부위에 완충고무가 부착되어 있고, 잡기 동작 상태를 검출하는 근접 센서 (LS7)가 뭉치에 부착되어 있다. 공작물의 크기에 따라 GRIP 검출위치를 조절할 수 있다. 또한 Finger 제어용 5/2-Way 솔레노이드 밸브 (SV-4)가 설치되어 있다.

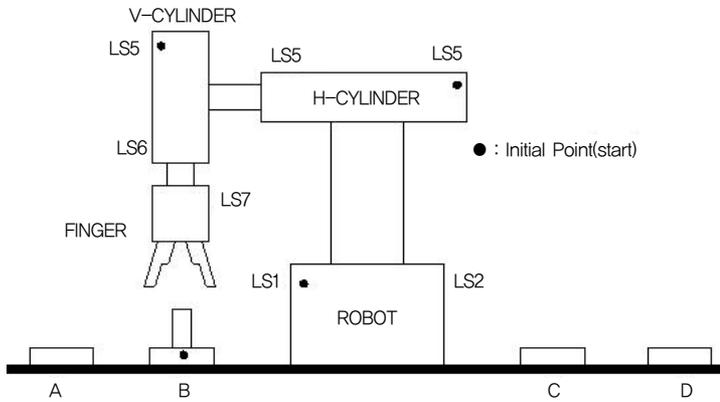


그림 4-15 액추에이터 및 센서

## 2) 액추에이터 작동 위치 및 센서 배치도

● 로봇의 초기 상태는 다음의 그림처럼 ㉠ 위치 상태이며 모든 공압 액추에이터가 동작하지 않는 상태에서 Program이 시작된다.

### ● 공작물위치

- |   |       |                                      |  |
|---|-------|--------------------------------------|--|
| ㉠ | ..... | 수평 이동 실린더 (H-Cylinder) : 전진위치        |  |
|   |       | 회전 실린더 (Rotor) : 정지 상태 (Start Point) |  |
| ㉡ | ..... | 수평 이동 실린더 (H-Cylinder) : 후진 위치       |  |
|   |       | 회전 실린더 (Rotor) : 정지 상태 (Start Point) |  |
| ㉢ | ..... | 수평 이동 실린더 (H-Cylinder) : 후진위치        |  |
|   |       | 회전 실린더 (Rotor) : 회전 상태 (End Point)   |  |
| ㉣ | ..... | 수평 이동 실린더 (H-Cylinder) : 전진 위치       |  |
|   |       | 회전 실린더 (Rotor) : 회전 상태 (End Point)   |  |

### ■수동조작 4가지 기능

- HI-ROTOR : 회전 운동 위한 Rotor 구동 (SV-1)
- H-CYLINDER : 수평 직선 운동을 위한 Cylinder 구동 (SV-2)
- V-CYLINDER : 수직 직선 운동을 위한 Cylinder 구동 (SV-3)
- FINGER : Finger 잡기 운동을 위한 Air-Chuck 구동 (SV-4)

## 3) 로봇 조절 PANEL

- ① 전원 스위치 : ON, OFF 기능  
Power ON 시 Lamp 점등(적색)
- ② Manual 작동 스위치(Push-Button)

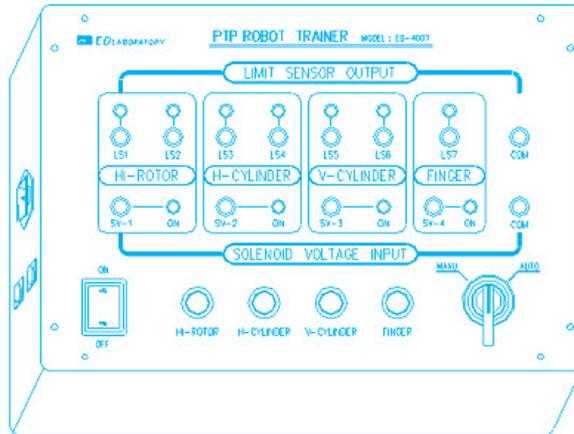


그림 4-16 조절 PANEL

- ③ Operating Selector 스위치 : Auto Manual 선택 기능  
 AUTO : PLC 제어에 의한 자동 운전  
 MANU : 로봇 조절 Panel 자체로 수동 운전

## 2 PLC에 의한 제어 실습

우선 PLC에 대한 사용법을 충분히 이해한 후에 시스템을 구성하여 PLC Programming 실습을 하도록 한다. 예제 Test Program은 ED-4260을 기준으로 하여 작성된 것으로 실습을 위한 시스템의 연결 방법은 그림 4-17과 그림 4-18의 내용을 참고하여 결선하기 바란다.

### (1) PLC 입출력 단자의 배선

그림 4-17, 그림 4-18과 같이 연결된 입/출력 요소들의 기계적인 연결 및 배치 상태, 즉 시스템의 전체적인 구성은 다음의 그림 4-19와 같은 형태이다.

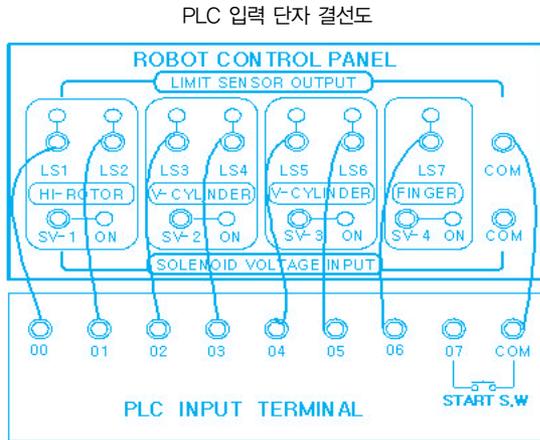


그림 4-17 PLC Unit와 PTP 로봇의 테스트 프로그램 동작을 위한 연결도

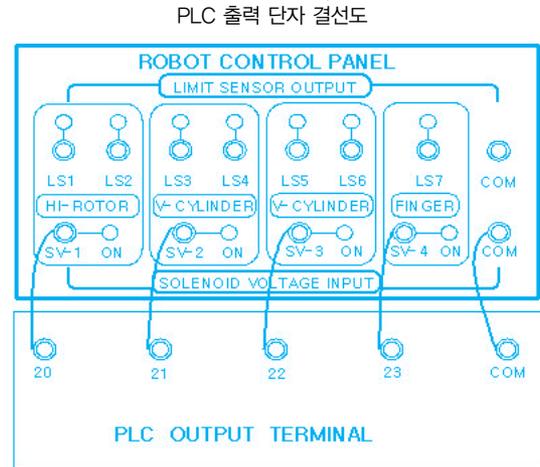


그림 4-18 PLC Unit와 PTP 로봇의 테스트 프로그램 동작을 위한 연결도

## (2) 시스템 작동 상태 (프로그램 구상)

초기 상태는 그림 4-19에서와 같이 B위치에 공작물이 놓인 상태에서 시작하며 다음과 같이 4단계로 작동을 한다.

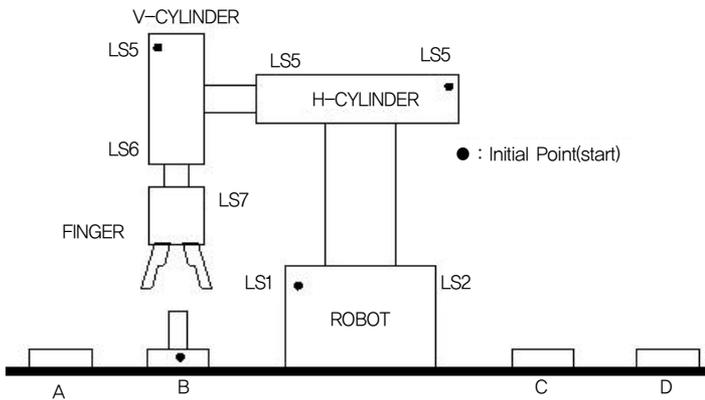


그림 4-19 로봇 & 공작물의 초기 상태

■ 초기 상태에서 1단계  
→ 2단계 → 3단계  
→ 4단계 순서대로  
동작하며 각 단계별  
지연 시간(Delay  
Time)은 3초로 정해  
주었다. 또한 4단계  
동작이 끝나면 T145  
접점을 이용하여 계  
속해서 반복동작이  
이루어지도록 한다.

- 1단계 : B위치 → A위치로 공작물을 옮긴 후 복귀한다.
- 2단계 : A위치 → C위치로 공작물을 옮긴 후 복귀한다.
- 3단계 : C위치 → D위치로 공작물을 옮긴 후 복귀한다.
- 4단계 : D위치 → 처음 상태인 B위치로 공작물을 옮긴 후 복귀한다.

### (3) PLC 입출력 LIST

이제 시스템의 작동 상태가 결정되었으면 이제는 시스템 구성에 필요한 요소들을 제어하려는 PLC와 연결하는 것이 순서인데, 이를 위해 입/출력을 할당하여야 한다.

입출력을 할당한다는 것은 사용하려는 PLC의 입력과 출력 단자에 어떠한 제어 요소를 연결하겠다는 것을 나타내는 표로, 사용하는 PLC 기종에 따라 주소(Address)를 나타내는 방법이 다름에 유의하여야 한다.

여기서는 현재 국내에서 많이 사용하고 있는 기종 2가지에 대하여 살펴본다.

#### 1) 구형의 LG 산전 PLC (G5 시리즈) 사용

Master-K 혹은 GLOFA 시리즈가 발표되기 이전에 많이 사용하던 PLC를 이용한 입출력 할당표이다.

표 4-2 입출력 할당표 1 (G5 시리즈)

PLC 구 분	I/O 번 지	내 용
입 력	X000	회전축 실린더 (Rotor) LS1 위치감지
	X001	" LS2 "
	X002	수평축 실린더 LS3 위치감지
	X003	" LS4 "
	X004	수직축 실린더 LS5 위치감지
	X005	" LS6 "
	X006	Finger 공작물 Gripper 감지
	X007	Program Start S.W

출 력	Y20	Solenoid V/V (SV-1) 회전 Rotor
	Y21	" (SV-2) H-Cylinder
	Y22	" (SV-3) V-Cylinder
	Y23	" (SV-4) Finger

## 2) GLOFA 시리즈를 사용

표 4-3은 최근에 많이 사용하고 있는 LS 산전의 대표적인 PLC인 GLOFA를 이용한 경우의 입출력 할당을 보인다.

표 4-3 입출력 할당표 2 (GLOFA 기준)

입력 (INPUT)				출력 (OUTPUT)			
센서 기호	기능	표시 변수	절대 번지	작동기 기호	기능	표시 변수	절대 번지
LS 1	로터리 실린더 좌측 위치	P0	%I0.0	ROTOR	회전	P20	%Q0.20
LS 2	로터리 실린더 우측 위치	P1	%I0.1	수직 Cyl.	수직 운동	P21	%Q0.21
LS 3	수평 실린더 후진 위치	P2	%I0.2	수평 Cyl.	수평 운동	P22	%Q0.22
LS 4	수평 실린더 전진 위치	P3	%I0.3	Finger	집게 역할	P23	%Q0.23
LS 5	수직 실린더 상승 위치	P4	%I0.4				
LS 6	수직 실린더 하강 위치	P5	%I0.5				
LS 7	End Effector 닫힘 위치	P6	%I0.6				
PB 1	시작 버튼	P7	%I0.7				

## (4) 공압 작동 요소

이 로봇 시스템을 구성하고 있는 공압 작동 요소들이 시스템을 구성하는 회로도를 표시하면 그림 4-20과 같다

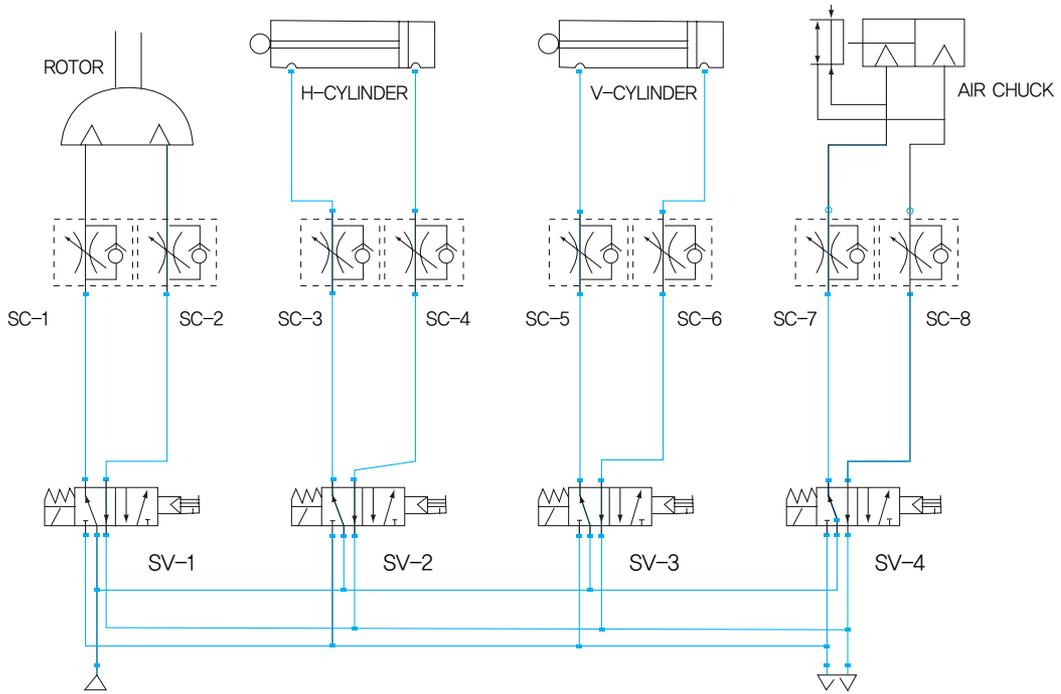


그림 4-20 시스템 구성 공압 회로도

### 3 예제 프로그램 실습하기

지금까지 설명한 PTP 로봇을 이용한 실습을 진행해 보기로 한다. 앞에서 우선 동작시키고자 하는 시스템의 운전 상태를 결정하고, 이것을 바탕으로 시스템을 구성하는 데 필요한 입력과 출력 요소들을 결정하고 입/출력 할당표를 작성함으로써 기본적인 하드웨어 구성은 마무리되었다.

이제는 PLC를 이용하여 제어하기 위한 프로그램(소프트웨어)을 작성하는 방법을 살펴보자. PLC를 이용하여 프로그램하는 방법에는 여러 가지가 있는데 특히 중요한 것은 어떠한 프로그램 언어를 사용하는가인데, 이것은 PLC를 생산하는 메이커마다 서로 다른 특징을 지닌 언어를 사용하고 있기 때문에 호환성 부분에 문제가 되고 있어, 세계적인 표준을 만들려고 하는 움직임이 여러해 전부

터 있어 왔다.

대체로 많이 이용되고 있는 PLC 언어를 나열하면 아래와 같다

- LD : Ladder Diagram
- IL : Instruction List (Mnemonic List)
- STL : Structured Text (Statement List)
- FCL : Function Chart List
- 기타 : Basic, Teach-in Mode 방식 등이 있다

이러한 프로그램 언어는 IEC(국제전기위원회)에서 표준화한 PLC용 언어로 구분할 경우 2개의 도형 기반 언어와 2개의 문자 기반 언어로 나눌 수 있다 이를 기반으로 구분하면 다음과 같다.

### ① 도형식 언어(Graphic Language)

- LD : 릴레이 로직 표현 방식의 언어
- FCL : Flow Chart 방식으로 공정의 흐름을 기반으로 프로그램 작성

### ② 문자식 언어(Text language)

- IL : 어셈블리 형태의 언어
- STL : 파스칼 형태의 고급의 언어 (문어체적 수준)

현재 국내에서 많이 사용하고 있는 LS 산전의 GLOFA 시리즈에서는 LD, IL 및 FCL 방식의 언어가 지원되고 있다.

여기서는 세계적으로 권장하고 있으며 국내에서도 사용이 많은 래더 다이어그램 (Ladder Diagram)을 이용한 프로그램 방식으로 작성해 보기로 한다.

다음의 래더 회로도(는 LS 산전의 GLOFA 기종을 기준으로 작성한 프로그램이다.

## 1) 래더 회로도 (Ladder diagram) 작성하기

**실습 목표**

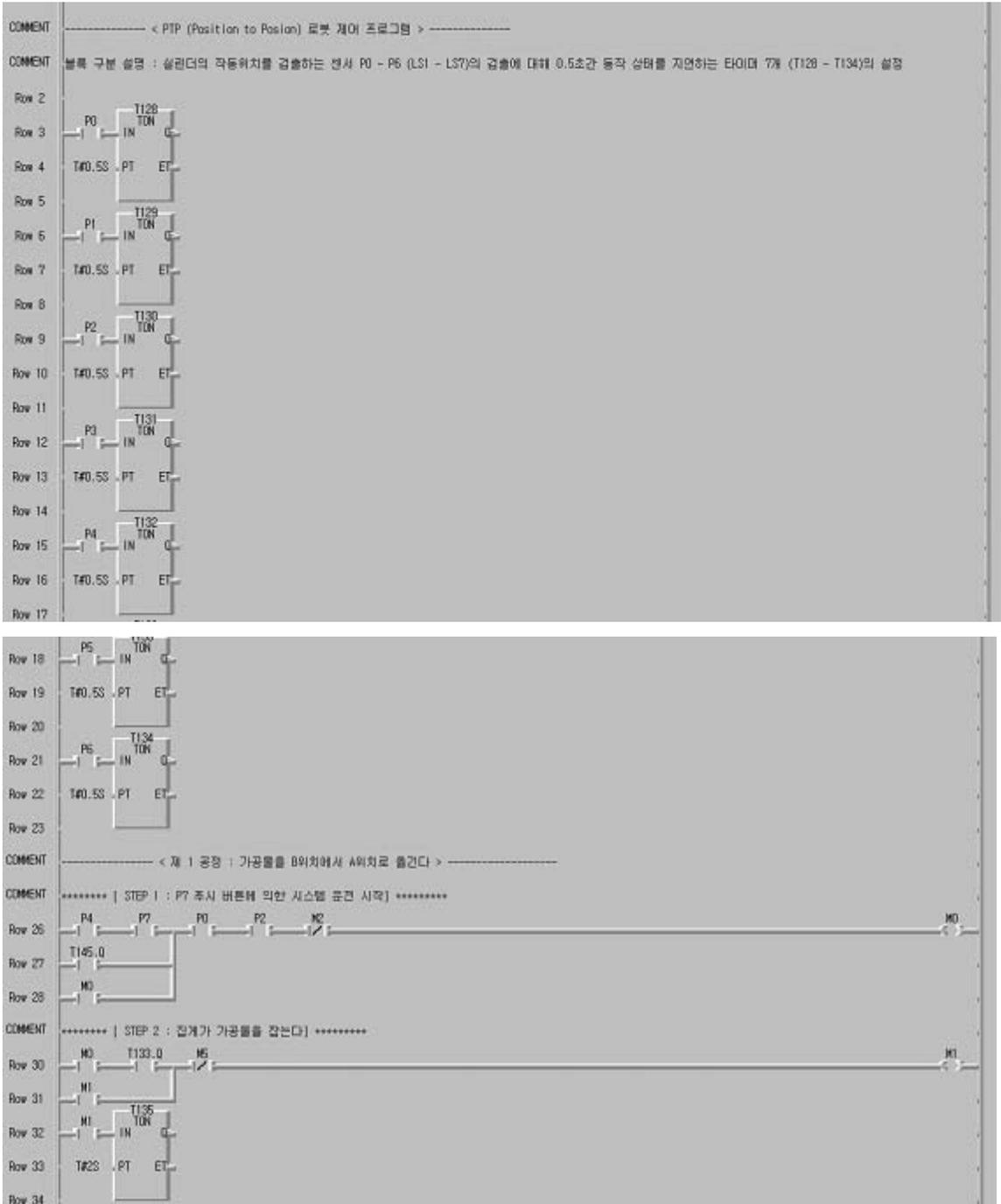
목표물의 위치를 다음과 같은 순서대로 이동시키는 프로그램을 작성해 본다.  
(B 위치 → D 위치, D 위치 → C 위치, C 위치 → A 위치, A 위치 → B 위치)

**실습 순서**

- 제 1공정 : 가공물의 위치를 B위치에서 A위치로 옮긴다.
  - STEP 1 : P7 푸시 버튼에 의한 시스템 운전 시작
  - STEP 2 : 집게가 가공물을 잡는다.
  - STEP 3 : 수직 실린더가 상승한다.
  - STEP 4 : 수평 실린더가 전진한다.
  - STEP 5 : 수직 실린더가 하강한다.
  - STEP 6 : 집게가 가공물을 놓는다
  - STEP 7 : 수평 실린더가 후진한다.
  
- 제 2공정 : 가공물의 위치를 A위치에서 C위치로 옮긴다.
  - STEP 1 : 1단계가 끝나고 3초간 대기한 이후에 2단계 작업 시작
  - STEP 2 : 수평 실린더가 전진한다.
  - STEP 3 : 수직 실린더가 하강한다.
  - STEP 4 : 집게가 가공물을 잡는다.
  - STEP 5 : 수직 실린더가 상승한다.
  - STEP 6 : 수평 실린더가 후진한다.
  - STEP 7 : 로터리 실린더가 정회전 운동을 시작한다.
  - STEP 8 : 수직 실린더가 하강한다.
  - STEP 9 : 집게가 가공물을 놓는다.

- STEP 10 : 수직 실린더가 상승한다.
  - STEP 11 : 로터리 실린더가 역회전 운동을 시작한다.(초기위치로 복귀)
- 제 3공정 : 가공물의 위치를 C위치에서 D위치로 옮긴다.
    - STEP 1 : 2단계가 끝나고 3초간 대기한 이후에 3단계 작업 시작
    - STEP 2 : 로터리 실린더가 정회전 운동을 시작한다.
    - STEP 3 : 수직 실린더가 하강한다.
    - STEP 4 : 집게가 가공물을 잡는다.
    - STEP 5 : 수직 실린더가 상승한다.
    - STEP 6 : 수평 실린더가 전진한다.
    - STEP 7 : 수직 실린더가 하강한다.
    - STEP 8 : 집게가 가공물을 놓는다.
    - STEP 9 : 수직 실린더가 상승한다.
    - STEP 10 : 수평 실린더가 후진한다.
    - STEP 11 : 로터리 실린더가 역회전 운동을 시작한다.
  - 제 4공정 : 가공물의 위치를 D위치에서 B위치로 옮긴다.
    - STEP 1 : 3단계가 끝나고 3초간 대기한 이후에 4단계 작업 시작
    - STEP 2 : 로터리 실린더가 정회전 운동을 시작한다.
    - STEP 3 : 수평 실린더가 전진한다.
    - STEP 4 : 수직 실린더가 하강한다.
    - STEP 5 : 집게가 가공물을 놓는다.
    - STEP 6 : 수직 실린더가 상승한다.
    - STEP 7 : 수평 실린더가 후진한다.
    - STEP 8 : 로터리 실린더가 역회전 운동을 시작한다.
    - STEP 9 : 수직 실린더가 하강한다.
    - STEP 10 : 집게가 가공물을 잡는다.

- STEP 11 : 수직 실린더가 상승하고 처음부터 다시 시작한다.

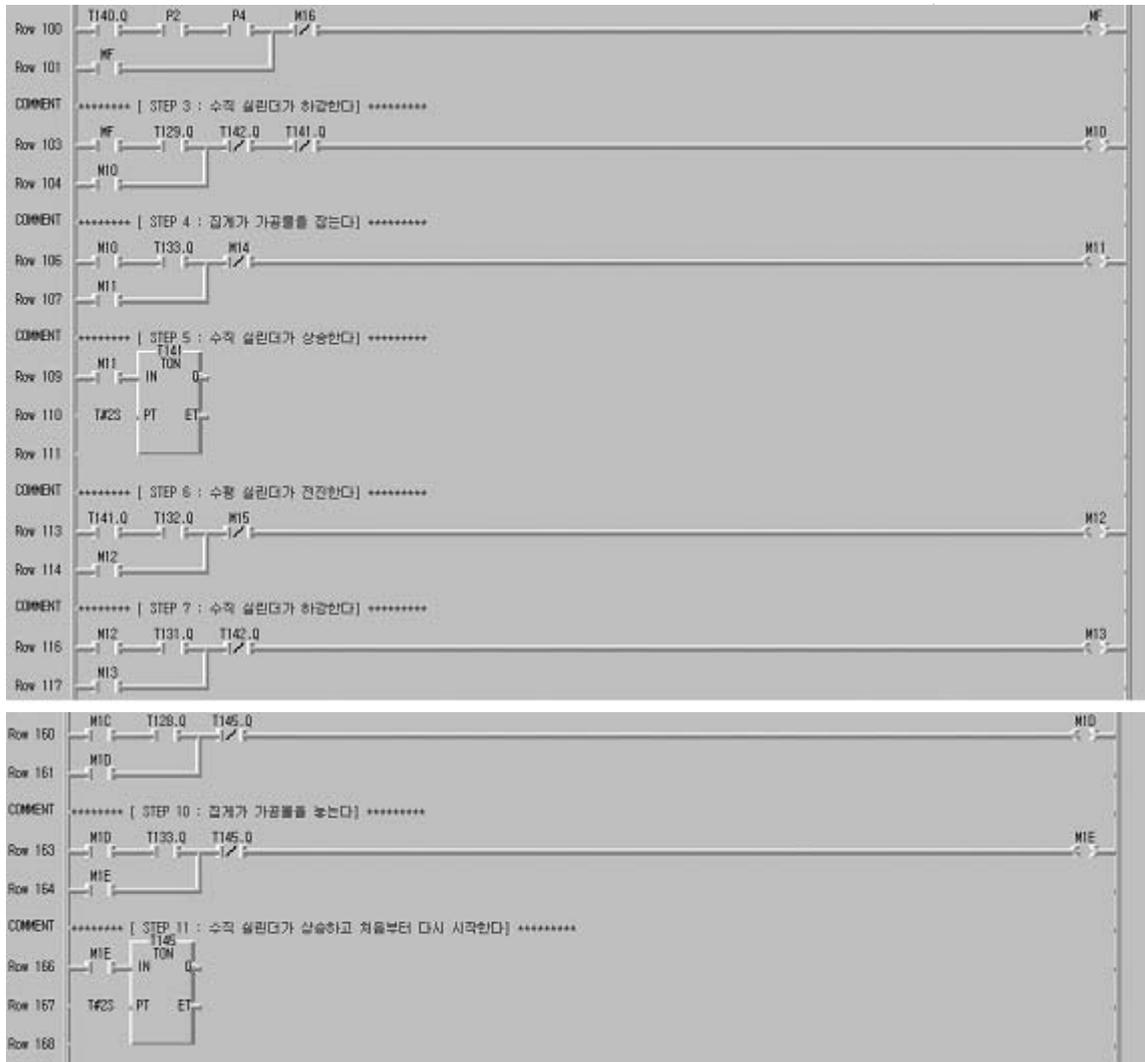


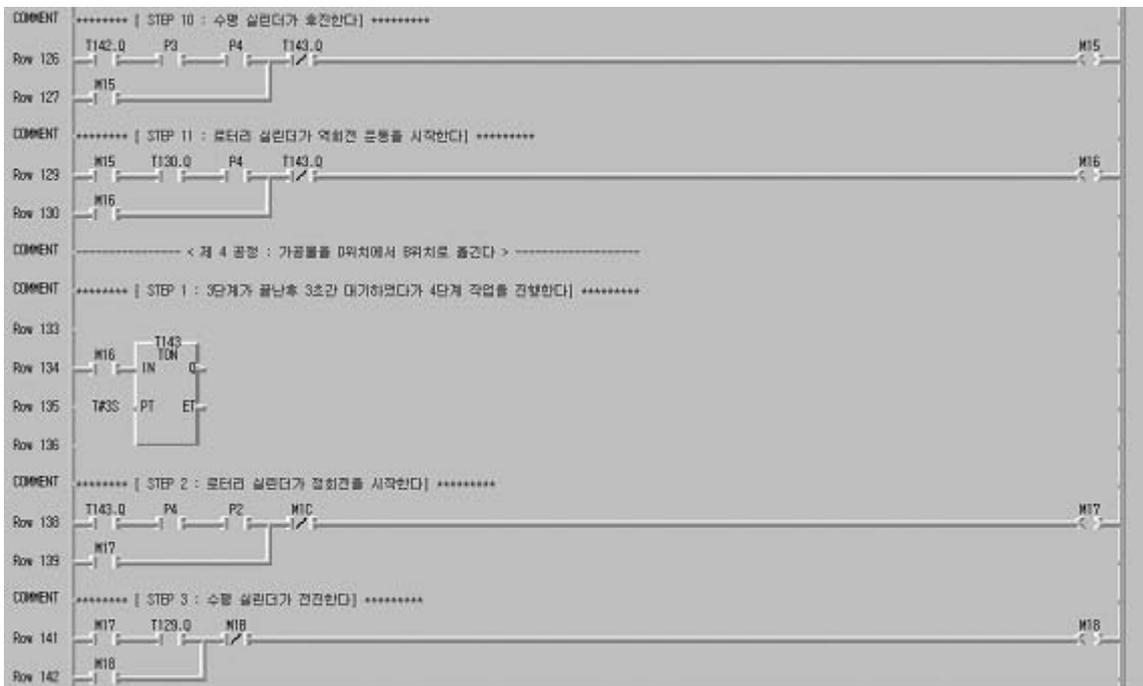












## 2) 시스템 구성 및 동작 실습

위에 표시된 래더 다이어그램을 PLC에 입력하고 지정된 입/출력 할당표에 맞추어 하드웨어 배선을 실시하고, 시스템이 예정된 시퀀스에 따라 진행되는지 확인하는 과정을 실습하면 된다.

# 03 다관절 로봇 제어

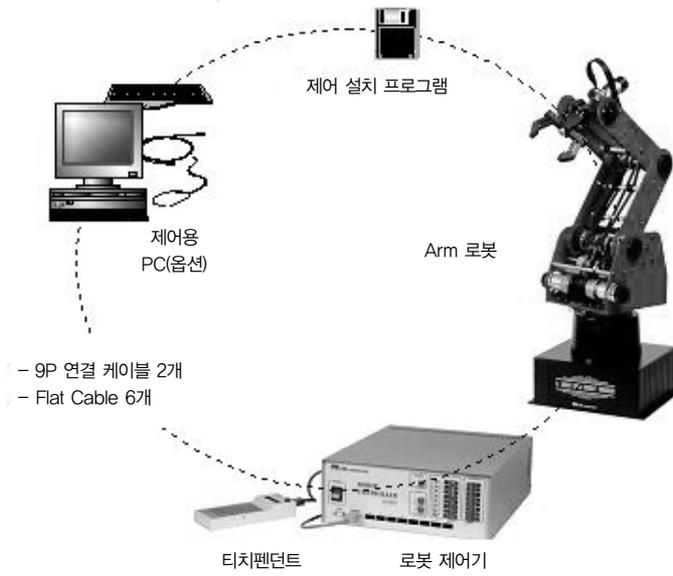


그림 4-21 시스템 구성

실제 산업체에서 사용되는 로봇 시스템은 기계적인 암(Mechanical Arm), 컴퓨터 기반 제어기(Computer-Based Controller), 툴링(End-of-Arm Tooling), 티치펜던트(Teach Pendant)로 구성된다. 실습에 사용될 장비는 그림 4-21과 실제 산업체 로봇 시스템의 요소를 모두 포함하고 있는 교육 전용 시스템으로 제작되었다. 즉, 로봇 본체, 로봇 제어기, 그립퍼, 티치펜던트, 컴퓨터상의 프로그램 편집/실행으로 구성되어 있다.

또한 사용자가 직접 로봇을 제어(각 관절의 DC Motor를 제어)할 수 있도록 Serial Port를 제공하고 ASCII Code로 주어진 Remote Control Command에 따라 직접 로봇을 제어할 수 있다. Teach Pendant 또는 RoboTalk 제어 프로그램으로 로봇을 제어할 수 있으며, Programming에 따라 반복 운동이 가능한 로봇 암 실습 장치이다.

## 1 실습 장비의 구성

### (1) 다관절 로봇

본 다관절 로봇은 Base(허리), Shoulder(어깨), Elbow(팔꿈치), Pitch(손목 방위각), Roll(손목회전)의 5관절과 Gripper(손가락)로 6개의 DC Motor로부터 동력을 전달받으며, 특히 Elbow, Pitch, Roll은 Motor의 기어로부터 Timing Belt를 통해 동력을 전달받게 된다. 또한 Roll과 Pitch는 M4와 M5를 동시에 구동하여 동력을 전달받도록 설계되었다.

6개의 모터는 각각 감속 기어 Box와 Encoder Box를 갖고 있으며, Encoder는 회전속도와 좌우 회전 상태를 감지하는 중요한 역할을 하고 있다. 또한, Base, Shoulder, Elbow, Pitch, Roll은 각각 Micro Switch(S로 표기)를 갖고 있으며 Base와 Shoulder는 Limit Bar로 회전각을 제한하도록 설계되었다.

Base의 동력 전달은 그림 4-22에서의 M1이 Base, Shoulder는 M2, Elbow는 M3, Pitch 와 Roll은 M4 와 M5에 의하여 동력을 전달받으며, M6은 Gripper에 동력을 전달한다.

전기적 구성품은 다음과 같다.

- ① Motor : 5개의 축과 Gripper는 DC Motor의 회전 방향에 따라 좌우 또는 상하로 동한다. DC Motor의 회전은 Controller로부터 정(正)의 전압과 부(負)의 전압을 공급하여 회전 방향이 결정된다. 또한 6개의 DC Motor는 각 Optical Encoder를 내장하고 있다.
- ② Encoder : 6개의 Motor에 장착되어 있는 각 Encoder는 로봇 팔의 각 관절

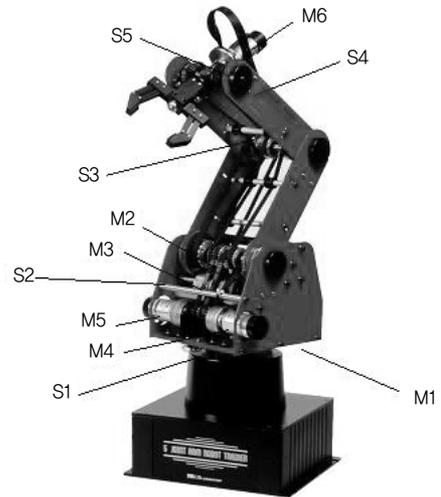


그림 4-22 ARM-7220C-4 모터 위치와 명칭

의 위치, 회전 방향 및 속도를 항상 감지한다. 각 엔코더는 2개의 Electric Pulse를 제공하고 있으며 이를 Controller가 2개의 위상차로 회전 방향을 판별하고 카운트하여 위치를 제어하며 주파수에 따라서 속도를 제어한다.

- ③ Micro Switch : 5개의 관절은 각각 Micro Switch를 갖도록 설계되어 있으며 로봇의 Hardhome(기계적 원점) 위치에서 각각의 Micro Switch는 Close 된다.
- ④ Cable : 다관절 로봇과 조절 Box는 50 Pin Connector로 연결되어 있으며 리드선은 M1부터 M6 까지 6개의 Group으로 묶여 있다.

각 Group의 리드선은 다음과 같다.

- Positive Voltage Motor
- Negative Voltage Motor
- Encoder GND
- Supplies Voltage to the Encoder ( $V_{LED}$ )
- Encoder Channel 0 (P0)
- Encoder Channel 1 (P1)
- Micro Switch GND
- Supplies Voltage to the Micro Switch ( $V_S$ )

## (2) 로봇 제어기

로봇 제어기는 그림 4-23과 같이 컴퓨터(호스트)와의 통신을 위한 RS-232C 시리얼 포트와 로봇의 각 축에 위치한 모터를 구동하기 위한 8개의 DC 서보 모터(A~H), 터치펜던트와의 통신을 위한 인터페이스, 외부 I/O단자대를 제공하고 있다.

- ① Power Switch : 메인 전원의 ON/OFF를 수행하고, 스위치 내부에 파일

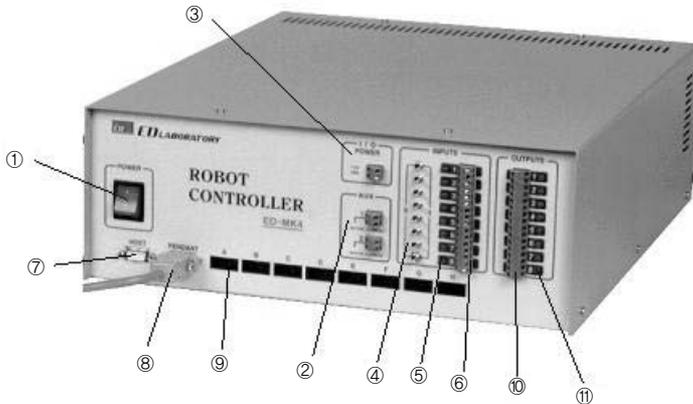


그림 4-23 로봇 제어기의 전면도

릿 램프가 내장되어 있으므로 ON시 램프가 점등된다.

- ② Aux Terminal : 2점의 추가적인 모터 제어를 위한 포트를 제공하고 있다. A~H 모터 포트 외에 추가적으로 사용할 수 있다.
- ③ I/O Power : 외부장비와의 인터페이스를 위한 DC12V의 전원을 제공하고 있다.
- ④ Input Switch : 각 Input Toggle Switch는 PC상에서의 프로그램 명령어에 의해 인식된다. 특히, 프로그램의 디버깅용으로 유용하게 사용될 수 있다.
- ⑤ Input LED : 해당 Input Port가 ON일 때 점등된다.
- ⑥ Input Terminal : 각 Port는 입력점과 COM으로 구성되며, Port에는 +12V, COM에는 0V를 인가시 ON된다.
- ⑦ HOST Connector : PC와 9P Cable을 통해서 시리얼 통신을 수행한다.
- ⑧ PENDANT Connector : 터치펜던트와 9P Cable을 통해서 시리얼 통신을 수행한다.
- ⑨ Motor Port (A~H) : 로봇 각 관절에 위치하고 있는 모터 제어신호와 엔코더 신호를 수신하기 위한 포트이다.
- ⑩ Output Terminal : 각 Port는 출력점과 COM으로 구성되며, 출력이

ON되면 해당 Port의 출력점과 COM 양단이 내부적으로 연결된다.

- ⑪ Output LED : 해당 Output Port가 ON일 때 점등된다.

입출력 점들은 수많은 산업계 I/O제어와 센서들과의 인터페이스를 가능토록 한다. 이들 입출력 점들은 외부 I/O와 센서들에 전원을 가하기 위해서 3A, DC12V 전원 단자를 제공한다.

### (3) 티칭 펜던트

그림 4-24의 티칭펜던트는 로봇 제어기 전면 패널의 PENDANT 단자에 연결된다. 펜던트는 마이크로프로세서로 제어되는 프로그래밍 부문으로서 29개 입력 키를 갖고 있으며, 각 라인당 16문자로 구성된 2라인의 LCD 디스플레이를 제공하고 있다. 펜던트만을 사용해서 응용 프로그램을 작성할 수 있으며, 호스트 컴퓨터상의 프로그램 내에서 로봇 이동 위치를 설정하기 위해서 사용된다.

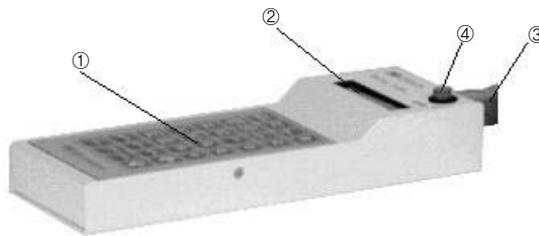


그림 4-24 티칭 펜던트

- ① Key PAD : 4×7 Key PAD
- ② LCD : 16×2 Character LCD
- ③ Interface Connector : ED-MK4 Controller의 Pendant 9P단자에 연결
- ④ Emergency Stop : 동작중인 로봇 암의 모든 동작을 중지시킨다.

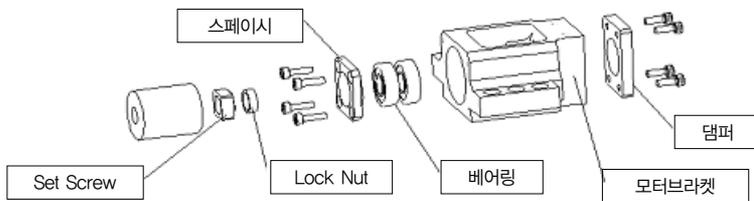
# 04 산업용 로봇 분해 조립

직교 로봇은 산업용의 기본이 되는 로봇이다. 본 실습에서는 이런 직교 로봇을 분해, 조립해 보고 이를 통해 직교 로봇의 구조와 동작원리를 학습한다.

조립의 순서는 모터 브라켓 조립, AC 서보모터 조립, 지지축 조립, Ball Screw 조립, LM 가이드 기본 배치, 부품의 배치 I/II, 슬라이더 조립, 센서 조립과 슬라이더 고정, 동작 검사, 상부 커버 조립, 측면 커버 조립의 12단계를 거쳐 완성된다.

다음은 각 조립 단계별 상세 설명으로 제시된 바에 따라 조립을 진행해 본다.

## 1 모터 브라켓 조립

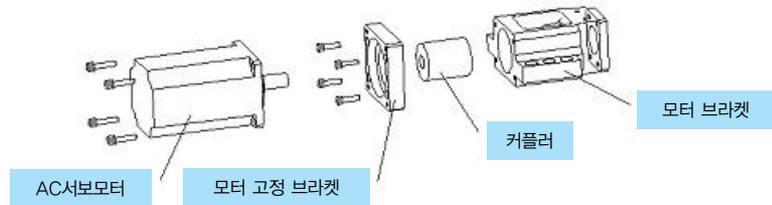


- 1 모터 브라켓에 댐퍼(Damper)를 부착하고 볼트로 고정한다.
  - 사용 볼트 : M4 X 12 mm - (4EA)
- 2 Bearing (2EA)을 모터 브라켓에 삽입하고, 스페이서를 잘 맞추어 볼트로 고

정한다.

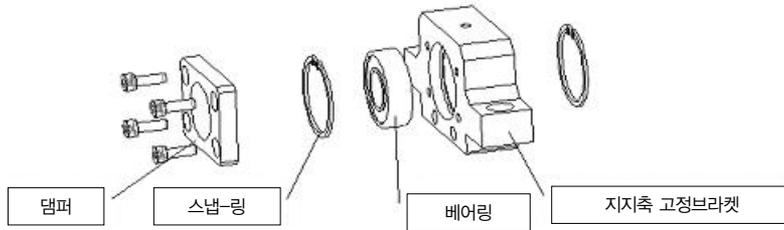
- 사용 볼트 : M4 X 15 mm 육각렌치볼트
  - 체결 토크 : 65Kgf
- ③ Ball Screw를 베어링에 관통하여 모터 브라켓 내부로 삽입한다.
  - ④ Lock Nut를 삽입된 Ball Screw 앞 부분에 끼운 후 Set Screw로 고정 체결한다.

## 2 AC 서보 모터 조립



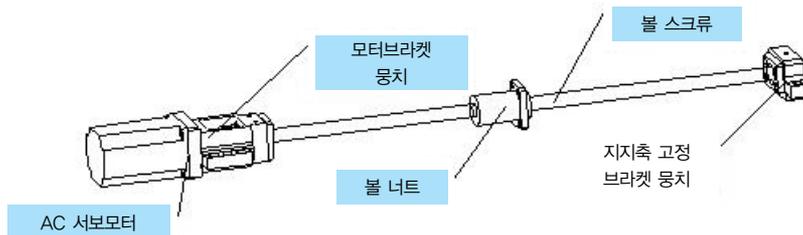
- ① 조립된 모터 브라켓에 모터 고정 브라켓을 부착하고 볼트로 고정한다.
  - 사용 볼트 : M4 X 15 mm - (4EA)
  - 체결 토크 : 50Kgf
- ② 동력전달용 커플러를 AC 서보 모터 축에 끼운다.
- ③ AC 서보 모터를 모터 브라켓에 잘 맞추어 위치시키고, 모터 고정용 와서 볼트로 체결한다.
  - 사용 볼트 : M4 X 20 mm 육각렌치볼트 - (4EA)
  - 체결 토크 : 70Kgf

### 3 지지축 조립



- ① 지지축 고정 브라켓에 베어링을 삽입한다.
- ② 스냅-링을 이용하여 양쪽 홈에 잘 맞추어 베어링을 고정한다.  
(링-노즈 플라이어 이용)
- ③ 조립한 지지축 고정브라켓에 댐퍼를 맞추어 볼트로 고정한다.
  - 사용 볼트 : M4 X 12 mm 육각렌치볼트
  - 체결 토크 : 28Kgf

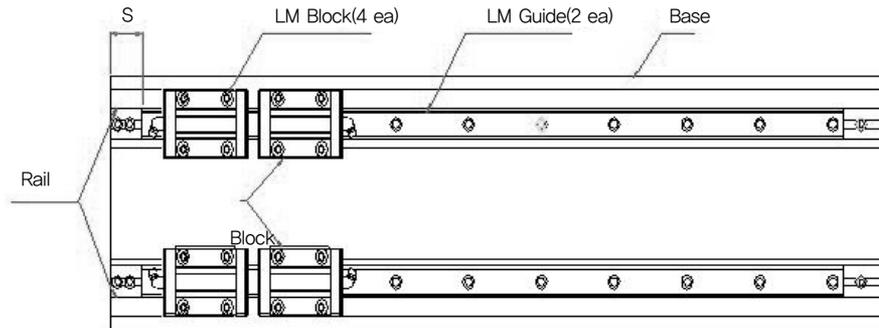
### 4 Ball Screw 결합



- ① 볼 스크류(Ball Screw)에 볼 너트(Ball Nut)를 시계방향으로 돌려서 끼운다.  
(분해 금지!!)
- ② 볼 스크류와 결합된 AC 서보모터와 모터 브라켓 뭉치를 전 단계에서 조립한

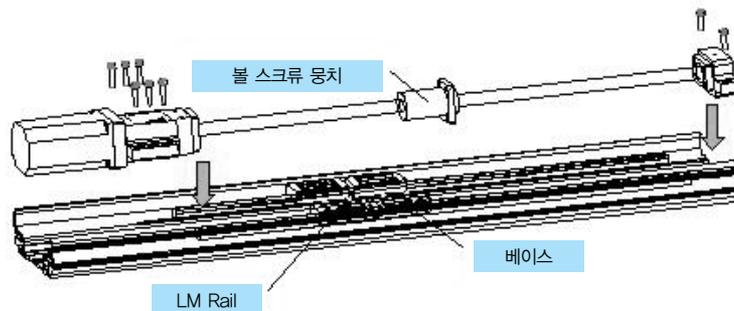
지지축 고정 브라켓 문치와 결합한다.

## 5 LM 가이드의 기본 배치



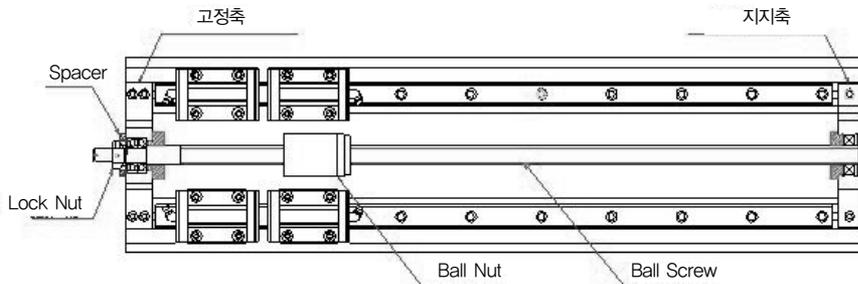
- ① Rail의 위치 S는 25.5 mm를 유지한다
  - 사용볼트 : LM GUIDE 고정용 (M3 X 12 - 18 EA)  
LM BLOCK 고정용 (M4 X 12 - 16 EA)
  - 체결 토크 : 20Kgf
- ② Rail과 Block의 기준면은 가공면과 비가공면으로 구분한다.

## 6 부품의 배치 I



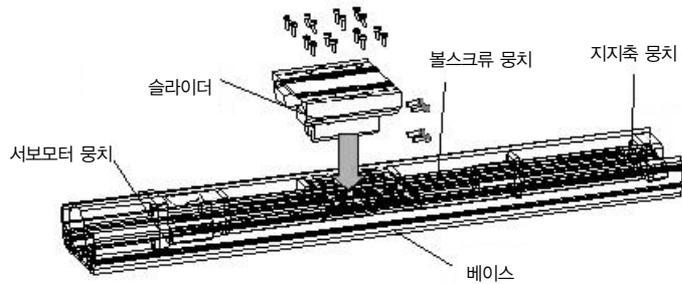
- ① 전 단계에서 조립한 볼 스크루(Ball Screw) 뭉치를 로봇베이스 고정 홀에 맞추어 위치시킨다.
- ② 볼 스크루 뭉치 양단에 있는 지지축 홀과 베이스 고정 홀을 일치시켜 기구물을 장착한다.
- ③ 고정 홀에 해당하는 볼트를 이용하여 가조립한다.
  - 사용 볼트 : M5 X 20 mm - (2EA), M5 X 25 mm - (6EA)
  - 체결 토크 : 60Kgf

### (1) 부품의 배치



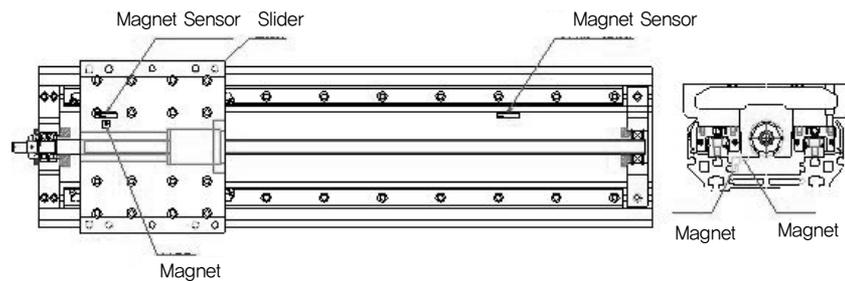
- ① 고정축 / 지지축 Bearing Housing에 댐퍼(Damper)를 끼운다.
- ② 고정축 Bearing Housing에 Ball Screw를 끼우고 Spacer를 넣은 다음 Lock Nut로 체결한다.
- ③ Lock Nut의 Set Screw를 체결한다.
- ④ 지지축 Bearing Housing에 Ball Screw의 끝단을 끼운다.
- ⑤ 고정축 / 지지축 Bearing Housing을 가조립한다.
  - 사용볼트 : M5 X 20 mm
  - 체결 토크 : 90Kgf

## 7 슬라이더 조립



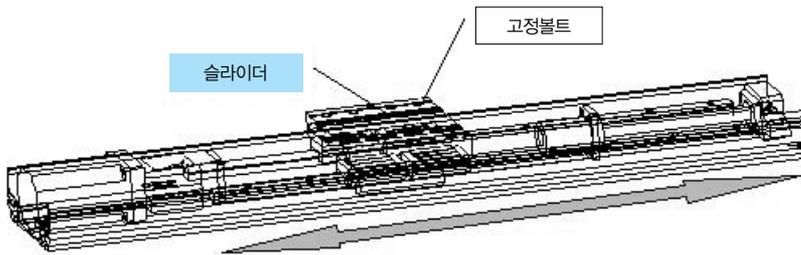
- ① 서보 모터 + 볼스크류 멩치 + 지지축 멩치를 베이스에 조립한 후 슬라이더를 제 위치에 맞춘다.
- ② LM BLOCK에 가공되어 있는 고정 홀에 슬라이더의 구멍을 맞춘다.
- ③ 슬라이더와 LM BLOCK을 볼트로 가조립한다.
  - 사용 볼트 : M4 X 12 mm
  - 체결 토크 : 35Kgf
- ④ 볼스크류 멩치에 끼운 볼너트의 홀과 슬라이더의 측면 구멍을 일치하여 볼트로 체결한다.
  - 사용 볼트 : M5 X 15 mm
  - 체결 토크 : 46Kgf

## 8 센서 조립과 슬라이더 고정



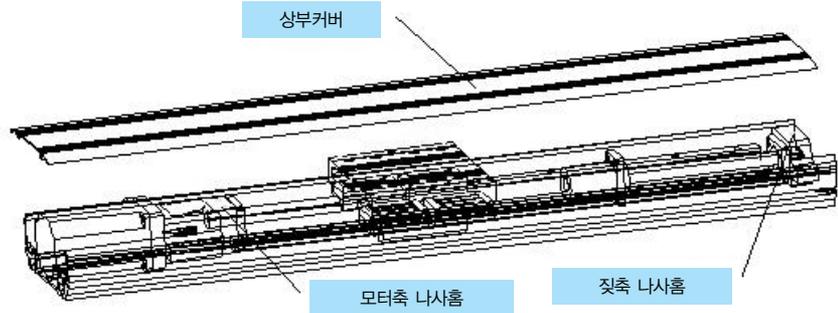
- ① Slider에 Magnet(M803)을 붙이고, Base에 Magnet Sensor(MS803NC)를 장착한다. Magnet를 장착할 때 흰색이 외부로 나오도록 한다.
  - Magnet 체결 볼트 : M3 X 5 mm 접시머리나사
  - Magnet Sensor 체결 볼트 / 나사 : M3 X 8 mm 렌치 볼트 / M3 너트
- ② Slider를 기준면으로 밀착하여 조립한다.
  - 사용 볼트 : M4 X 15 mm 육각 렌치 볼트
  - 체결 토크 : 46Kgf

## 9 동작 검사



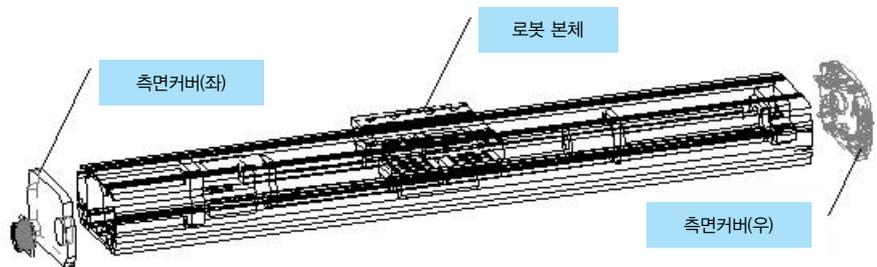
- ① Slider를 모터 지지축으로 이동한다.
- ② 슬라이더를 좌, 우로 이동해 가며 고정 볼트의 조임을 조정해 원활한 운동이 가능하도록 한다.
- ③ 전체적으로 가조립된 부분의 볼트 조임을 조정하면서 소음 또는 마찰이 발생하지 않도록 미세 조정을 한다.

## 10 상부 커버 조립



- ① 상부 커버의 조립을 위하여 베이스 본체에 내장된 모터 고정축과 지지축에 있는 홈 위치를 확인한다.  
(모터축 나사홈 : M4 X 8 mm, 지지축 나사홈 : M4 X 8 mm)
- ② 상부 커버를 조립하기 전에 서보모터의 배선 및 전기선들을 베이스와 커버에 걸리지 않도록 잘 정리한다.
- ③ 슬라이더에 있는 홈 사이로 맞추어 상부 커버를 끼운다.
- ④ 커버에 있는 홈과 모터 및 지지축 홈을 맞추어 볼트로 체결하여 조립한다.

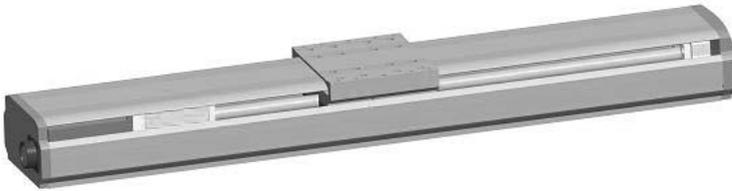
## 11 측면 커버 조립



- ① 상부 커버의 조립 완료 후 측면 커버 (좌, 우)를 각각 정 위치에 삽입한다.

- 커버 측면에 커넥터 홀이 있는 부분이 모터 지지대 방향으로 가도록 한다.
- ② 견고하게 양측 커버를 장착하고 고정 볼트로 체결 조립한다.

## 12 완성



이상의 조립 과정을 통하여 아래의 그림에서 보는 바와 같은 1축 직교 로봇이 완성된다.



- 1 다관절 로봇은 허리(Base), 어깨(Shoulder), 팔꿈치(Elbow), 손목굽힘(Pitch), 손목회전(Roll)의 5관절과 손가락(Gripper)을 포함 하여 6개의 구동원으로부터 동력을 전달 받는다.
- 2 제어에는 수동제어와 자동제어가 있으며, 사람이 제어의 판단이나 조작을 하지 않고 컴퓨터나 기계에 의해 제어 하는 것을 자동제어라 한다.
- 3 스위치의 on/off와 같은 2진 신호에 의해 제어를 진행하는 것은 정성적 제어라 하고, 온도나 압력과 같은 물리량의 크기에 따라 제어를 진행하는 것을 정량적 제어라 한다.
- 4 자동제어의 장점은 ①제품의 균일화 ②불량품 감소 ③원자재의 절감 ④인력의 감소 ⑤생산성 향상 ⑥노동조건향상의 향상 들이다.
- 5 제어에는 개회로 제어와 폐회로 제어가 있으며 외관에 대하여 적절하게 반응하여 제어상태를 유지 할 수 있는 즉, 추종성이 좋은 시스템을 폐회로 제어 시스템이다.
- 6 제어 명령이란 제어 대상을 제어하는 입력 신호로 정성적 제어와 정량적 제어가 있는데, 조작부에서는 이 제어 명령 신호를 증폭하여 제어 대상을 직접 제어한다
- 7 되먹임 제어는 폐회로 제어로서 출력값과 목표값을 비교함으로써 외부의 조건 변화에 따라 정정 동작을 할 수 있는 특징을 가지고 있으며 설정부, 비교부, 조절부, 조작부, 제어 대상, 검출부 등으로 구성된다

- 8 폐회로 제어인 되먹임 제어(Feedback Control, 피드백 제어)를 하는 목적은 정확도를 높이고, 주변 환경의 변화에 대한 적응성을 증가시키면서 전체 제어계의 안정도를 높여, 궁극적으로는 제어된 양이 설정된 목표값과 같아지도록 하기 위한 것이다.
- 9 일반적으로 로봇 제어기는 하드웨어적으로 모션 컨트롤러(Motion Controller)와 서보 드라이브(Servo Driver)로 구성된다.
- 10 모션 제어부는 사용자가 작성한 로봇 명령어를 해석하여 로봇 각 축의 위치, 속도 및 가속도 정보를 포함하는 경로 계획을 세워 서보 드라이브에 명령을 내리는 것으로 메인 제어기와 입출력 제어기로 구성된다.
- 11 입출력 제어기는 FDD, HDD 등과 같은 주변 장치들을 연결하여 사용하며 비상 스위치, Limit Sensor 등을 연결하고 RS232C, RS422 등과 같은 통신 포트를 내장하고 있으므로, PC나 티칭 펜던트 등을 연결할 수 있는 System I/O 보드와 각종 센서와 핸드 등의 로봇의 주변 장치를 제어하는 데 사용되는 User I/O 보드로 구성되어 있다.

V

# 응용 로봇



## 학습목표

1. 스카라 로봇에 대해 설명할 수 있다.
2. 직교좌표 로봇에 대해 설명할 수 있다.
3. 라인 트레이서에 대해 설명할 수 있다.

# 01 스카라 로봇(수평 다관절 로봇)

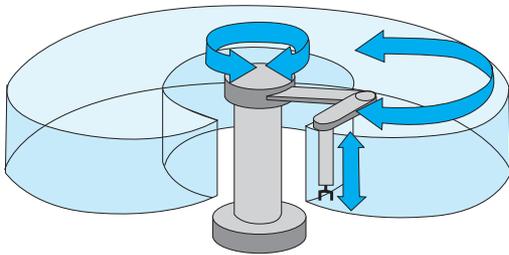


그림 5-1 스카라 로봇의 운동축과 작업 공간

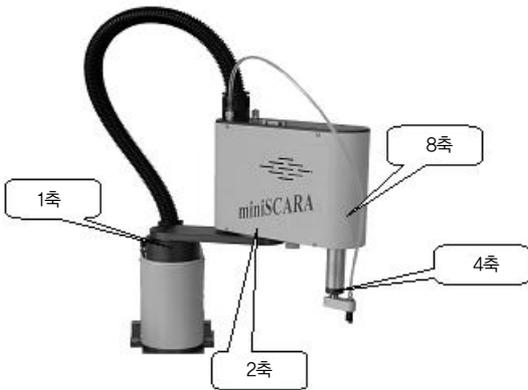


그림 5-2 4축 스카라 로봇

스카라 로봇은 그림 5-1과 같이 1개의 상하 직선 운동 축과 2개의 수평 회전 운동 축으로 구성되어 총 3축이 기본적인 형태이다. 그러나 좀 더 세밀한 작업을 위하여 그림 5-2와 같이 마지막에 수평 회전 운동을 하는 축을 하나 장착하여 4축, 또는 더 확장하여 수직 회전하는 축을 하나 더 장착하여 5축으로 사용하기도 한다.

이 로봇은 주로 수직방향의 구멍 안에 물체의 삽입이 요구되는 조립 작업을 주로 사용된다. 그림 5-1은 스카라 로봇의 작업공간을 보여 주며, 그림 5-2는 4축 로봇의 한 예를 보여 준다.

여기서는 스카라 로봇을 구성하는 각 요소를 설명하고 조립하는 과정을 학습하기로 한다.

■작업공간 (working volume)  
로봇의 엔드 이펙터가 도달할 수 있는 작업범위를 말한다. 로봇의 종류에 따라 구형, 실린더형, 직육면체형 등의 형태로 나타난다.

## 1 로봇의 구성

### (1) 구동부

모터, 센서 그리고 감속기로 하나의 구동부를 이룬다.

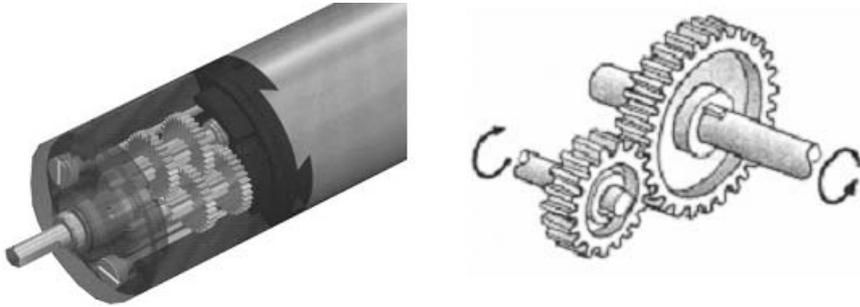


그림 5-3 평기어 감속기

이 중에서 감속기는 적절한 기어비를 이용하여 회전 속도를 줄이고, 회전 토크를 증가시키기 위해 필요하다. 그림 5-3은 감속기 중 평기어 감속기의 한 예를 보여 주며, 그림 5-4는 하모닉 드라이브 감속기를 보여준다. 하모닉 드라이브는 소형 정밀 제어용 미니 스카라와 같이 소형 고속 동작용으로 많이 사용하는 감속기로서 백래쉬가 적고, 고회전정도, 고속회전이 특징이다.



그림 5-4 하모닉 드라이브 감속기

### 1) 회전 모듈

구동부의 회전은 회전 모터, 기어(gear), 벨트 등으로 하나의 셋트로 구성되며, 이를 회전 모듈이라 한다. 회전 모듈은 모터의 동력전달 장치가 벨트와 풀리가 조합되어 감속비 조절이 가능하다. 주로 이러한 구성은 스카라 로봇이나 직교 좌표 로봇의 1, 2축에 많이 이용되며, 그림 5-5는 회전 모듈의 한 형태를 보여준다.

#### ■하모닉 드라이브 (harmonic drive)



일반 기어와는 다르게, 같은 회선축 상에서 감속이 가능하며 내부 구조는 안쪽에 돌아가는 바퀴와 바깥쪽 바퀴, 그 사이를 연결해주는(웨이브를 만들어주는) 타원형의 바퀴가 맞물려 있다.

■SCARA: Selective Compliant Articulated Robot for Assembly  
수평 평면에서의 운동이 상당히 빠르고 정밀도가 상당히 좋아서 주로 전자회사에서 많이 사용되며, PCB보드에 전자부품을 삽입하거나, 납땜용으로 많이 이용되고 요즈음은 크린룸 등에서 부품 이송으로도 많이 사용된다.

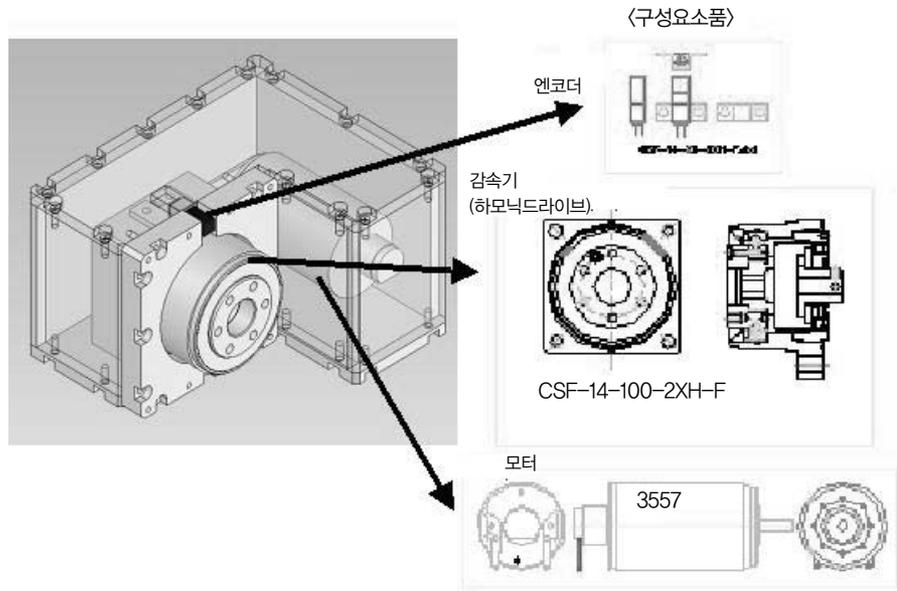


그림 5-5 회전 모듈(Rotary module I)의 도면 및 구성요소

그림 5-6은 기어에서 발생하는 백래쉬를 원천적으로 없애기 위해 모터와 링크를 직접 연결하는 구조이다. 주로 직교좌표 로봇의 2, 3축, 스카라 로봇의 3축에 장착된다.

■백래쉬(backlash)

기어가 맞물려 운동을 할 경우, 틈이 맞물림이 떨어지는 틈새가 있으면, 회전 방향을 바꾼 순간, 한 쪽의 기어에서 다른 방향으로 기어 운동이 전해지지 않는다. 이와 같은 운동을 하는 기계부분의 모형을 말한다. 만약에 모터와 링크가 직접 연결하여 구동하는 기구에서는 백래쉬가 존재하지 않게 된다.

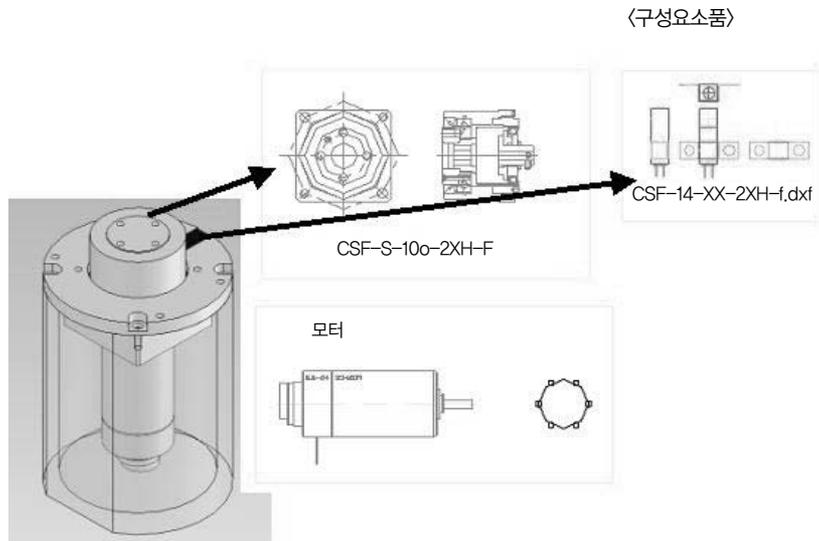
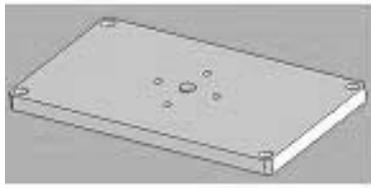


그림 5-6 백래쉬 없는 회전모듈의 도면과 구성



(a) 밑판



(b) 회전모듈용 어댑터

그림 5-7 회전 모듈용 액세서리

그림 5-7은 회전 모듈의 조립에 필요한 액세서리를 보여주고 있다.

## 2) 선형 모듈

직선운동 축일 경우 회전 구동부를 벨트로 선형운동을 하는 기구부와 연결한다. 이때의 기구부는 그림 5-8과 같다.

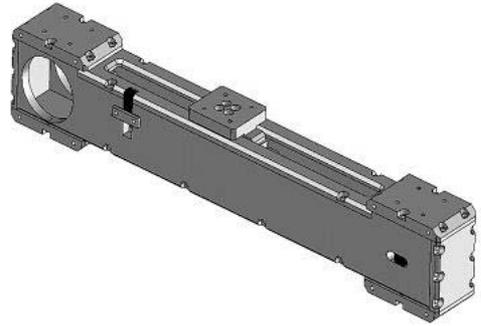


그림 5-8 선형 모듈

### (2) 제어 모듈

그림 5-9와 같이 제어 모듈은 메인 제어기(Main Controller)와 입출력 제어기(I/O Controller) 그리고, 모터 제어기(Motor Controller) 등으로 구성되는데 각각의 기능과 역할에 대해서 살펴보면 다음과 같다.

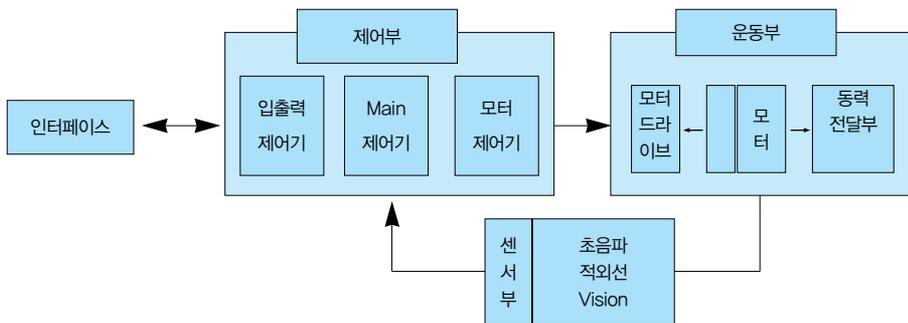


그림 5-9 제어 모듈의 구성

## 1) 메인 제어기

메인 제어기는 로봇 컨트롤러의 중심이 되는 부분으로서 다른 각 제어부를 관리하고 다관절 링크기구를 가진 로봇을 명령에 따라 움직이게 하며, 보축 장치와 로봇과의 협조 제어 실현에 필요한 동작 제어연산을 실행하는 등 로봇 컨트롤러의 기능을 실현한다. 주요 기능은 다음과 같다.

- ① 로봇 제어, 운동학 기구 해석, 로봇 언어 해석 등의 역할을 담당
- ② 모든 Robot 제어기 구성 유닛(unit)들을 주기적으로 모니터링하여 통합관리
- ③ 로봇을 명령에 따라 움직이게 통제하는 중앙처리장치 역할 (시스템 제어)

## 2) 입출력 제어기

메인 로봇을 시스템과 함께 제어하기 위해서는 로봇 운영자 및 로봇 주변 장치와 각종 신호를 고속으로 주고받고 그 결과를 시스템 제어부에 전달할 필요가 있다. 이처럼 로봇 컨트롤러 외부로부터의 신호를 시스템 제어부에서 처리 가능한 데이터로 교환하기도 하고 역으로 로봇 컨트롤러로부터 출력하는 데이터를 소정의 신호로 교환하여 출력하기도 하는 것이 입출력 제어기의 중요한 역할이다.

- ① 외부 신호를 시스템 제어부에서 처리 가능한 데이터로 교환
- ② 로봇 컨트롤러로부터 출력하는 데이터를 소정의 신호로 교환하여 출력
- ③ 시스템 I/O Board
  - FDD, HDD 등과 같은 주변 장치들을 연결하여 사용
  - 비상 스위치, 리밋 센서(Limit Sensor) 기능 첨가
  - 통신 포트(port) 내장으로 PC나 터칭 펜던트 등을 연결하여 사용
- ④ User I/O Board
  - 각종 센서와 핸드 등의 로봇 주변 장치를 제어
  - 데이터 전송은 실시간으로 방대한 양을 주고받아야 하므로 BUS 방식 채택

### 3) 모터 제어기

모터 제어기는 각 관절을 구동하는 모터와 보축 장치의 구동 모터를 제어하는 역할을 담당한다. 그림 5-10은 모터 제어기의 한 예로서 이 제어기는 2축을 동시에 CAN 통신으로 제어한다.

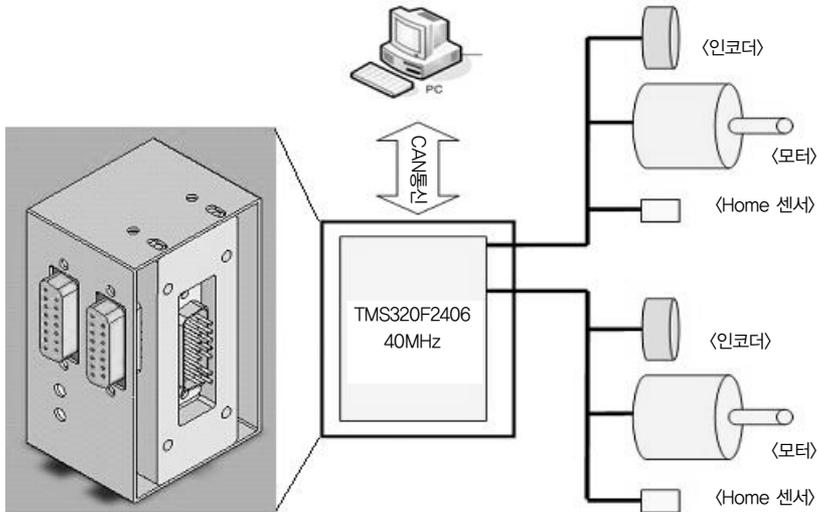


그림 5-10 구동부와 모터 제어기의 연결도

■ CAN 통신 (Controller Area Network)  
독일의 자동차 전장품 개발 업체인 BOSCH에서 자동차 ECU(엔진 ECU, 미션 ECU, ABS, Air-Bag 등)간의 정보공유, 노이즈에 강인한 통신, 센서의 공유 등의 필요에 의해 만든 마이크로 컨트롤러용 직렬버스 통신망. 요즘 로봇제어용 통신망으로 많이 사용하고 있다.

### (3) 기타 액세서리

#### 1) 연결 케이블

제어기와 제어기 사이에 신호를 전달하기 위해, 그리고 전원을 공급하기 위해서 케이블이 필요하다. 전원과 신호를 전달하기 위하여 전원선의 경우 DC24V 2A의 전류가 흐르며, 신호선은 DC5V 0.1A의 신호가 흐른다.

케이블 선은 크게 두 가지 종류가 있다. 상위 제어기와 메인 제어기 연결용 케이블, 메인 제어기와 모듈(모터+엔코더+센서) 연결용 케이블이다.

표 5-1은 케이블의 종류를 나타내고 있다.

표 5-1 케이블의 종류

케이블 종류	기능	용도
상위 제어기 ↔ 메인제어기 연결	전원 공급 - DC24V 2선 CAN 통신용 - DC5V 3선	전원 공급 데이터 통신
메인 제어기 ↔ 연결 제어기	모터 전원 공급 - DC24V 2선 엔코더 신호 통신용 - DC5V 4선 센서 신호 통신용 - DC5V 4선	전원 공급 센서 신호 전달

## 2) 연결 방법

메인 제어기 ↔ 입출력/모터 제어기 연결 : 상위 제어기 쪽에 연결되는 커넥터 부위는 PC의 USB와 CAN 통신을 하기 위한 USB ↔ CAN 컨버터를 먼저 연결한 상태에서 CAN 3선을 연결한다. 전원부는 외부전원 AC220V를 DC24V로 변환해 주는 Adaptor에 전원 2선을 연결한다. 입출력/모터 제어기 쪽의 연결에는 제어기의 박스 입력 커넥터에 연결한다.

입출력/모터 제어기 ↔ 연결 제어기 : 입출력/모터 제어기 커넥터 출력부에

■USB(Universal Serial Bus)  
PC와 주변장치를 접속하는 버스 규격

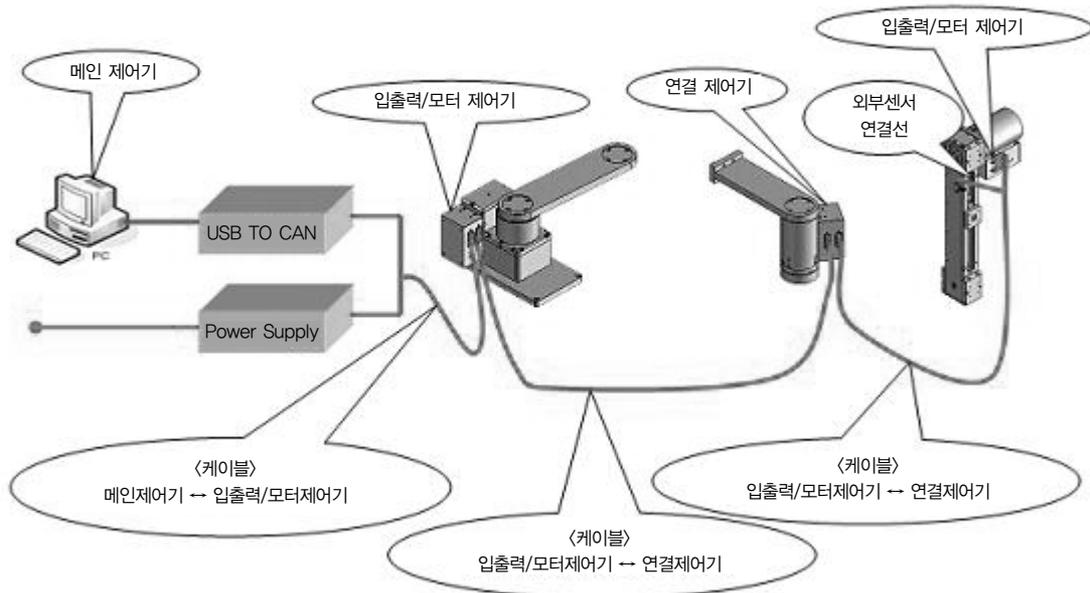


그림 5-11 시스템의 연결도

케이블을 연결한 후 반대쪽 연결 제어기에는 커넥터 입력부에 연결한다. 직선 모듈은 직선 링크용 Origin 센서가 외부로 나와 있으므로 케이블선 끝단에 나와 있는 외부 센서 연결 커넥터에 직선 링크 센서를 연결한다.

그림 5-11은 전반적인 연결도를 보여준다.

### 3) 브라켓(Bracket)

브라켓은 두 물체간을 결합하기 위하여 필요한 구조물로 운동부와 링크간의 연결, 운동부와 운동부의 연결, 링크와 링크간의 연결을 위하여 필요하다. 브라켓은 여러 가지 연결 방법을 고려하여 필요에 따라 선택하여 조립이 되는데 그림 5-12는 다양한 브라켓을 보여준다.



그림 5-12 다양한 브라켓

### 4) 링크

로봇의 팔 역할을 한다. 회전하는 링크는 단순한 구조이고 직선 운동을 하는 링크는 직선 모듈이 곧바로 링크가 된다. 직선 모듈의 경우 일반적으로 운동부는 회전운동을 하므로 직선운동으로 전환하기 위하여 벨트/풀리 방식 또는 Ball-Screw 방식으로 회전을 직선운동으로 만드는데, 여기서는 벨트/풀리 방식이다. 운동부와 링크를 결합하기 위해서는 그림 5-13과 같은 순서에 의해 그림 5-14와 같은 모양으로 조립할 수 있다.

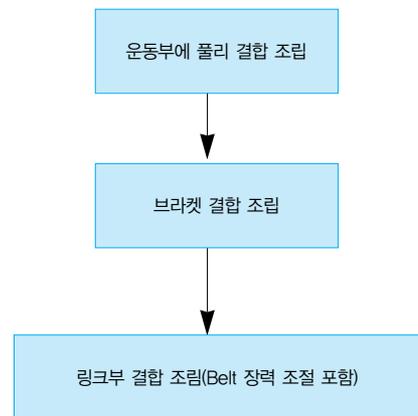


그림 5-13 링크의 결합 순서

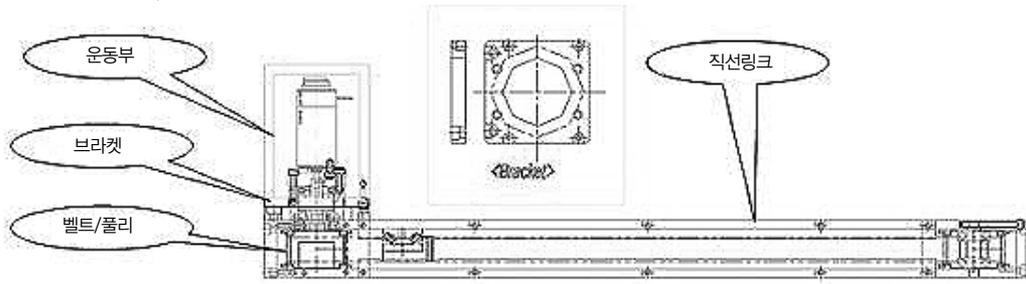


그림 5-14 링크의 결합

## 2 3축 스카라 로봇의 조립

그림 5-15와 같은 3축 로봇을 조립하기 위해서는 표 5-2와 같은 부품들의 결합으로 제작할 수 있다.

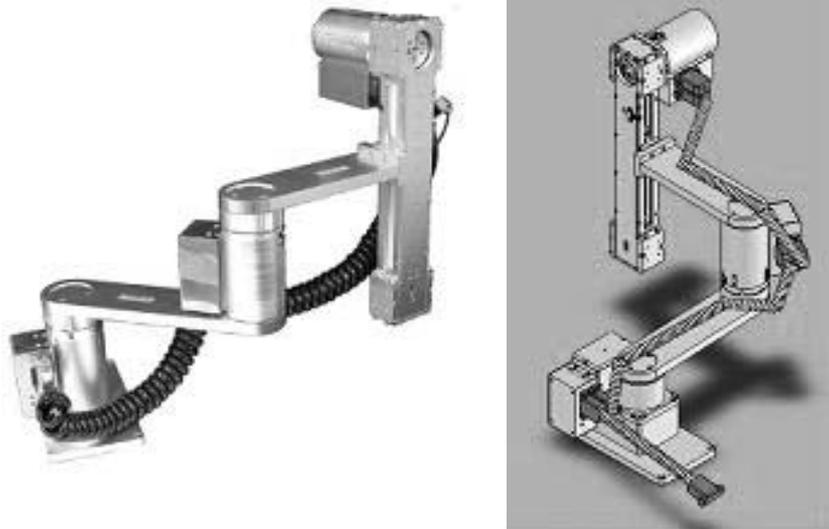


그림 5-15 3축 스카라 로봇의 한 예

표 5-2 3축 스카라 로봇을 구성하는 부품들

Name	형태		
	1축	2축	3축
구동부	 x 1	 x 1	 x 1
선형운동 가이드			 x 1
제어부	 x 2	 x 1	
베이스 플레이트	 x 1		
선형 블라켓			 x 1
링크	 x 1	 x 1	
구동부 어댑터	 x 1	 x 1	
연결 케이블	 x 1	 x 2	 x 1



**과 제**

그림 5-16에 4개의 도면이 있다. 이 도면의 로봇은 모두 3축 로봇이다. 각 도면에 해당하는 로봇을 만들어라

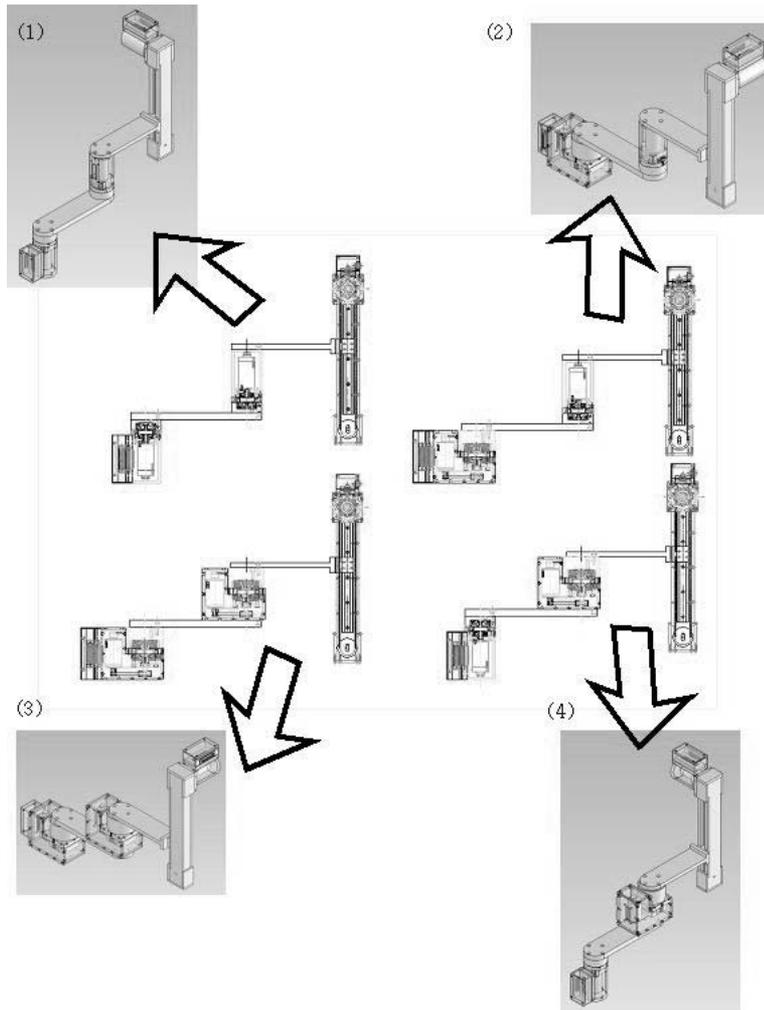


그림 5-16 스카라 로봇 과제 예제

## 02 직교좌표 로봇

직교좌표 로봇은 구성요소는 스카라 로봇과 유사하나, 직선운동을 하는 직선축 (Prismatic Joint)로만 구성되어 있는 로봇으로서 그림 5-17은 다양한 직교좌표 로봇의 운동축을 보여준다.

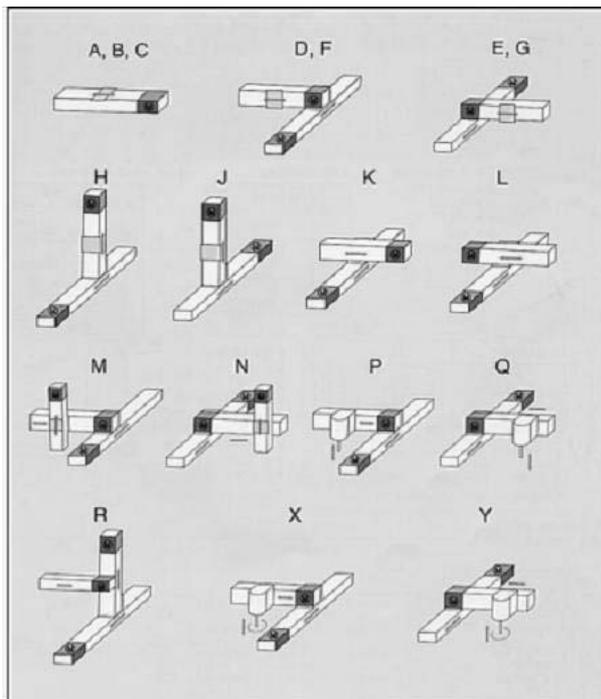


그림 5-17 다양한 직교좌표 로봇의 구동축

## 1 주요 구성 요소의 기능

직교로봇에서는 모든 기구적 부품들이 장착되는 알루미늄 압축소재의 베이스 프레임(Base Frame)과 그 내부의 공간에 회전동력을 발생시키는 액추에이터(즉 Servo Motor), 그리고 회전동력을 직선운동으로 변환하여 주는 볼스크루(Ball Screw)가 핵심 구성품이다. 로봇의 작동원리를 살펴보면, 우선 모터가 회전할 경우, 모터 축과 볼스크루 사이에 있는 커플링(Coupling)을 통하여 볼스크루에 회전운동이 전달된다. 볼스크루의 회전운동은 LM가이드와 함께 볼스크루 너트에 고정된 슬라이더의 취부면에 핸드(Hand) 또는 툴(Tool)등의 엔드 이펙트(End-Effector)를 달아 사용하게 된다. 그림 5-18에서 지지대 I과 지지대 II는 볼 스크루의 양단을 고정하여 볼스크루의 원활한 움직임을 가능케 한다.

■엔드 이펙터(End effector) 말단장치. 일반적으로 로봇의 선단부에 장착되어 작업에 직접적으로 영향을 미치는 장치를 조립로봇에서는 그리퍼(gripper), 용접 로봇에서는 용접건, 페이팅로봇에서는 페인터 분사기가 해당된다.

그림에 나타난 센서들은 로봇의 원점복귀나 하드웨어적 제한(Limit)을 위해 사용된다. 먼저 가운데에 위치한 센서는 단축로봇의 원점을 잡기 위한 것으로, 로봇이 제어기의 서보 온(Servo On) 이후 원점복귀(Zero Return)를 명령하면 이 센서를 기준으로 슬라이더가 이동하여 항상 같은 위치에서 정지한다. 절대값 인코더(Absolute Encoder)를 채용하는 모터의 경우, 이 원점 복귀센서를 사용하지 않아도 되지만 보다 안전하게 로봇의 레디(Ready)위치를 잡기 위해 사용하기도 한다.

그리고 양쪽의 바깥쪽에 위치한 센서는 로봇의 최대 동작 범위를 제한하는 리밋(Limit) 센서에 해당한다. 일반적으로 이 최대 동작 범위보다 안쪽에 소프트웨어적으로 리밋을 설정해 놓기 때문에 이상 상태가 아니면 이 센서를 사용하지 않는다. 그리고 센서의 바로 바깥쪽에 스톱퍼(Stopper)가 설치되어 이 센서를 통과해도 더 이상 기구적으로 움직일 수 없도록 되어 있다. 이렇듯이 로봇의 이상 동작에 대비한 이중 또는 삼중의 안전장치가 붙어 있다. 점점 제어기의 신뢰성이 향상됨에 따라 이 리밋 센서를 사용하지 않는 로봇도 많이 등장하고 있는 것이 현재의 모습이다. 이상에서 간단히 언급한 단축로봇의 구성품들에

대해 표 5-3에서 요약하였다.

표 5-3 직교로봇 주요 구성품의 기능

부품명	기능 설명
서보 모터 (Servo Motor)	직교로봇의 직선운동을 일으키는 핵심 동력원, 속도 및 힘 제어를 할 수 있는 서보 모터로 AC(Brushless)서보, 혹은 DC서보 모터를 사용한다.
커플링(Coupling)	서보 모터와 볼스크루를 연결하여 회전동력을 전달하는 매개체로서 모터 샤프트와 볼스크루 사이의 제한된 편심량을 허용하여 동력을 전달할 수 있다.
볼스크루(Ball Screw)	몸체에 나사 형태의 홈이 있어 볼스크루의 샤프트를 회전시킬 경우 볼스크루 너트의 직선운동을 얻을 수 있다.
LM-가이드 (LM-Guide)	직선운동을 하는 리니어 가이드의 역할을 하며, 페이로드의 하중을 지탱한다.
슬라이더(Slider)	볼스크루의 너트와 LM-가이드의 블록을 연결하여 직선운동을 가능케 하며, 로봇 사용자에게 Mechanical Interface를 제공한다.
지지대(Support)(1)(2)	볼스크루 양단을 고정하는 로봇의 베이스 프레임부에 취부되어 볼스크루의 안정된 회전운동을 가능케 함. 일반적으로 볼스크루와 함께 제공된다.
서포터(3)	서보모터를 로봇의 베이스프레임에 고정할 수 있는 Bracket이다.
베이스프레임 (Base Frame)	로봇 구동부의 부품들이 취부되는 알루미늄 소재의 부품이며, 일반적으로 압출물을 사용한다.
센서(Sensor)	로봇의 원점복귀를 위하여 사용되는 센서이며, 또한 하드웨어적 리미트로 사용되기도 한다. 일반적으로 포토 센서가 많이 이용된다.

■페이로드(payload)  
: 가 반 하 중  
로봇의 말단장치(End effector)에서 허용하는 부하의 크기를 의미하며 무게(kgf)로 표시한다. 일반적으로 로봇이 클수록 가반 하중이 무거우며, 가반 하중이 무거운 로봇일수록 정밀도가 떨어진다.

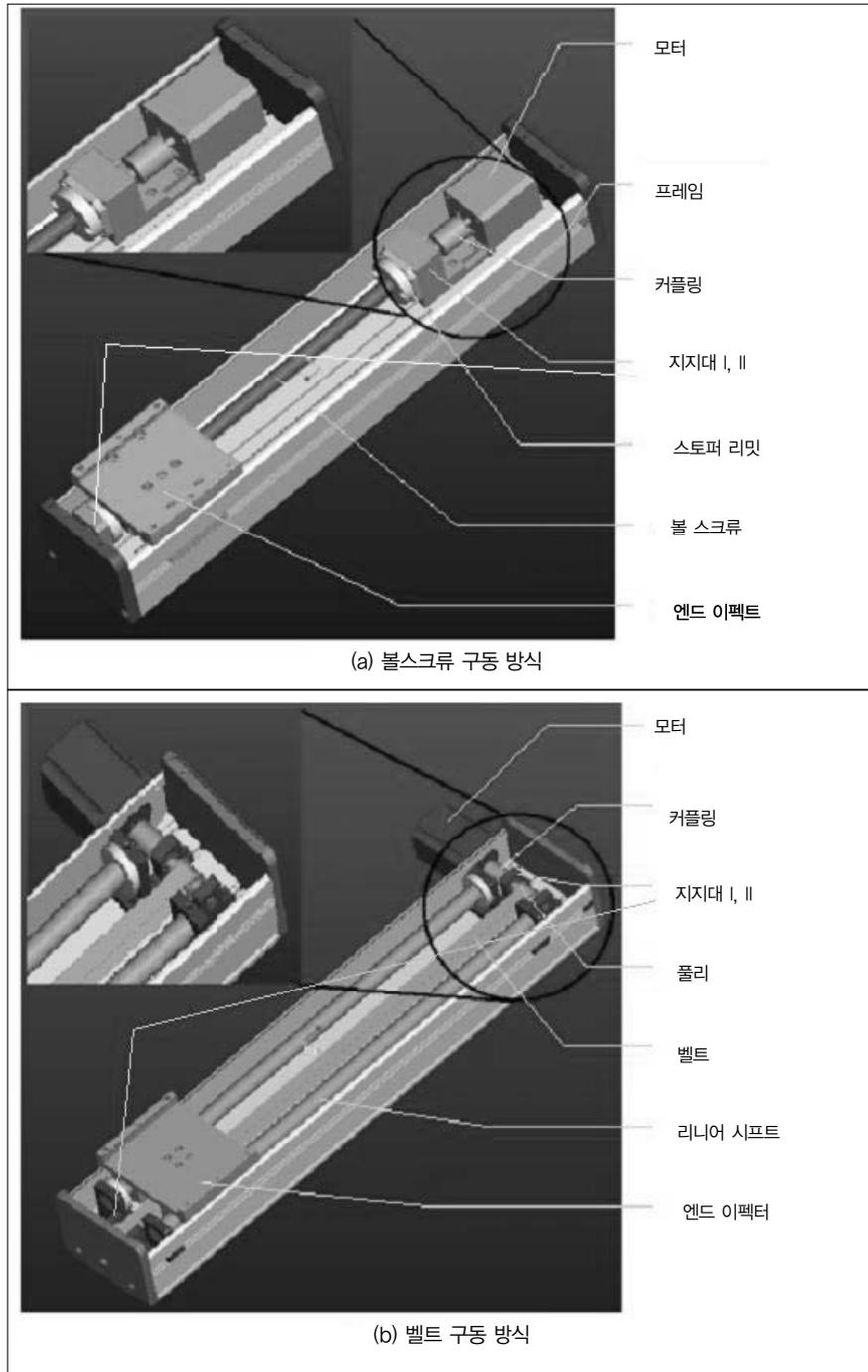


그림 5-18 직교좌표 로봇의 주요 요소

## 2 직교좌표 로봇의 특징

직교좌표 로봇의 장점은 직선 운동을 기본으로 하기 때문에 각 운동방향으로 운동이 기구학적으로나 동력학적으로 모두 완전히 독립되어 있다는 것이다. 따라서 작업영역 모든 위치에서 기구학과 동역학이 변하지 않기 때문에 균일한 제어특성을 가지고 있어 제어가 간단하다. 3축 로봇의 경우, 기구적으로 3개의 단축이 연결된 것처럼 제어기도 3개의 단축 제어기를 사용한 것과 같다고 볼 수 있다. 그래서 동작범위내의 운동특성이 균일하게 나타난다. 위치에 따른 반복 정도의 변화가 거의 무시할 만한 수준이다. 인간이 가장 익숙한 좌표계가 직교좌표계이기 때문에 로봇을 티칭할 때에도, 또 응용시스템을 설계할 때에도 가장 쉽게 적용할 수 있다.

또한, 서로 기구적으로 독립적인 운동을 하기 때문에 한 축씩 모듈(Module) 형태로 설계되는 것이 용이하여, 일반적으로 각 메이커(Maker)에서는 다양한 가반하중(Payload)과 주행거리(Stroke)를 갖는 단축(1축)의 로봇을 생산해 놓고 있다가 로봇 사용자들의 요구에 맞도록 단축(1축)의 로봇들을 조립하여 제공하고 있다. 그러나 로봇 몸체가 차지하는 공간이 작업영역에 비해서 관절형의 조인트를 갖는 다른 종류의 로봇들보다 상대적으로 크다는 단점을 갖고 있기도 하다.

## 3 직교좌표 로봇의 조립

그림 5-19와 같은 3축 직교좌표 로봇을 조립하기 위해서는 그림 5-20과 같은 부품들의 결합으로 제작할 수 있다.

### ■티칭(teaching)

: 교시

작업을 실행하기 위해서 필요한 정보를 로봇에 지시하고 기억시키는 작업

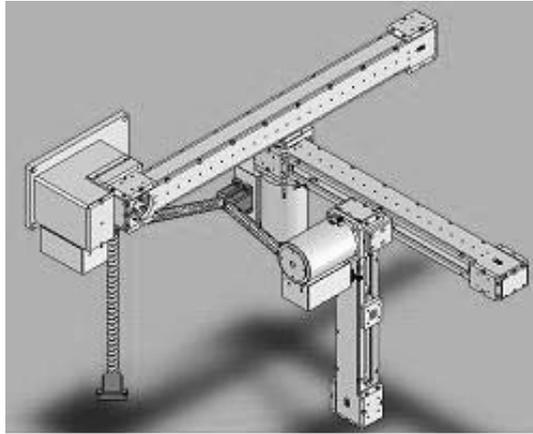


그림 5-19 직교좌표 로봇

Name	형태		
	1축	2축	3축
Rotary Module	 × 1	 × 1	 × 1
Linear Module	 × 1	 × 1	 × 1
Control Module	 × 2	 × 1	
Base Plate	 × 1		
Linear Bracket	 × 1	 × 1	 × 2
Joint Bracket	 × 2		
Cable	 × 1	 × 2	 × 1

그림 5-20 직교좌표 로봇을 구성하는 부품들

## 03 빛 센서를 이용한 라인 트레이서

이번 장에서는 빛 센서를 장착한 라인 트레이서 로봇이다. 라인 트레이서는 물리적인 접촉이 아닌 빛 센서에 인식된 광량값을 이용하여 움직이는 로봇이다. 그림 5-21에서는 1개의 빛 센서를 사용한 모듈 두 가지 종류와, 2개의 빛 센서를 사용한 모듈 한 가지를 각각 기본 차체를 응용한 로봇에 장착해 보았다. 그림 5-21의 (a), (b) 두 로봇은 각각 1개의 고정형 빛 센서 모듈과 높이 조절형 빛 센서 모듈을 장착한 로봇들이고, (c) 로봇은 2개의 높이 및 넓이 조절형 빛

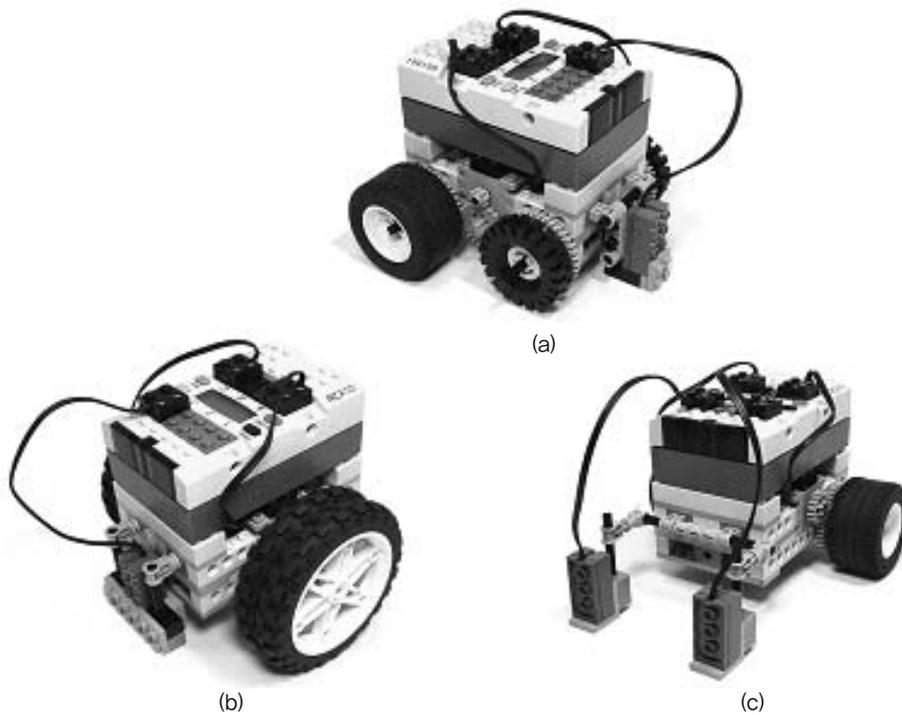


그림 5-21 빛 센서 1개, 2개를 장착한 라인 트레이서 로봇

센서 모듈을 장착한 로봇이다.

여기서는 라인 트레이서 로봇, 혹은 일반적인 이동로봇의 구동부에 대해서 배우고, 제작의 편리성과 간편성을 위하여 레고를 사용하여 기본 차체를 만들어 제어하는 방법을 학습한다. 레고 제작에 필요한 소요 부품은 기본 차대, RCX 1개, 적외선 전송장치 1개, 모터 2개, 차대를 구동하기 위한 기어 및 바퀴, 빛 센서 2개, 전선 2개, 기타 레고 부품이 필요하다. 따라서 본 과정은 RCX의 사용에 대해서 기본적인 교육이 있는 후에 학습하기를 권유한다.

## 1 차동 구동형 바퀴 구조

일반적으로 이동 로봇의 구동 구조는 그림 5-22와 같이 두 개의 바퀴가 같은 축 상에 위치하고 있으며, 각 바퀴를 두 개의 모터가 구동시키게 되고 모터의 속도 차이에 의해 방향 전환이 이루어지는데 이러한 구조의 로봇을 차동 구동형(Differential-Drive) 로봇이라고 한다. 이 구조는 바퀴축의 앞 혹은 뒤에 볼 캐스터(Ball Caster)나 캐스터 휠(Caster Whill)을 장착하여 앞뒤로 쓰러짐을 막으며, 좁은 공간에서의 회전에 효율적이고, 전진과 후진시 특성 차이가 없다는 장점이 있다. 그러나 바닥의 굴곡에 의해 바퀴 중 한쪽이 조금이라도 지면과 떨어

### ■ 차 동 장 치 (Differential Gear Device)

둘 이상의 기계부품이 있을 때 그들의 운동의 차나 합을 이용하여 한 부분을 움직이게 한 장치를 말한다. 즉 두 동력의 차이를 이용하는 장치이다. 자동차가 좌회전을 한다면 왼쪽 바퀴보다 오른쪽 바퀴가 더 빨리 돌아야 되는데, 이러한 장치를 이용한 구동방식을 차동구동이라고 한다.

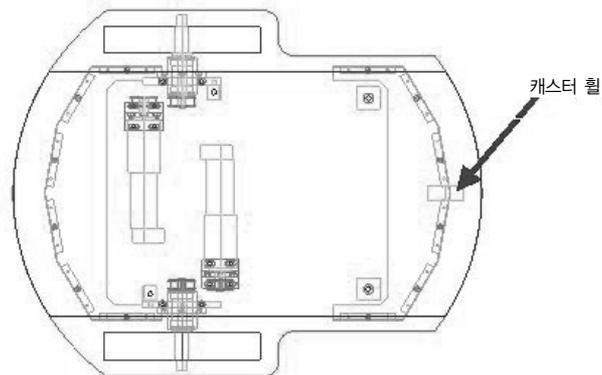


그림 5-22 차동 구동형 이동 로봇의 구조

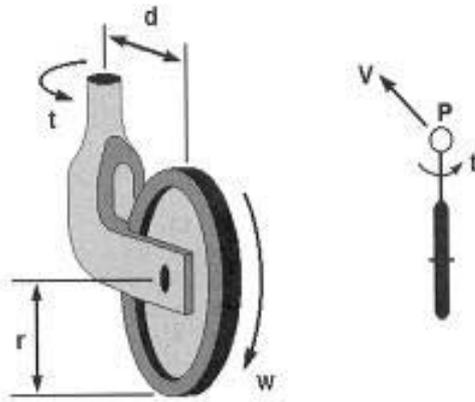


그림 5-23 비중심 회전 휠

어지게 되면 제어가 불가능하다. 또한 로봇의 크기가 커지면 캐스터 휠에 완충 장치를 장착하여야 하는 단점이 있다. 캐스터 휠은 그림 5-23과 같이 로봇 몸체와 연결된 부분이 바퀴의 중심축과 어긋나 있어, 임의의 방향으로 움직일 수 있도록 하며, 이러한 휠을 비중심 회전 휠이라 한다.

## 2 모터

DC 서보 모터는 토크와 회전수는 서로 반비례하고, 토크와 전류는 서로 비례하는 관계를 가지고 있어서 제어가 쉽고, 비교적 가격이 저렴해서 청소 로봇과 같은 이동 로봇의 구동 모터로 많이 이용되므로 DC 모터를 기준으로 설명한다.

### (1) 모터를 선정하는 순서

먼저 이동 로봇의 구동부의 구동 방법과 동작 패턴을 결정해야 한다. 구동부의 구조는 그림과 같이 다양하게 있을 수 있으며, 그 구조에 따라 동작하는 패턴이 틀리며 거기에 따라 각 바퀴에 부가되는 토크의 크기도 틀리다.

구동부의 구조가 정해지면 원하는 속도를 내기 위한 모터를 선정해야 하는

데, 속도는 토크와 서로 반비례 관계에 있으므로 먼저 필요한 부하토크를 계산한다. 여기서 부하토크란 적정 속도로 동작할 시의 모터에 가해지는 토크를 말한다. 이 토크는 구동부의 동력전달 장치, 자체의 무게 등에 따라서 다르다. 이어서 관성 모멘트도 같이 계산된 후, 원하는 속도와 토크를 내기 위해서 적절한 감속기와 모터를 선정하게 된다.

## (2) 토크

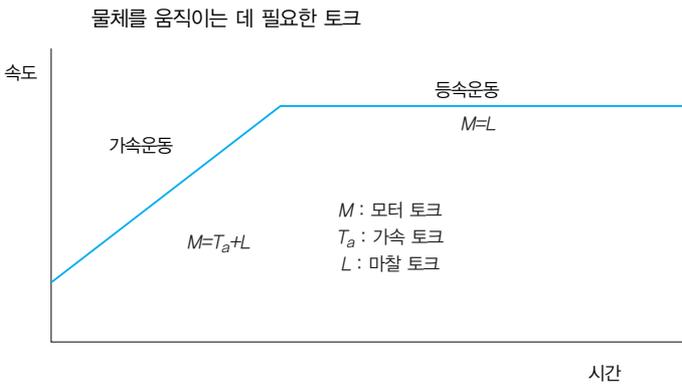


그림 5-24 토크의 종류

모터를 선정하는 기준은 적정 부하시의 토크와 회전수의 크기 즉, 어느 정도 무게가 있는 로봇을 얼마나 빠르게 동작시킬 수 있는가 하는 점이다. 여기서 토크란 바퀴의 회전력 즉, 로봇을 동작시키려 할 때에 필요한 힘을 말하며, 토크에는 그림 5-24와 같이 크게 가속 토크와 등속 토크가 있다.

### ■ 토크(Torque)

회전축에 작용하는 중심축 주위의 짝힘(우력: couple of force)

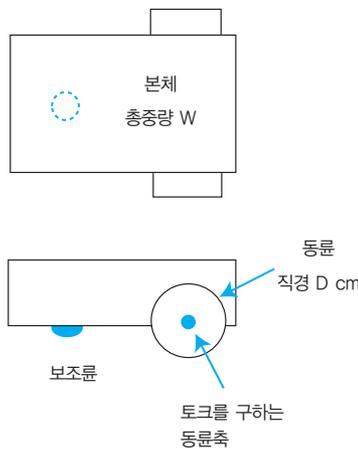


그림 5-25 이동로봇의 예

### 1) 등속 운동에 필요한 모터 토크

로봇이 바퀴와 지면 사이의 마찰력을 이기는 힘만 유지할 수 있으면 감속하지 않고 일정한 운동을 할 수 있는데, 이 때 등속 운동할 때 필요한 토크를 등속 토크 혹은 부하 토크라고 한다. 그림 5-25의 이동 로봇을 대상으로 이 토크의 크기는 결국 마찰을 이기는 토크(마찰토크 :  $L$ )와 같으며 다음의 식으로 구할 수 있다.

$L = \mu WD/4$ ,  $\mu$  = 마찰계수,  $W$  = 로봇의 중량,  $D$  = 바퀴의 직경

일반적으로 마찰계수는 0.09 ~ 0.1을 적용한다.

## 2) 가속 운동에 필요한 모터 토크

가속 운동을 하기 위한 토크는 부하 토크 외에 가속을 하기 위한 가속 토크가 필요하며 가속 토크( $T_a$ )는 다음의 식으로 구할 수 있다.

$$T_a = J/g \times 2\pi f/4, \quad J = \text{관성 모멘트} = WD^2/8,$$

여기서  $f$ 는 기동하여 일정한 속도에 도달하는 데 소요되는 시간을 말한다.

## (3) 안전 토크의 계산

일반적으로 계산한 각각의 토크에 안전율 1.5를 곱하여서 이동 로봇의 구동에 필요한 토크를 계산한다.

## (4) 감속기와 모터의 선정

일반적으로 계산된 토크를 가지는 모터를 선정하려고 하면 해당되는 큰 토크를 가진 모터를 찾기 힘들며, 또한 그러한 모터가 있다고 하더라도 너무 무겁거나 부피가 커서, 실질적으로 이동 로봇에 적용하기 힘들다. 이때 토크와 회전수는 반비례한다는 DC 모터의 특성을 이용하여, 감속기를 적절히 선정하여 회전수를 줄이면서 큰 토크를 낼 수 있는 모터를 선정해야 한다.

## (5) 모터 선정의 예

지름이 8cm인 바퀴를 이용해서 무게 3kg가 되는 이동 로봇을 만든다고 가정을

### ■모멘트(moment)

돌리려고 하는 힘

### ■관성모멘트(moment of inertia)

회전관성, 모멘트에 의해서 일관되게 움직이려는 성질

하자. 모터의 원하는 부하 속도는 초당 2회전이고, 1초 안에 가속이 완료되어야 하고 감속비가 100:1 인 감속기를 사용한다면 다음의 모터 사양에서 적당한 모터를 선정해야 한다.

먼저 그림에서 등속 구간에서의 모터 토크는

$$M = L = \mu WD/4 = 0.09 \times 3000 \times 8 / 4 = 540 \text{ g} \cdot \text{cm}$$

안전 토크는 1.5배를 곱하여 약  $800 \text{ g} \cdot \text{cm}$ 이 된다.

가속 구간에서의 모터 토크를 구하기 위해서 우선 가속 토크는

$$T_a = J/g \times 2\pi f/4 \text{ 인데}$$

여기서 관성 모멘트  $J = WD^2/8 = 3 \times 64/8 = 24 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$ 을 대입하면

$$T_a = 24/9.8 \times 2 \times 3.14 \times 1/8 = 0.307 \text{ kg} \cdot \text{cm} = 307 \text{ g} \cdot \text{cm}$$

이 되어, 가속구간에서 필요한 모터 토크는  $847 \text{ g} \cdot \text{cm}$ 이 되며, 안전 토크는 1.5배를 곱하여 약  $1300 \text{ g} \cdot \text{cm}$ 이 된다. 이 때 표 5-4와 같은 명세표에 있는 모터를 구입하고자 한다고 하자.

100대 1의 감속기를 사용했을 때 사용 가능한 모터를 표안의 RE130RA로 선정했을 때, 이 모터로 낼 수 있는 등속 구간에서 모터 토크는 600~850이고 가속 구간에서는 2550~4310이 되므로 원하는 토크를 충분히 낼 수 있다. 등속 회전 속도를 계산하면 분당 70~132 회전을 하므로 원하는 속도인 초당 2회전을 3A의 전류를 사용하는 모터를 선정하면 원하는 성능의 로봇을 만들 수 있다.

■ 회 전 수  
일반적으로 1분당 몇 회 전 하는 지, 즉 rpm(revolution per minute)로 나타낸다.

표 5-4 모터 규격의 실례

모델명	규정전압		무부하시		최대효율시(적정부하)				기동시(정지시)			
	적정	표준	회전 수	전류	회전 수	전류	토크	토크	출력	토크	토크	전류
	V	V	r/min	A	r/min	A	g·cm	mN·m	W	g·cm	mN·m	A
FA130RA	1.5-	1.5	9100	0.20	7000	0.66	6.0	0.59	0.43	26	2.55	2.20
	3.0	3.0	16400	0.23	13200	0.95	8.5	0.83	1.15	44	4.31	3.92
RE140RA	1.5-	1.5	8100	0.21	6100	0.66	6.5	0.64	0.41	28	2.74	2.10
	3.0	3.0	14200	0.25	11200	0.98	10	0.98	1.15	53	5.19	3.87
RE260RA	1.5-	1.5	6300	0.16	5000	0.64	10	0.98	0.51	50	4.90	2.56
	3.0	3.0	12300	0.20	10100	0.97	15	1.47	1.55	90	8.82	4.73
RE280RA	1.5-	1.5	4600	0.12	3700	0.53	11	1.08	0.42	62	6.08	2.30
	3.0	3.0	9200	0.16	7800	0.85	20	1.96	1.60	130	12.7	4.70
RE280SA	1.5-	3.0	7100	0.16	5900	0.88	26	2.55	1.57	170	16.7	4.80
	4.5	4.5	10400	0.19	8900	1.15	34	3.33	3.10	240	23.5	6.90
RS540SH	4.5-	12	17500	0.95	15100	5.93	325	31.9	50.3	2350	230	37.0

### 3 라인 트레이서 로봇의 제작

라인 트레이서는 자유롭게 꺾인 임의의 라인을 주행하도록 하는 로봇으로서, 디지털 값으로 인식되는 광량을 RCX가 판단, 적절한 행동을 결정할 수 있도록 프로그램을 작성하게 된다. 이 과정을 통하여 RCX의 입력 포트에 연결된 빛 센서 값의 중간 값 처리, 즉 문턱값(Threshold)의 개념에 대해서 이해하고, Fork를 이용한 조건 분기 프로그램과 루프를 이용한 반복문 처리, 태스크를 이용한 효과적 작업의 관리, 끝으로 컨테이너를 사용함으로써 얻어지는 프로그램 표현의 다양화 등을 학습해 볼 수 있다.

일반적인 라인 트레이서 로봇의 경우, 정확도를 향상시키기 위해 적외선 발광 및 수광 센서를 다수 설치하여 좀 더 정밀하게 라인의 상태 인식이 가능하도록 한다. 하지만 우리가 사용하게 될 RCX의 경우 입력 단자가 3개로 제한되기 때문에, 빛센서 한 개 및 두 개를 사용한 가장 기초적인 형태의 라인 트레이서를 만들게 될 것이다.

#### ■ Threshold (문턱값)

디지털장치들은 내부적으로 값을 다룰 때 일정기준에 의해서 0 또는 1이라는 신호를 결정하게 되는데, 그 기준값을 threshold라고 말한다.

### (1) 빛 센서 1개를 이용한 고정형 빛 센서 모듈

빛 센서는 터치 센서와는 달리 물리적 접촉이 아닌 광학을 이용한다. 여기에서 주의해야 할 사항은 빛 센서가 전방의 색을 인식하는 과정에서 외부의 2차적인 광원을 노이즈로 인식할 수 있기 때문에, 최대한 외부의 광원을 차단해 줄 수 있도록 만들어 주어야 한다. 여기에서는 빛 센서 전면에 몰입된 수광 센서가 외부의 노이즈를 조금이라도 덜 받도록 하기 위하여 1x2 빔을 전면에 장착해 주고 있다.

빛 센서의 전면에 놓인 두 개의 전구 중 붉은 빛을 띠는 것은 빛 센서 자체의 인식을 돕기 위한 광원의 역할이며, 투명한 빛을 띠는 것이 실제 적외선을 받는 수광 센서이다. 수광 센서는 정면에서 보았을 때 블릭의 정 중앙에 위치하며, 블릭 1개와 플레이트 1개의 높이를 가진 빛 센서를 바닥에 놓았을 때, 동일한 선상에 놓인 빔에 뚫린 구멍과 높이 또한 일치한다.

따라서 우리가 빛 센서 모듈을 조립할 때, 구멍이 뚫린 빔을 빛 센서 전면에 배치해 주고 조립하게 되면, 빔은 빛 센서로 들어오는 외부의 2차 광원을 훌륭하게 차단해 주는 필터의 역할을 할 수 있다.

그림 5-26의 조립도를 살펴보면, 1x4 빔 이외에 1x2 빔과 1x2 플레이트 부품을 볼 수 있는데, 바로 1x2 빔이 빛 센서의 필터 역할을 담당한다. 빛 센서의 발광부가 약간 가려지기는 하지만 실제 빛 센서의 광량 인식에는 아무런 문제도 생기지 않는다.



그림 5-26 베이스 부분 및 빛 센서의 조립

빛 센서의 높이는 1블릭과 1플레이트를 합친 만큼의 높이이기 때문에 1x2 빔을 이용하여 필터를 설치할 때 상단에 플레이트를 한 장 추가해 주어야 빛 센서의 높이와 동일하게 된다. 그림 5-27의 조립도에서는 이렇게 높이를 맞추어 준 구조물에 2x2 플레이트를 붙여 보강해 준 모습을 보여주고 있다.



그림 5-27 빛 센서와 필터부의 조립

그림 5-28의 조립도에서는 측면에 리프트암을 부착하고 있다. 빛 센서는 스테드를 기준으로 전면의 빛을 인식하므로, 라인 트레이서와 같은 로봇에서 바닥을 인식해야 할 경우 다른 블릭들과 90도만큼 엇갈려서 조립해야 한다. 따라서 여기에서는 리프트암, 축 등의 추가 결합 요소를 사용하여 90도 방향으로 체결이 가능하도록 개조해 줌으로써 이 문제를 해결하고 있다.



그림 5-28 센서 마운트를 조립하기 위한 부분



그림 5-29 고정형 빛 센서 모듈의 완성된 모습

이렇게 하여 그림 5-29에서 보는 것과 같은 고정형 빛 센서 모듈을 완성하였으며, 1개의 센서를 이용한 라인 트레이서를 테스트해 볼 경우, 이 센서 모듈을 장착하고 바로 프로그램을 다운 받아서 실험해 볼 수 있을 것이다.

## (2) 빛 센서 1개를 이용한 높이 조절형 빛 센서 모듈

이 모듈은 빛 센서 한 개를 이용한 높이 조절형 모듈이다. 앞서 조립해 보았던 모듈이 센서 마운트에 고정된 형태인 반면, 이 모듈은 센서 마운트에 부착한 뒤 상하로 높이 조절이 가능한 형태이다. 빛 센서는 외부 광원에 민감하기 때문에 필터 등을 부착하여 빛 센서로 들어오는 노이즈를 최대한 차단하도록 시도하지만, 가능하다면 빛 센서 자체와 인식하고자 하는 바닥 면이 최대한 접촉하는 것이 더 좋다고 할 수 있다. 이 센서는 높이를 조절함으로써 센서면 자체가 바닥에 밀착할 수 있기 때문에 외부의 광원에 의한 영향을 보다 덜 받을 수 있다.

그림 5-30의 조립도에서도 역시, 그림 5-29의 센서 모듈과 마찬가지로 1x2 빔을 이용하여 전면부에 필터를 만들어 주고 있다. 또한 여기에서는 1x2 빔의 역할이 단순한 빛 센서의 필터 역할만 하는 것이 아니라, 빛 센서가 지면에 마찰되는 것을 막아주기 위한 가이드의 역할도 담당하게 된다.



그림 5-30 빛센서 1개를 이용한 높이 조절형 빛 센서 모듈의 조립

그림 5-31의 조립도에서는 그림 5-30에서 만들어진 센서부 양쪽에 축을 장착하고, 센서 마운트와 부착될 수 있는 부품을 부착한 모습을 보여주고 있다. 조립도 중앙의 회색 축을 꼽을 수 있는 연결 부품을 센서부의 축에 장착함으로써, 상하 운동이 가능한 센서 모듈이 완성된다. 이로 인하여 빛 센서 모듈의 높이를 손쉽게 조절하여 센서를 바닥에 근접시킴으로써 로봇의 주행 성능을 한층 더 향상시킬 수 있다.



그림 5-31 높이 조절용 가이드 레일 부착

### (3) 빛 센서 2개를 이용한 높이 조절형 빛 센서 모듈

이 모듈은 빛 센서 두 개를 이용한 높이 조절형 모듈이다. 이제껏 제시된 빛 센서 모듈은 전부 빛 센서 한 개를 쓰는 모듈로서, 프로그램 레벨에서 지그재그 방식을 이용한 라인 트레이싱밖에는 구현할 수 없다. 따라서 시도해 볼 수 있는 알고리즘 또한 상당히 제한된다고 할 수 있다. 이 경우 교차점 주행이나, 특정 포인트 도달하기 등의 알고리즘 구현이 어렵다. 또한 로봇이 방향을 계속 보정하며 지그재그로 주행함으로 인하여 구동성 역시 상당히 낮다고 할 수 있다.

실제 라인 트레이서를 살펴보면 최대한 많은 수의 빛 센서를 설치하여 감도를 높이고, 복잡한 알고리즘을 적용하는 것을 볼 수 있으며, 라인 인식 및 주행 속도도 대단히 빠르다.



그림 5-32 높이 및 넓이 조절용 가이드 레일 조립

그림 5-32의 조립도에서 만든 구조는 빛 센서의 높이 및 넓이를 조절할 수 있는 가이드 레일이다. 그림 5-31의 빛 센서 모듈이 단순히 빛 센서의 높이만을 조절할 수 있었던 반면, 이 모듈의 경우 빛 센서의 높이와 함께, 좌측과 우측의 센서들 간 넓이 또한 조절이 가능하다. 1개의 센서를 사용한 모듈과는 달리 2개의 센서를 사용한 모듈의 경우, 지그재그 방식이 아닌 좌측과 우측의 영역을 각각 인식하여 주행하게 되므로 라인의 형태에 따라 센서 사이의 간격도 주의해야 한다.

두 빛 센서 사이의 간격이 좁아질수록 직선 코스에서의 지그재그 주행 빈도가 높아지고 회전할 때에 최소 반경으로 회전이 가능하다. 반대로 빛 센서 간격이 넓어질수록 지그재그 주行的 빈도는 상대적으로 낮아지지만, 회전할 때에 센서 간격이 좁은 로봇에 비해 회전반경이 커지거나 지그재그 형으로 불필요한 움직임을 보일 수 있다는 차이점이 있다.



그림 5-33 빛센서 모듈의 조립

이 모듈은 이러한 다양한 상황에 적절히 응용할 수 있도록, 빛 센서의 높이와 함께 넓이도 함께 조절할 수 있게 하여 보다 다양한 형태의 코스 주행을 실습해 볼 수 있도록 하였다.

그림 5-33에서는 빛 센서 모듈의 조립을 보여주고 있다. 여기에서는 일전에 소개한 1x2 빔을 이용한 필터가 아닌, 90도 방향으로 꺾인 플레이트를 이용하여 필터를 구현하고 있다.



그림 5-34 빛센서 모듈의 조립

그림 5-34는 두 개의 빛 센서 모듈과 가이드 레일 부분을 함께 놓은 모습이다. 각 빛 센서 모듈에 나온 축을 가이드레일의 구멍에 연결해 주면 센서 모듈이 완성된다.

그림 5-35는 완성된 높낮이 조절형 모듈의 모습으로서, 두 개의 센서의 높낮이



그림 5-35 빛센서 모듈의 높낮이 조절

이가 각각 틀린 것을 볼 수 있다. 또한 가이드레일을 차체에 고정시킨 후 빛 센서의 간격도 조절이 가능하다.



모든 레고의 빛 센서는 동일한 광량에 대해 일정한 값을 반환해 주지 못한다. 이는 레고의 모든 전극이 +와 -의 2선식으로 구성되었기 때문인데, 실제 빛 센서가 구동될 때, 수광부가 인식한 빛의 광량을 센서 내의 회로부에서 처리하여 RCX의 입력 단으로 반환하는 과정에서 센서 내에 사용된 부품의 전기적 특성 때문에 미세한 값의 차이가 발생하기 때문이다.

빛 센서를 이용하여 동일한 색상에 대해 인식되는 값을 체크해 보면, 심한 경우에는 10 이상의 값의 차이가 날 수도 있다. 하지만 이 값의 차이는 절대적인 기준값에서의 차이일 뿐이며, 기준이 되는 색과 비교될 색의 값 간의 격차는 각 빛 센서마다 거의 동일하다고 보아도 무방하다. 따라서 빛 센서를 이용한 로봇을 구성할 경우, 항상 자신이 사용할 빛센서가 인식해야 할 색에 대해서 실제 반환하는 값을 RCX를 통해 확인해 보아야 할 것이다.

또한, 터치 센서와 달리 빛 센서는 다양한 값을 반환하게 되며 전기적인 특성도 터치 센서와 다르기 때문에, 터치 센서처럼 한 개의 포트에 두 개 이상의 센서를 장착해서 사용하는 것이 불가능하다는 점 역시 기억해 두어야 한다.



빛 센서는 인식하는 값에 대해 어느 정도의 오차를 가지고 있으므로 빛 센서 Fork를 이용할 경우에는 대상물의 색상(명도) 차이가 가급적 큰 것을 대상으로 사용해야 하며, 구분하고자 하는 밝은 빛과 어두운 빛의 중간 값을 비교 값으로 설정하는 것이 바람직하다.

이 값은 사용자가 계산하여 상수 값으로 연결해 줄 수도 있지만 보다 고급 프로그래밍 기법을 구현하자면, 빛 컨테이너를 이용하여 컨테이너 연산을 통해 프로그램이 값을 직접 얻어내도록 할 수도 있다. 어두운 영역의 빛의 값을 인식하여 붉은 컨테이너에 저장하고, 로봇 스스로 밝은 영역이 인식될 때까지 움직인 후 밝은 영역의 빛의 값을 이용하여 컨테이너 연산 VI를 통해 두 값의 중간 값을 산출, Blue 컨테이너에 저장하도록 하면 Blue 컨테이너에는 현재 라인과 바탕의 빛의 값에 대한 중간 값이 저장된다.

이 과정을 거친 후 빛 센서 Fork VI의 비교 값 연결 부분에 Value of Blue 컨테이너 VI를 연결해 주게 되면 프로그램은 자신이 구동하는 과정에서 산출한 중간 값을 대입하게 되므로, 경기장의 전체적인 광량 변화로 인한 상수 값을 바꾸어 주어야 하는 과정을 없애고 로봇의 인식 능력을 향상시킬 수 있다. 라인 트레이서 형태가 아닌 다른 형태의 로봇이라도 빛 센서를 이용한다면 프로그램 레벨에서 이러한 기능을 집어넣어서 광량의 변화로 인한 예기치 못한 로봇의 오동작을 최소화할 수 있을 것이다.

이 외에도 터치 센서의 인식 여부 내지는 터치 센서가 눌린 횟수 등을 프로그램의 동작에 영향을 미치도록 하기 위해서 Touch 컨테이너, Clicks 컨테이너 등의 VI를 적절히 사용한다면 여러분의 로봇은 한결 더 고급 기능을 구현할 수 있을 것이다.

## 4 로봇랩을 이용한 프로그래밍

### (1) 빛 센서 1개를 이용한 라인 트레이서 구동 프로그램 1

그림 5-36의 프로그램 모듈은 기준값을 이용한 라인 트레이서 프로그램의 처음 시작부분을 나타낸 것이다. 초록색의 Land VI가 있는데 빛 센서가 한 번 라인을 인식하고 주행 동작을 완료한 후 점프를 통하여 다시 라인의 상태를 인식하도록 하는 역할을 한다. 만약 이러한 순환이 이루어지지 않는다면, 로봇은 빛 센서를 이용하여 라인을 인식하고 둘 중 한 가지 모션을 취한 이후 바로 프로그램을 종료하게 된다.

Land VI 뒤에 이어진 빛 센서 Fork VI를 보게 되면, 수치상수(Numeric Constant)를 이용하여 47이라는 값을 전달하도록 설정되어 있다. 즉 47이 기준값이 되어 입력포트 2번에 연결되어 있는 빛 센서의 광량 값이 47보다 밝으면 빛 센서 Fork VI의 위 라인에 연결된 명령을, 47보다 같거나 어두운 경우 아래 라인에 연결된 명령들이 실행된다.

라인 트레이서의 기준값 설정 방법은 사전에 직접 빛 센서를 검은색 라인과 흰바탕에 근접시켜 얻은 값을 직접 계산하여 알맞은 중간 값으로 설정하는 방법이 있다. 빛 센서 자체가 가지고 있는 오차 값에 의해 비교 값이 무시되지 않는지 확인해 보고 적절한 값을 대입해 주어야 하는데, 일반적으로 밝은 곳을 비추었을 때 인식되는 광량 값 중 가장 작은 값과, 어두운 곳을 비추었을 때 인식되는 광량 값 중 가장 큰 값을 구하여, 이 둘의 차를 구하게 되면, 중간 값을 취할 수 있다.

밝은 곳의 광량 값 중 가장 작은 값을 취하는 이유는 밝은 값 중에서도 큰 값과 작은 값 사이의 오차가 있기 때문이며, 밝은 값은 어두운 값보다 크므로 밝은 값 중 가장 작은 값이라는 뜻은 가장 어렵게 인식한 흰색이라는 뜻이다. 이 값은 흰색 영역에서 가장 어두운 색에 가까운 값으로서, 이 색보다 어두운 경우 검정색으로 가정해도 무리가 없다는 것을 뜻

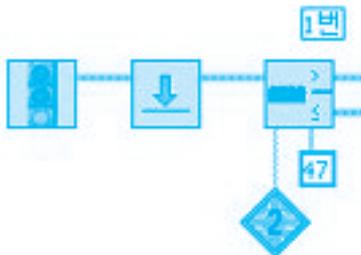


그림 5-36 기준값을 이용한 라인트레이서 프로그램의 시작

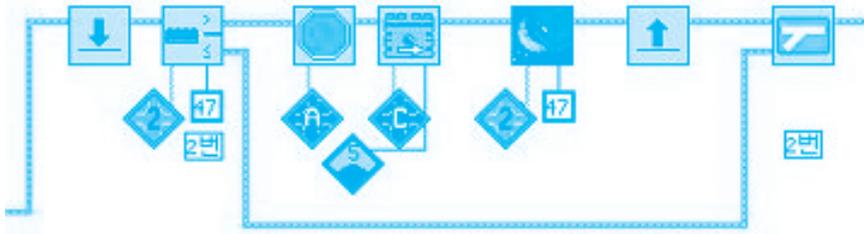


그림 5-37 빛센서가 기준값보다 밝았을 때 프로그램

한다.

반대로 어두운 값의 경우 이 중 가장 큰 값은 가장 밝게 인식된 검정색을 뜻하므로, 이 색보다 밝은 경우 흰색으로 가정해도 무리가 없다는 뜻으로서, 각자 최소값, 최대값을 뜻하게 되며 이 두 값의 영역이 서로 겹치지 않는다면 이 값들의 중간 값을 구해서 대입할 경우 빛 센서 Fork VI는 빛의 구분에 있어서 오차를 거의 무시하고 안정적으로 동작할 수 있다.

그림 5-37의 프로그램 모듈은 그림 5-36의 프로그램의 빛 센서 Fork에서 빛 센서가 기준값보다 밝았을 때의 라인 트레이서의 동작을 우선 표현한 것이다. 파란색 Land VI를 지나 2번 빛 센서 Fork VI를 만나게 되면 이미 빛 센서의 값이 기준값인 47보다 밝으므로 빛 센서 Fork의 위쪽 라인에 연결된 명령들이 실행된다. 모터 A를 정지시키고 빛 센서가 47의 기준값보다 어두워질 때까지 모터 C를 전원레벨 5로 회전시킨다.

즉 만약 모터 A가 오른쪽 바퀴로 설정되어있고 모터 C가 왼쪽바퀴로 설정되

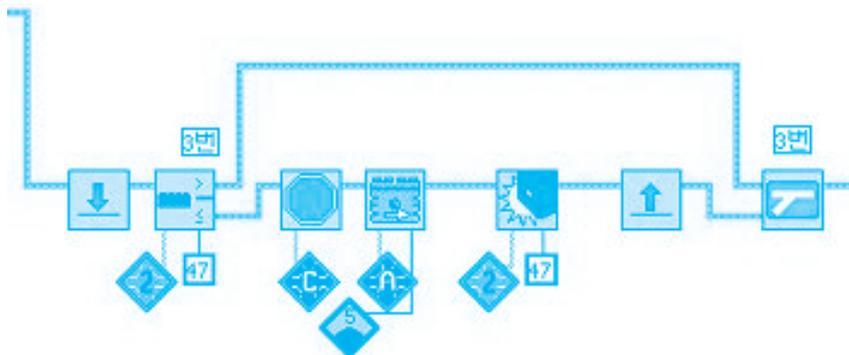


그림 5-38 빛센서가 기준 값보다 어두워졌을 때 프로그램

어있다면 좌회전을 통하여 백색 바탕에서 검은색 라인 쪽으로 좌회전을 하는 것이다. 좌회전을 하게 되면 라인 트레이서 차체 전방에 위치한 빛 센서가 검은색 라인 쪽으로 향하게 되고 검은색 라인 영역에 다다르면 이미 빛 센서는 기준값인 47보다 어두운 값을 인식할 것이다. 이 상태라면 Wait for Dark VI를 지나 파란색 점프 VI가 실행될 것이다. 점프하여 파란색 Land VI로 이동하면 다시 2번 빛 센서 Fork를 만나게 된다.

이미 빛 센서가 기준값 47보다 어두워져 있으므로, 아무 명령이 없는 라인으로만 연결된 곳을 지나 2번 Fork Merge를 만나 프로그램 5-37은 한 번의 동작 사이클을 마치게 된다.

그림 5-38의 프로그램 모듈은 5-36 프로그램의 빛 센서 Fork에서 빛 센서가 기준값 47보다 어두워졌을 때의 라인 트레이서의 동작을 표현한 것이다. 빨간색 Land VI를 지나 3번 빛 센서 Fork VI를 만나게 되면, 이미 빛 센서의 값이 기준값인 47보다 어두운 값이므로 빛 센서 Fork의 아래쪽 라인에 연결된 명령들이 실행된다. 모터 C를 정지시키고 빛 센서가 47의 기준값보다 밝아질 때까지 모터 A를 전월레벨 5로 회전시킨다. 즉 만약 모터 A가 오른쪽 바퀴로 설정되어 있고 모터 C가 왼쪽바퀴로 설정되어 있다면 우회전을 통하여 검은색 라인에서 흰색 바탕이 있는 방향으로 우회전을 하는 것이다. 우회전을 하다보면 라인 트레이서 차체 앞쪽에 위치한 빛센서가 흰색 바탕쪽으로 향하게 되고, 흰 바탕 영역에 다다르면 이미 빛센서는 기준값 47보다 밝아진 값을 인식하게 될 것이다. 이 상태라면 Wait for 빛 VI를 지나 빨간색 점프 VI가 실행될 것이다.

점프하여 빨간색 Land VI로 이동하면 다시 3번 빛 센서 Fork를 만나게 된다.

이미 빛 센서가 기준값 47보다 밝아져 있으므로, 아무 명령이 없는 라인으로만 연결된 곳을 지나 3번 Fork Merge를 만나 프로그램 5-38은 한 번의 동작 사이클을 마치게 된다.

그림 5-39의 프로그램 모듈에서는 앞에서 살펴본 모듈 5-37와 5-38의 프로그램 모듈이 각각 2번, 3번 Fork Merge를 지나 라인 트레이서의 전체 동작 사이클인 1번 Fork Merge를 통하여 만나게 되는 것을 확인



그림 5-39 기준값을 이용한 라인 트레이서 프로그램의 끝



봇에 비해 직선 코스에서의 지그재그 왕복으로 인해 주행성이 떨어지게 되므로, 결과적으로는 라인을 완주하기까지의 시간이 상대적으로 많이 걸린다.

## (2) 빛센서 1개를 이용한 라인 트레이서 구동 프로그램 2

이번에는 앞의 방식과 유사한, 빛 센서 한 개를 이용한 라인 트레이서이지만 상대적인 수치를 이용하고 형태를 조금 변형한 프로그램을 통하여 동일한 로봇을 구동하는 프로그램이 어떻게 달라질 수 있는지 살펴보자.

그림 5-41의 프로그램 모듈은 상대값을 이용한 라인 트레이서 프로그램의 시작 부분을 나타낸 것이다. 모터 A와 C를 회전시켜 초기에 라인 트레이서를 전진시킨다. 이후 빨간색 Land VI가 나오는데, 빛 센서의 값에 따라 명령을 수행한 후, 최종적으로 점프명령을 통하여 이곳으로 돌아와서 명령을 반복 수행하게 된다.

그림 5-42의 프로그램 모듈은 라인 트레이서의 빛 센서가 흰색 바탕에 위치해 있을 때의 동작을 나타낸 것이다. 1번 빛 센서 Fork에 의해 기준값 42보다 밝았을 때의 조건이 바로 흰색 바탕에 빛 센서가 위치했을 때를 의미하므로 바로 2번 빛 센서 Fork로 이동한다.

2번 빛 센서 Fork의 기준값이 52로 변한 이유는 42와 52, 즉 검정색과 흰색 사이에 있는 중간 값에 해당되는 회색에 의해 라인 트레이서가 오동작을 일으키지 않게 하기 위한 것이다. 이 라인 트레이서가 정상적으로 인식하게 될 부분은 흰색 바탕과 검정색 라인이므로, 정상적인 주행 시 42에서 51 사이의 값이 들어올 경우는 없다. 따라서 이 프로그램에서는 강제로 빛의 값 사이에 갭을 주어 중간 영역을 피하고 있다.

그림 5-42의 2번 빛 센서 Fork까지 흐름이 진행되면, 빛 센서가 아직 흰색 바



그림 5-41 상대값을 이용한 라인 트레이서 프로그램의 시작



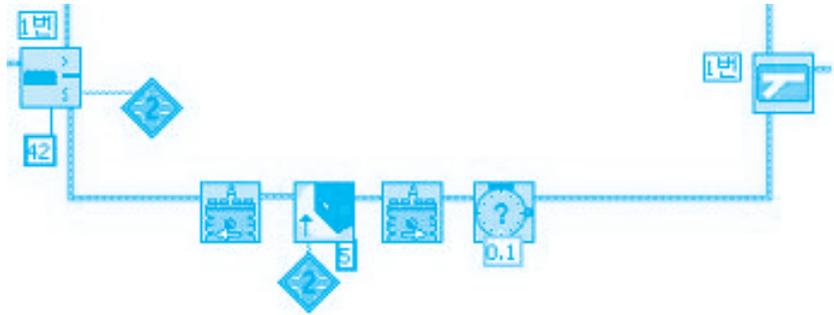


그림 5-43 라인트레이서의 빛센서가 검은 색 라인에 있을 경우

아무 일도 수행하지 않는다는 것이다. 5-38의 프로그램과 마찬가지로 이 프로그램도 회색 영역의 값을 받을 일이 없기 때문에, 이 색에 대해서는 아무런 일을 수행하지 않는다. 하지만 이 부분이 아무런 일을 수행하지 않는다고 해서 선 이어주기를 하지 않는다면 곤란하다. ROBOLAB은 다른 프로그램과 같이 문법적인 오류를 컴파일러를 통해 잡는 방식이 아닌, 프로그램 자체가 블록 다이어그램을 형성하며, 다이어그램 자체의 논리적 오류에 대해서 경고해 주는 방식으로 프로그램을 작성한다.

언뜻 보면 아무 일도 하지 않는 것처럼 보이는 2번 Fork의 어두울 때 수행할 일 영역은, 실제로 자신이 어떠한 제어나 구동을 담당하지는 않지만, 전체적인 프로그램의 흐름이 원활히 흘러갈 수 있도록 하는 역할을 담당한다. 이렇듯 각 VI의 흐름 연결 부분은 각 조건에 해당될 때 아무런 일을 하지 않더라도, 논리적인 흐름에 따라 제 위치에 연결해 주어야만 한다.

그림 5-43의 프로그램 모듈은 라인 트레이서의 빛 센서가 검은색 라인에 위치할 경우의 동작을 나타낸 것이다. 1번 빛 센서 Fork에 의해 기준값 42보다 어두워졌을 때의 조건이 바로 검은색 라인에 빛 센서가 위치했을 때를 의미하므로, 밑의 명령라인들이 실행된다. 라인 트레이서의 빛센서가 검은색 라인에 있을 경우에는 모터 A를 역회전 시키는데, 모터 C가 처음 프로그램 시작할 때 시계방향으로 회전하고 있으므로 라인 트레이서는 흰색 바탕 쪽으로 급격하게 회전을 할 것이다. 이때에 지금 현재 빛 센서의 값보다 5이상 밝아지면 모터 C를



그림 5-44 상대값을 이용한 라인트레이서 프로그램의 끝

다시 0.1초간 시계방향으로 회전시켜 라인 트레이서를 전진시키면 라인 트레이서의 빛 센서가 검은색 라인에 위치했을 때의 동작 한 사이클을 마치게 되는 것이다.

그림 5-44의 프로그램 모듈은 라인 트레이서의 빛 센서가 흰색 바탕에 있을 때의 동작 한 사이클, 또는 검은색 라인에 있을 때의 동작 한 사이클을 마친 뒤 점프 명령을 통해 다시 Land VI가 위치한 프로그램 처음으로 이동하는 모습을 나타내고 있다. 즉 Land VI 다음에 1번 빛 센서 Fork VI가 위치하므로 현 빛 센서의 상태를 검사하여 상황에 맞는 동작을 수행하게 된다.

그림 5-45의 프로그램은 앞에서 살펴본 모듈 5-41부터 5-44까지의 모듈을 하나로 재구성하여 전체적인 프로그램으로 완성시킨 모습이다. 위의 프로그램도 5-40의 프로그램과 마찬가지로 빛 센서 1개를 사용한 라인 트레이서 프로그램이다. 다만 빛센서의 상대값으로 라인 트레이서의 좌회전과 우회전을 제어한 것을 제외하고는 말이다. 상대값을 이용한 라인 트레이서의 프로그램의 전체적

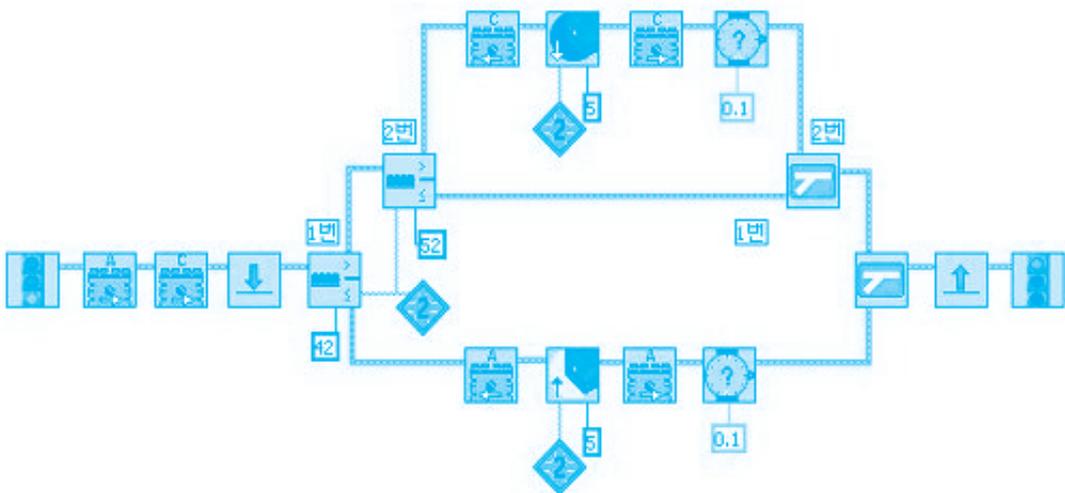


그림 5-45 상대값을 이용한 라인트레이서 프로그램



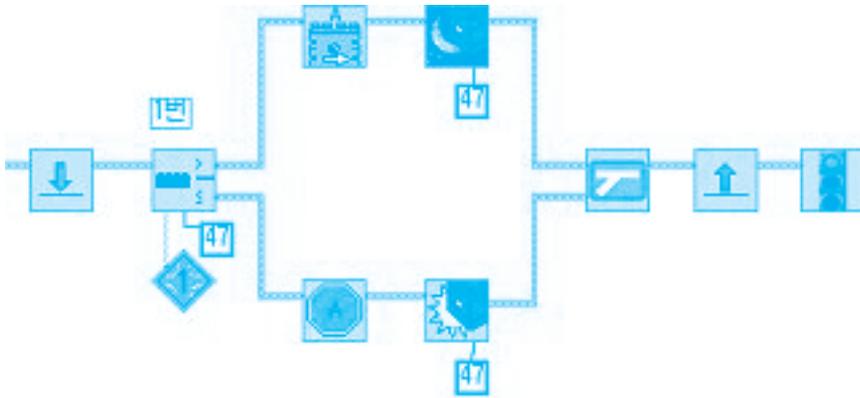


그림 5-47 두 개의 센서 중 1번 센서 부분

그림 5-47의 프로그램 모듈은 라인 트레이서의 시작 부분이다. 프로그램이 시작되면 바로 A모터와 C모터를 0.5초간 강제로 구동하게 되는데, 언뜻 보기에 별 것 아닐 것 같은 이 부분은 이 프로그램이 구동되기 위해 필수적인 부분으로서 프로그램 설명 뒷부분에 다시 언급하도록 하겠다. 0.5초 시간대기 VI의 뒤에 연결된 Task VI는 버그 로봇에서와 동일한 용도로 사용되며, 이 프로그램에서 없어서는 안 될 가장 중요하고 핵심적인 부분이라고 할 수 있다.

그림 5-47의 프로그램 모듈은 양 쪽의 센서 중 1번 센서에 관련된 프로그램 모듈이다. 이 로봇은 정 중앙을 중심으로 좌우 대칭형으로 만들어져 있으며, 좌측을 담당하는 1번 센서는 역시 좌측 구동을 담당하는 A모터와, 우측을 담당하는 3번 센서는 역시 우측 구동을 담당하는 C모터와 짝을 이루도록 구성되어 있다.

우선 프로그램을 살펴보면, 1번 센서가 인식한 값에 따라, 기준값보다 밝은 경우에는 A 모터를 전진 구동시키고, 어두운 경우에는 A 모터를 정지시킨다. 1번 센서는 A 모터의 구동 이외의 것은 전혀 관여하지 않는다. 바꾸어 말하자면, 3번 센서가 무엇을 인식하는지, C 모터가 어느 방향으로 구동되는지에 대해서 1번 센서는 전혀 알지 못한다는 것이다. 1번 센서는 오로지 자신이 보고 있는 곳의 색에 따라, 밝은 곳일 경우 자신이 설치된 방향의 모터를 전진시키고, 어두운 곳일 경우 정지시키는 역할만을 수행한다.

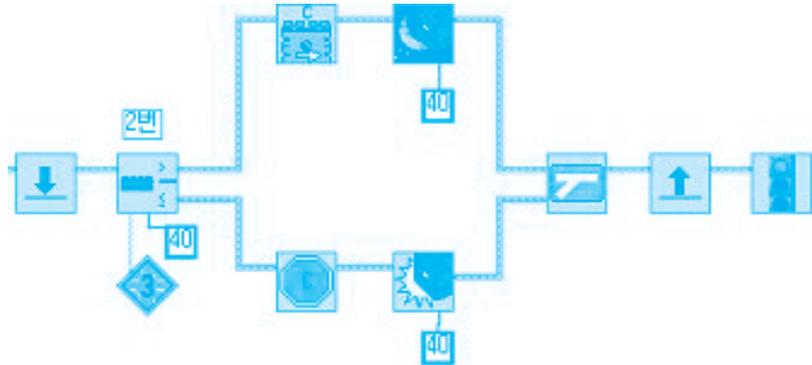


그림 5-48 두 개의 센서 중 3번 센서 모듈

여기에서 생각해야 할 것은, 이 로봇은 좌우 대칭형의 로봇이라는 점이다. 빛 센서 한 개를 가진 라인 트레이서와 달리 이 로봇은 빛 센서 두 개를 가지고 있기 때문에, 지그재그 방식이 아닌 다른 방식으로의 주행이 가능하다. 이 프로그램에서는 각각의 센서는 각자 자신이 속한 방향의 모터만을 제어하며, 이 두 센서 부분 및 프로그램 부분이 합쳐져서 결과적으로는 하나의 로봇이 라인의 방향 및 상태에 따라 전진, 좌회전, 우회전을 구현하게 되는 것이다.

그림 5-48의 프로그램 모듈은 3번 센서에 관련된 부분이다. 이 역시 1번 센서와 마찬가지로 자신이 설치된 방향의 모터인 C 모터의 제어만을 담당한다. 그림 5-47와 5-48의 프로그램 모듈들은 각각, 자신이 인식한 값이 밝을 때는 자신의 모터를 전진시키다가 어두워질 경우 Fork Merge를 통하여 Jump를 실행하고, 빛 센서 Fork 앞의 Land로 이동하여 다시 값을 확인해본 후 현재 상태가 어두운 상태이므로 자신의 모터를 정지시킨 상태로 대기하다가 밝아질 경우 Fork Merge를 통해 다시 Jump를 거쳐 빛 센서 Fork를 수행하는 과정을 반복하게 된다.

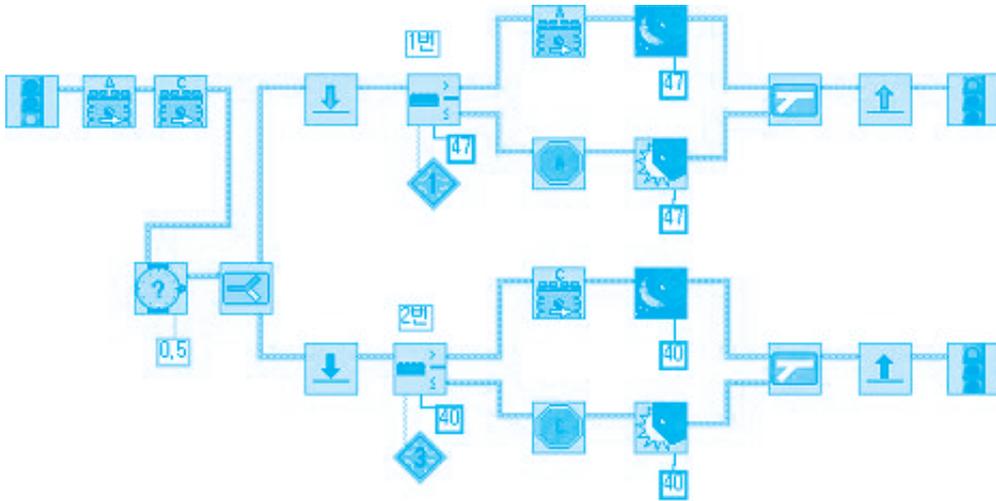


그림 5-49 빛센서 2개를 이용한 라인트레이서 프로그램

그림 5-49의 완성된 프로그램을 살펴보면, 앞에서 설명한 프로그램의 전체적인 흐름을 알 수 있다. 1번 부분과 2번 부분은 Task VI를 이용하여 각각 독자적으로 실행되며, 라인트레이싱을 하게 된다. 엄밀히 보자면 이 프로그램은 조건 반사적인 라인 트레이서이다. 그다지 능동적인 형태라고는 볼 수는 없다. 왜냐하면, 각각의 빛 센서는 자신이 보는 방향만을 감지하며, 전체적인 라인의 상태에 대해서는 알 수 없기 때문이다.

바꾸어 말하자면, 라인의 마지막 종료 지점이 검정색으로 라인 트레이서보다 크게 만들어져 있을 경우, 이 프로그램으로 구동되는 로봇은 종료 지점에서 정지하게 되지만, 그것은 로봇이 종료 지점을 인식하여 정지하는 것이 아닌, 단지 각각의 빛 센서가 어두울 때 자신이 속한 방향의 모터를 정지하도록 만들어져 있기 때문에 멈춘 것뿐이라는 것이다. 무슨 뜻인지 잘 이해가 가지 않는다면, 위의 프로그램에서 Stop VI들을 Motor Reverse VI로 바꾼 뒤 실험해 보게 되면 잘 알 수 있을 것이다.

회전 반경을 줄이기 위해 Stop VI를 Motor Reverse VI로 바꿀 경우, 로봇은 종료 지점의 검정색 영역을, 각각의 빛센서를 통해 각 센서가 속한 방향으로의

꺾인 라인으로 인식하고 종료지점에서 후진하고, 잠시 후 다시 전진하는 행동을 반복하는 어처구니없는 모습을 보여줄 것이다.

그림 5-49의 프로그램에 대한 동작 원리를 이해하였다면, 이제 여러분은 이 프로그램의 가장 앞부분, 즉 5-46의 프로그램 모듈에서 왜 시작하자마자 강제로 0.5초간 A모터와 C모터를 전진 구동시켰는지 이해가 갈 것이다.

#### (4) 빛 센서 2개를 이용한 라인 트레이서 구동 프로그램 2

이번 프로그램은 앞의 5-49에서 만들어 본 프로그램이 가지고 있는 문제점을 컨테이너를 통하여 해결을 시도한 프로그램이다. 5-49의 프로그램이 가진 가장 취약한 문제점은 각각의 빛 센서가 인식한 값을 RCX가 어떠한 종합적인 판단을 거쳐 자신의 모터를 제어할 방법을 결정하는 방식이 아닌, 조건 반사에 가까운 형식적인 제어를 사용한다는 점이다.

이로 인해 생기는 문제점은, 우선 검정색 라인을 인식한 쪽의 모터는 무조건 정지를 하게 되므로 라인에 교차점이 있을 경우, 절대 교차점을 극복할 수 없다는 점을 들 수 있겠고, 또한 만약 방향 전환시 성능을 높이고자, Stop VI 대신 Motor Reverse VI를 사용할 경우, 최악의 상황에서는 전진과 후진을 반복하게 되는 문제점을 가질 수 있다는 점을 들 수 있다. 이러한 문제는 소프트웨어적인 방법을 통해서만 해결할 수 있는 부분으로서, 프로그램에서 제대로 처리해주지 못한다면 아무리 멋있고 훌륭한 로봇이라 할지라도 한낱 장난감보다 못한 움직임을 보여주게 된다는 것을 여러분은 항상 잊지 말아야 할 것이다.

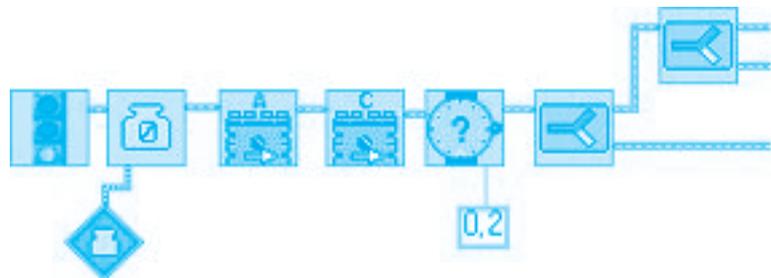


그림 5-50 프로그램의 시작 부분

그림 5-50의 프로그램 모듈은 컨테이너를 이용한 라인 트레이서 프로그램의 시작 부분이다. 이 부분을 살펴보면 시작하자마자 바로 붉은 컨테이너의 값을 0으로 초기화시켜 주고 있다. 이 선언부를 통하여, 프로그램은 붉은 컨테이너를 변수로 활용할 수 있게 된다. 또한 Task VI 역시 총 두 개가 사용된 것을 볼 수 있는데, 한 개의 Task, 즉 두 개의 작업은 앞서 살펴본 2개의 빛 센서를 이용한 라인 트레이서의 프로그램과 유사한 개념이지만, 남은 한 개의 Task, 즉 마지막 작업은 이 라인 트레이서가 보다 능동적인 상황 판단을 할 수 있도록 하는 고급 기능을 위하여 사용되었다.

이 로봇은 컨테이너의 기능을 적극적으로 활용한 능동적인 형태의 로봇이라고 할 수 있다. 컨테이너는 프로그램에서의 변수의 개념으로서, 임의의 숫자를 강제 할당하거나, 현재 로봇이 얻은 특정한 수치 값을 이용하여 어떠한 연산을 수행할 수도 있고, 그 수치 값을 기반으로 자신의 동작을 결정하도록 프로그램을 구성할 수도 있는, 실로 막강한 기능이라고 할 수 있다.

그림 5-51의 프로그램 모듈은 1번 센서의 상황에 따른 프로그램의 처리를 나타내고 있다. 5-49의 프로그램에서는 각 센서가 인식한 값에 따라 Fork문 아래의 프로세스가 직접 모터를 제어하였지만, 이 프로그램에서는 Fork문 아래의 프로세스가 제어하는 것은 모터가 아닌, 컨테이너의 수치이다. 즉 이 부분만 가지고는 로봇의 움직임에 아무런 영향을 미치지 않는다는 뜻이다.

하지만 다루는 대상만이 물리적인 모터가 아닌 컨테이너로 바뀌었을 뿐, 빛 센서 Fork가 기준치보다 밝은 값을 인식하였을 때 어떠한 행동을 취하다가 기

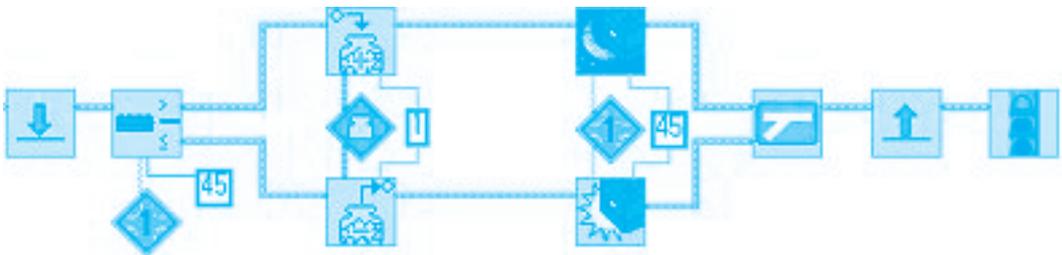


그림 5-51 1번 빛센서에 관련된 부분

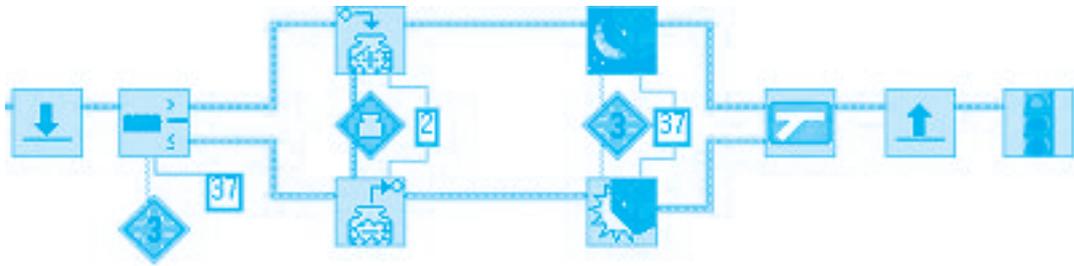


그림 5-52 3번 빛 센서에 관련된 부분

준값보다 어두워지게 되면 Fork Merge를 통해 나가서 다시 빛 센서 Fork의 시작 부분으로 돌아간 뒤 어두울 동안의 행동을 취하는, 기본적인 양식에 대해서는 이미 5-50에서 설명하였으므로 우선 넘어가도록 하겠다.

그림 5-52의 프로그램 모듈은 3번 센서에 관련된 부분을 보여주고 있다. 한 가지 주목할 만한 점은, 프로그램 5-50에서는 1번과 3번, 각각의 센서가 A모터와 C모터를 각각 제어하였지만, 이 프로그램에서는 1번과 3번 각각의 센서가 동일한 붉은 컨테이너를 제어하고 있다는 점이다. 또한, 자세히 눈여겨보게 되면 프로그램 5-51과 5-52에서 다른 점을 또 하나 발견할 수 있는데, 바로 컨테이너에 연산해 주는 상수 값이 다른 것을 알 수 있다. 프로그램 5-51에서는 기

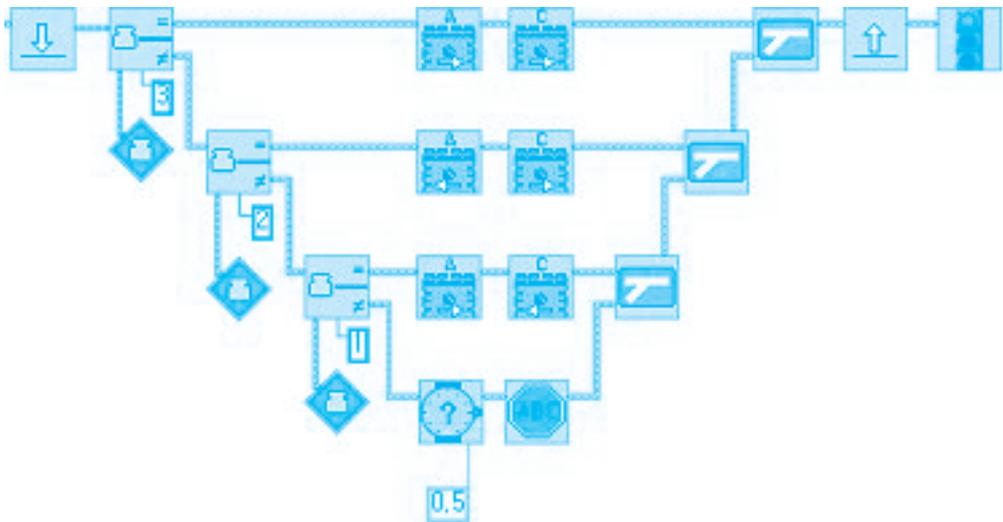


그림 5-53 컨테이너를 통한 구동부의 제어 부분

준보다 밝을 경우 1을 더해주고, 어두울 경우 1을 빼주는 반면, 프로그램 5-52에서는 기준보다 밝을 경우 2를 더해주고, 어두울 경우 2를 빼준다는 것을 알 수 있다.

이제 이 프로그램에서 가장 중요한 부분인 컨테이너를 활용한 부분을 설명하겠다. 그림 5-53의 프로그램을 살펴보자. 여기에서는 컨테이너 Equal Fork를 총 세 개 사용하고 있다. 이 부분이 바로 컨테이너를 이용하여 현재의 상태를 종합적으로 판단하는 부분이라고 할 수 있다. 앞의 5-49에서의 프로그램은 각각의 센서가 자신이 속한 방향의 모터를 바로 제어하였지만, 여기에서는 컨테이너 값을 처리하는 부분에서 종합적으로 모터의 제어가 이루어지고 있다는 점이 다른 점이라 하겠다.

그림 5-53의 프로그램 모듈을 위로부터 살펴보게 되면, 컨테이너의 값이 3일 경우에는 전진, 2일 경우에는 좌회전, 1일 경우에는 우회전, 3, 2, 1 모두와 다를 경우에는 0.5초 후 정지하도록 만들어져 있다. 여기에서 컨테이너 Equal Fork에 들어간 각각의 비교 값 3, 2, 1은 바로 5-51와 5-52의 과정을 수행하면서 연산된 붉은 컨테이너의 값을 확인하여, 로봇이 자신의 1번과 3번 센서에서 각각 어떠한 부분을 인식하고 있는지를 판단할 수 있도록 도와주는 부분이다.

그림 5-54의 프로그램을 살펴보면 전체적인 프로그램의 흐름을 알 수 있다. 우선 최초, 프로그램이 시작되면 컨테이너를 초기화시키고 강제 전진을 시작한다. 전진 후 0.2초가 지나면 Task VI를 두 번 사용하여, 1번 센서, 3번 센서, 컨테이너의 세 가지 프로그램을 실행할 수 있도록 준비하며, 1번 센서와 3번 센서에 관련된 프로그램이 바로 실행된다.

이 과정에서 컨테이너에 관련된 부분은 Wait for VI를 이용하여 약간의 시간을 더 지체한 후 실행되게 된다. 왜 컨테이너 부분을 약간 늦게 시작해야 하는지는 잠시 후에 설명하도록 하고, 우선 1번 센서와 3번 센서에 관련된 부분부터 살펴보도록 하자.

1번 센서는 자신이 밝은 곳을 보았을 때 붉은 컨테이너에 1을 더하고 어두운 부분을 인식할 때까지 대기한다. 동시에 3번 센서 역시 자신이 밝은 곳을 보았

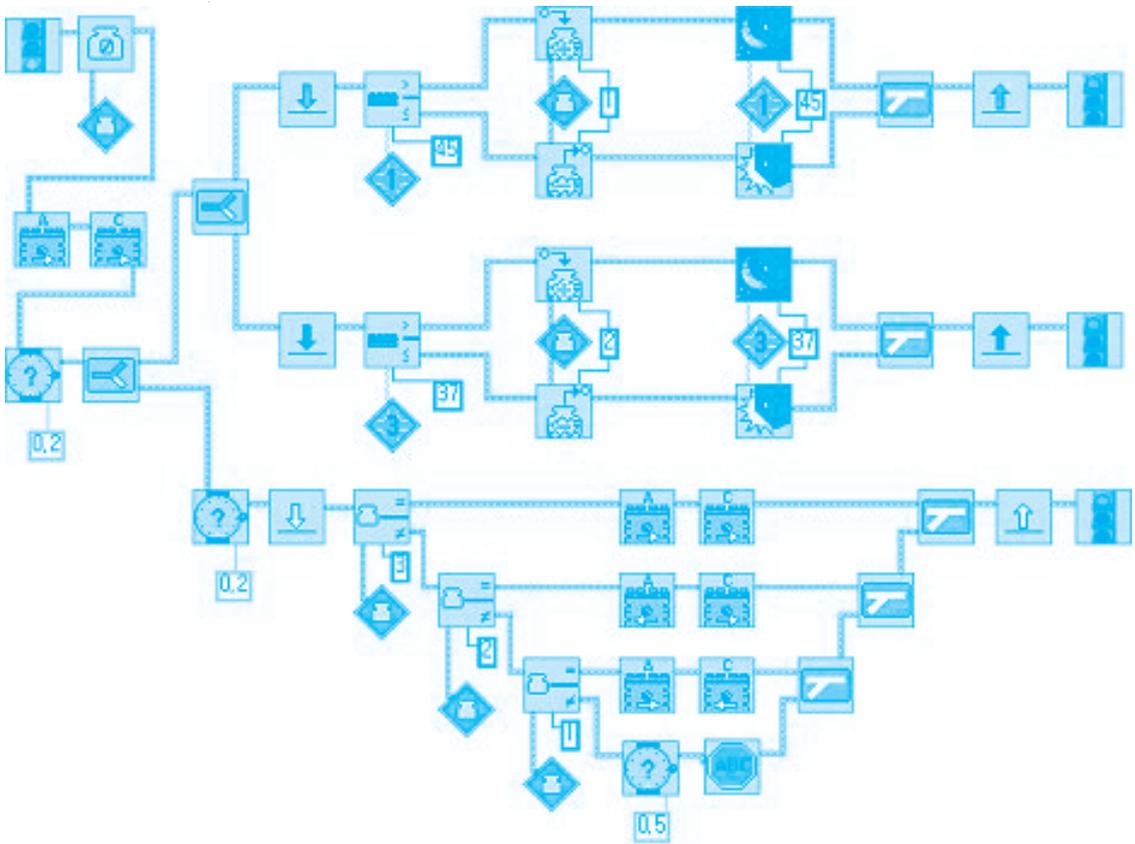


그림 5-54 컨테이너를 이용한 라인트레이서 프로그램

을 때 붉은 컨테이너에 2를 더하고 어두운 부분을 인식할 때까지 대기한다. 이 때 컨테이너는 정수 값을 연산하는 것이 가능하므로, 컨테이너에는 3이라는 값이 저장될 것이다. 컨테이너 Equal Fork 에서는 현재 붉은 컨테이너의 값이 무엇과 동일한지 비교한다.

우선 맨 처음에 나오는 컨테이너 Equal Fork의 비교 값과 현재 값이 동일한지 보게 되는데, 이 때 현재값과 비교값이 일치하므로, 컨테이너 Equal Fork는 값이 같을 때의 프로그램, 즉 A모터와 C모터를 전진하는 프로그램을 수행한다. 이 과정은 노란색 점프 VI를 통하여 컨테이너의 값이 3과 같을 동안 반복 수행될 것이다.

전진 중 1번 센서가 검정색 부분을 인식했다고 가정하자. 1번 센서는 자신이

인식한 검정색 부분이 길이 꺾이는 부분인지, 코스가 끝나는 부분인지 알 수 없다. 3번 센서가 인식한 값을 알 수 없기 때문이다. 따라서 1번 센서는 Fork 합병을 통해 다시 빛 센서 Fork를 수행한 후 컨테이너에서 1을 빼게 된다.

이때 3번 센서가 그대로 밝은 곳을 보고 있다면 3번 센서의 빛 센서 Fork는 아무 일도 수행하지 않고 어두운 곳이 인식될 때까지 대기할 것이므로, 결국 컨테이너의 값은 3에서 1을 뺀 값 즉, 2가 들어가게 될 것이다.

이때 컨테이너 Equal Fork는 비교 값 3과 비교하였을 때 현재값이 2이므로 첫 번째 컨테이너 Equal Fork를 지나가게 될 것이다. 두 번째 Fork 부분에서 다시 현재값인 2와 비교를 하게 되는데 이 때 두 번째 Fork의 비교값이 2이므로, 프로그램은 A모터를 후진, C모터를 전진시켜 좌회전을 수행하게 된다. 좌회전을 수행하는 동안에도 1번과 3번 빛 센서 부분은 계속 바닥을 감시하게 되며, 좌회전을 하는 과정에서 1번 센서에 밝은 부분이 인식될 경우, 1번 센서의 빛 센서 Fork 부분으로 다시 돌아간 뒤 컨테이너에 1을 증가시키게 될 것이다.

3번 센서 역시 1번과 동일한 과정으로, 빛 센서의 상황에 따라 컨테이너를 연산하고, 컨테이너 Equal Fork를 통해 우회전과 전진을 선택하게 될 것이다. 이 때 한 가지 관심을 가져야 할 부분이 있는데, 두 개의 센서가 동일한 붉은 컨테이너 한 개를 놓고 연산을 하게 되므로, 1번 센서와 3번 센서가 붉은 컨테이너에 동일한 값을 증감시킬 경우, 컨테이너 Equal Fork는 어느 센서가 현재 라인을 인식한 것인지 구분할 수 없게 된다.

하지만 1번 센서와 3번 센서가 각각 다른 값을 연산하도록 한다면, 컨테이너 Equal Fork는 현재의 값을 확인해 보고 어느 센서가 현재 라인을 인식한 것인지 구분할 수 있게 되므로, 프로그램이 보다 지능적으로 상황을 대처할 수 있게 된다는 장점이 있다.

만약 두 개의 센서가 각각 어두운 부분을 보게 될 경우, 각각의 빛 센서 Fork는 각자 붉은 컨테이너에 자신이 더했던 숫자들을 빼게 될 것이고, 결과적으로 붉은 컨테이너는 초기에 설정한 0의 값이 될 것이다. 이 때 컨테이너 Equal Fork 부분에서는 첫 번째 3, 두 번째 2, 세 번째 부분의 1과 비교하는 과정까지

거쳐서 세 번째 부분의 1과 동일하지 않기 때문에 맨 아래의 작업을 수행하게 되는데, 두 개의 센서가 동시에 검정색 부분을 인식하는 경우는 경기장의 끝에 위치한 종료 점을 뜻하는 것이므로, 이 경우 로봇이 멈추도록 Stop ABC VI를 사용하여 로봇이 정지하도록 하게 된다.



- 1 수평다관절 로봇은 기본적으로 2개의 수평회전 운동축과 1개의 수직 직선 운동축으로 구성된 총 3축으로 구성되며, 4축 수평다관절 로봇은 수직 회전 운동축이 추가된 로봇이다.
- 2 감속기는 기어비를 이용하여 회전속도를 줄이고 회전토크를 증가시키기 위해 사용한다.
- 3 백래쉬를 없애기 위해 직접구동 방식을 사용하거나, 하모닉 드라이브를 이용한다.
- 4 구동부는 모터, 감속기, 엔코더로 구성된다.
- 5 제어부는 크게 다음의 3가지로 나눌 수 있다.
  - 메인 제어기 : 기구학 해석, 모니터링, 중앙처리 장치 기능을 담당한다.
  - 입출력 제어기 : 메인 제어기와 주변장치와의 제어, 메인 제어기와 로봇 운영자와의 연결을 담당한다.
  - 모터 제어기 : 각 관절의 서보제어를 담당한다

- 6 브라켓은 두 물체간을 결합하기 위하여 필요한 구조물이다.
- 7 모터의 회전운동을 직선운동으로 전환하기 위해서는 벨트/풀리 방식, 혹은 볼 스크류 방식이 있다.
- 8 링크의 결합 순서는 운동부에 풀리 결합 조립, 브라켓 결합 조립, 링크부 결합조립, 벨트의 장력 조절로 나누어진다.
- 9 차동구동형 바퀴 구조는 두개의 바퀴가 같은 축상에 위치하고 있으며, 각 바퀴를 두 개의 모터가 구동시키게 되고 모터의 속도 차이에 의해 방향 전환을 하는 구조를 말한다.
- 10 모터를 선정하는 순서
  - 1) 구동 방법과 동작패턴을 결정한다.
  - 2) 부하토크를 계산한다.
  - 3) 안전토크를 계산한다.
  - 4) 감속기를 선정한다.
  - 5) 감속비를 고려하여 원하는 토크와 속도를 가질 수 있는 모터를 선정한다.

## 참고 문헌

1. <자동화 시스템> 일진사, 차홍식/김상화/김영주
2. <공압 기술> 성안당, 김장호, 신홍렬
3. <자동화를 위한 센서> 연학사, 김상진
4. <자동화시스템 제어 이론> 한국산업인력공단, 김영주
5. <PC 기반 센서 응용 실험실습 교재> 주식회사 이디 연구소
6. <전기시퀀스 제어> 성안당, 신홍렬
7. <공압 응용 회로 실습 교재> 주식회사 이디 연구소
8. <유압 응용 회로 실습 교재> 주식회사 이디 연구소
9. <유공압 전기 회로 시뮬레이션 소프트웨어 교재> 주식회사 이디 연구소
10. <ARM 로봇 실습장치 교재> 주식회사 이디 연구소
11. <PTP 로봇 트레이너 교재> 주식회사 이디 연구소