

산업용 리프트의 제어로직 설계 및 PLC 프로그래밍을 위한 체계화 연구

박노억, 박정현

A systematic approach to the control logic design and PLC programming of a industrial lift

No-Eok Park, Jeong-Hyeon Park

선문대 생산시스템기술연구소

Abstract

The recent control system has been changed into the type of PLC(Programmable Logic Controller) control. Up to now, systematic approach of PLC programming or control logic design is not suggested. In this study, the design process of the control logic is systematized and concrete process in each step is suggested. This systematized approach lead developer to be convenient to implement control system. When some error is occurred in the system, this approach enable the developer to analyze the reason of error rapidly and the system is amended according to systematic information of the analysis. The example of control system implementation following this approach is introduced.

1. 서론

최근 자동생산시스템의 제어시스템 동향을 살펴 보면 생산시스템의 자동화 추세에 따라 제어방식이 유접점 및 하드와이어드 방식인 릴레이 제어방식에서 무접점 및 소프트와이어드 방식인 PLC 제어방식으로 변모하고 있다.

PLC 제어방식은 로직변경의 용이함, 보수성 향상, 소형·표준화가능 등 릴레이 제어방식의 제어시스템에 비하여 많은 장점을 가진다.[1]

PLC 제어방식의 제어시스템은 PLC 프로그램에 의하여 구현이 되며, 일반적인 PLC 프로그래밍 방법은 기존에 많이 소개되어 있다.[2][3][4]

이러한 일반적인 PLC 프로그래밍 방법에 의한 PLC 프로그램은 시스템에 적용하여 정상운전을 하기까지 여러 번의 수정과정을 거치게 된다.

그리고, 정상운전을 시작한 이후에도 PLC 프로그램상에 오류가 발생하는 경우가 있기 때문에 시스템이 안정적으로 운영되도록 하기 위하여 PLC 프로그램의 유지보수에 많은 시간과 인력이 요구된다.

이렇게 반복되는 PLC 프로그램의 수정과정이

있게되는 원인은 PLC 프로그램을 생성하기 이전에 PLC 제어로직 설계가 제대로 되지 않았기 때문이다.

그러나, PLC 프로그램 오류의 1차적 원인은 일반 소프트웨어 프로그램과 같이 프로그램에 대한 사용자의 요구사항이 제대로 분석되지 못한 것에 있다.[5]

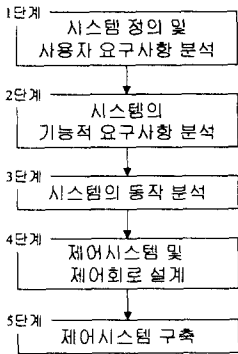
그러므로, PLC 프로그래밍도 대상시스템의 사용자 요구사항분석이 1단계 작업으로 수행되어져야 할 것이다.

PLC 프로그램 오류가 발생하였을 경우 오류 수정을 위하여 프로그램 분석을 하게되는데, PLC 프로그램 분석을 위한 정보의 부족으로 인하여 프로그램을 직접 작성한 작업자 이외엔 분석이 어렵다.

또한, PLC 프로그래밍을 직접 담당한 개발자도 시간이 어느 정도 흘러 예전에 코딩한 PLC 프로그램의 수정요구시 PLC 프로그램 분석 및 수정에 상당한 시간을 소요하게된다.

그 결과 개발자로서 새로운 시스템 개발에 참여하기보다는 기존 시스템의 PLC 프로그램 유지보수에 더 많은 시간을 소요하게 되는 문제점이 발생되고 있다.[5]

그래서 본 연구에서는 <그림 1>과 같이 제어시스템 구축과정을 체계화하여 개발자로 하여금 제어시스템 구축의 편의성을 도모케 하고자 하며, 제어시스템의 체계적인 분석자료 생성으로 제어시스템에 오류가 발생하였을 때 그 오류원인을 빠르게 분석하여 수정할 수 있음을 보이고자 한다.



<그림 1> 제어시스템 구축과정

2. 단계별 제어시스템 구축 과정

단계별 제어시스템 구축과정은 <그림 1>을 구체화한 <그림 2>와 같다.

2.1 「1단계」 시스템 정의 및 사용자 요구사항 분석

1단계의 시스템 정의 및 사용자 요구사항 분석 방법으로 axiomatic design principle을 응용하여 사용자 입장에서 요구되는 사항을 분석하면 도움이 된다.[6][7]

시스템 정의단계에서는 대상이 되는 시스템의 사용자는 누구이며, 언제, 어디서, 어떤 용도로 사용하는 것인지를 정의하며, 정의내용을 일목요연하게 알아볼 수 있도록 항목별로 구분하여 표 안에 서술형문장으로 작성한다.

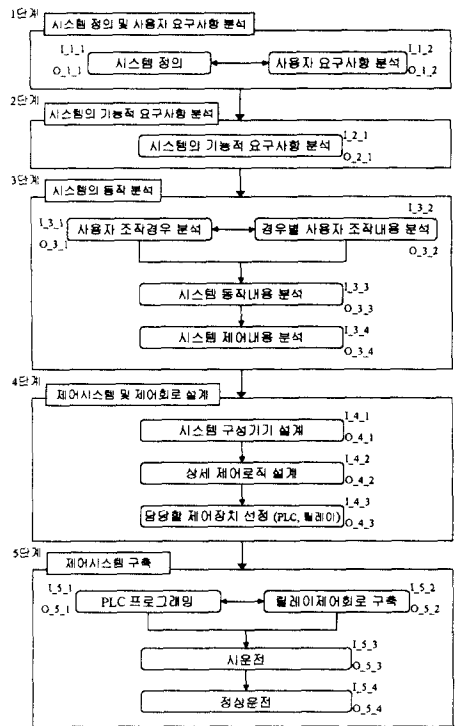
그리고, 사용자는 정의된 시스템에 대하여 많은 요구사항을 갖게 되며, 개발자는 사용자의 요구사항을 수렴하여 체계적으로 분석하며, 분석된 요구사항을 내용별로 구분하여 표 안에 서술형문장으로 작성한다.

2.2 「2단계」 시스템의 기능적 요구사항 분석

2단계의 시스템의 기능적 요구사항 분석도 1단계와 마찬가지로 axiomatic design principle을 응용, 기능적인 측면에서의 요구사항들을 분석하면 도움이 된다.

시스템의 기능적 요구사항 분석단계에서는 시스템에 대한 사용자 요구사항을 만족시키기 위해서 시스템은 여러 가지 기능을 갖추어야 하는데, 이러한 기능적 요구사항을 분석후 종류별로 구분하여

표안에 서술형문장으로 작성한다.



<그림 2> 단계별 제어시스템 구축과정

2.3 「3단계」 시스템의 동작 분석

3단계에서는 2단계에서 분석된 시스템의 기능적인 요구사항을 기반으로 시스템 운영을 위하여 요구되는 사용자 조작경우를 분석하고, 경우별 사용자 조작내용을 분석한다. 이처럼 사용자 조작내용을 경우별로 구분하는 이유는 조작내용을 경우별로 구분하지 않으면 동시에 발생하는 사건의 표현이 쉽지 않기 때문이다. 그리고 경우별 사용자 조작내용은 일련의 순서에 따라 이루어지기 때문에 순서도로 표현한다.

사용자 조작경우별 조작내용 분석이 완료되면 사용자 조작에 따라 사용자가 원하는 시스템 동작내용을 분석하여 순서도로 표현한다.

그리고, 사용자 조작에 따라 시스템 동작내용을 실행시킬 수 있는 제어내용을 분석하여 순서도로 표현한다.

2.4 「4단계」 제어시스템 및 제어회로 설계

4단계에서는 3단계에서 분석된 사용자 조작내용, 시스템 동작내용, 시스템 제어내용으로부터 시스템에 요구되는 입출력기기를 선정하고, 선정된 입출력기기를 기반으로 시스템 제어반을 설계한 후, 전체 제어시스템을 구성한다.

그 다음, 사용자 조작내용, 시스템 동작내용, 시

시스템 제어내용을 표현한 flow chart상에 선정된 입출력기기를 삽입하여 표현하고, 사용자 조작내용, 시스템 제어내용, 시스템 동작내용간 신호흐름을 표현하여 입출력 신호의 흐름이 표현된 상세한 제어로직을 설계한다.

상세 제어로직이 설계되면 제어를 담당할 제어 장치의 특성을 고려하여 PLC제어장치가 담당할 부분과 릴레이 제어장치가 담당할 부분으로 나눈다.[1]

PLC가 담당할 제어로직으로부터 PLC 제어회로가 설계되고, PLC 사양이 선정되며, PLC 입출력 접점이 할당된다.

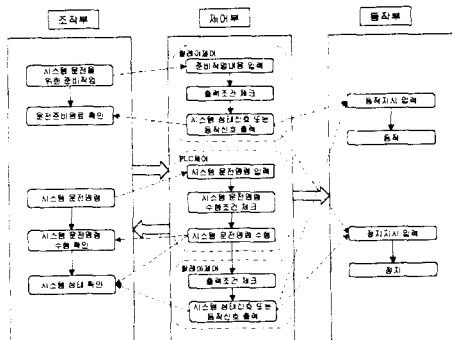
그리고, 릴레이가 담당할 제어로직으로부터 릴레이 제어회로가 설계되고, 릴레이 제어회로 구축을 위한 제어장치가 선정된다.

2.5 「5단계」 제어시스템 구축

5단계에서는 PLC 제어회로와 PLC 사양, PLC 입출력접점을 기반으로 하여 PLC 프로그램을 코딩한다. 코딩된 PLC 프로그램은 로컬 테스트를 통하여 오류부분을 수정하고, PLC 프로그램에 오류가 없다고 판단될 때까지 로컬 테스트를 통한 오류의 분석/수정과정을 반복한다.

그리고 설계된 릴레이 제어회로와 선정된 릴레이 제어장치를 기반으로 릴레이 제어회로를 구축한다.

이렇게 PLC 프로그래밍과 릴레이 제어회로 구축이 완료되면 대상시스템을 실제 시험운전하는 시운전 단계를 거치게 되는데, 이때 시스템은 동작 오류가 발생할 수 있다. 이러한 오류가 PLC 프로그램 오류인지 아니면 릴레이 제어회로의 오류인지를 구별하기 위하여 설계된 상세 제어로직을 참조하게 되는데, PLC 제어장치가 담당할 부분과 릴레이 제어장치가 담당할 부분을 <그림 3>과 같이 단순화하면 오류 원인인 제어장치를 알 수 있게된다.



<그림 3> 제어시스템의 신호흐름 표현

만약 오류원인이 PLC 프로그램에 있다면 해당 PLC 제어로직 변경에 따라 PLC 프로그램을 수정

하고, 릴레이 제어회로에 오류가 있다면 해당되는 릴레이제어로직 변경에 따라 릴레이 제어회로를 수정한다. 이러한 과정을 반복하여 시스템 동작상 문제가 없다고 판단되면 시운전 단계를 마치게 된다.

시운전이 끝나고 나면 시스템의 본 용도에 맞게 정상운전을 하게된다. 정상운전 중에도 PLC 프로그램 또는 릴레이 제어회로상 오류발생 가능성은 있기 때문에 제어시스템의 유지보수는 계속하여 필요하게 된다. 하지만, 시스템에 오류가 발생하더라도 그 원인을 빠른 시간 안에 찾을 수 있기 때문에 시스템 정지로 인한 생산성 하락을 줄일 수 있을 것으로 예측된다.

3. 리프트 제어시스템 구축

3.1 「1단계」 리프트 정의 및 사용자 요구사항 분석

<표 1>은 리프트 정의 및 사용자 요구사항 분석을 위한 작업별 input 내용과 output 내용, 그리고 각각의 작업방법을 설명한 것이다.

<표 1> 리프트 정의 및 사용자 요구사항 분석을 위한 input과 output

작업구분	Input	Output	방법
시스템 정의	I_1.1 1. 시스템의 사용자는 누구인가? 2. 시스템을 언제 사용 하는가? 3. 시스템을 어디서 사용하는가? 4. 시스템으로 어떠한 작업을 하는가?	O_1.1 1. 건설현장의 작업자 2. 작업자 층간이동 또는 작업물 층간운반할 때 3. 2층 이상 높이의 건설현장 4. 작업자[작업물]를 리프트에 신고 층간이동[운반]	· 대상이 되는 시스템의 사용자는 누구이며, 언제 어디서 어떤 용도로 사용하는 것인지, 이를 일목요연하게 알아볼 수 있게 항목별로 구분하여 분석 정리한다.
사용자 요구사항 분석	I_1.2 1. 1-8층 사이의 작업자이동 및 작업물운반을 쉽게할 수 있는 리프트시스템을 구축하고자 한다. 2. 8층 높이의 건설현장에 리프트시스템을 구축하는데 있어서 기존의 릴레이제어방식의 리프트 제어시스템은 3층이상의 층제어를 할 경우 릴레이제어회로가 너무 복잡해지고 차지하는 공간도 너무 크기 때문에 릴레이제어시스템이 담당하기 어려운 제어영역을 대신 담당할 제어시스템을 원한다.	O_1.2 1. 8층 높이의 건설현장에 리프트시스템을 구축하고자 함. 2. 리프트시스템의 기존 릴레이제어시스템의 층제어부분을 담당할 새로운 제어시스템이 요구됨. 3. 복잡한 제어회로의 구축이 쉬워야 함. 4. 제어시스템이 차지하는 공간이 적어야함.	· 시스템 사용자는 정의된 시스템에 대하여 많은 요구사항을 개발자에게 요청하게 되며, 개발자는 사용자의 요구사항을 수렴하여 내용별로 구분하여 분석 정리한다.

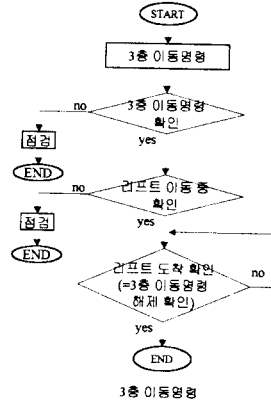
3.2 「2단계」 시스템의 기능적 요구사항 분석

<표 2>는 시스템의 기능적 요구사항 분석을 위한 input 내용과 output 내용, 그리고 작업방법을 설

명한 것이다.

<표 2> 시스템의 기능적 요구사항 분석을 위한 input과 output

작업구분	Input	Output	방법
시스템의 기능적 요구사항 분석	L_2_1	O_2_1	· 시스템 정의 및 사용자요구사항을 만족시키기 위하여 시스템에는 여러 가지 기능을 갖추어야 하는데, 이러한 기능적 요구사항을 종류별로 구분하여 분석정리한다.
	1. O_1_1 2. O_1_2	1. 사용자 조작기능 2. 리프트 동작기능 3. 리프트 상태검출기능 4. 리프트 상태표시기능 5. 출력조건체크 기능 6. 층 위치 제어 기능 7. 복잡한 제어회로를 쉽게 구축할 수 있는 기능 8. 작은 설치면적을 요구하는 제어시스템	



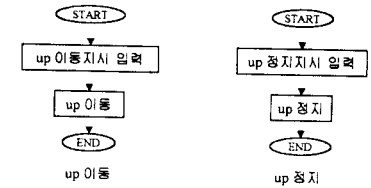
<그림 4> 리프트 사용자 조작경우별 조작내용(예)

3.3 「3단계」 시스템의 동작 분석

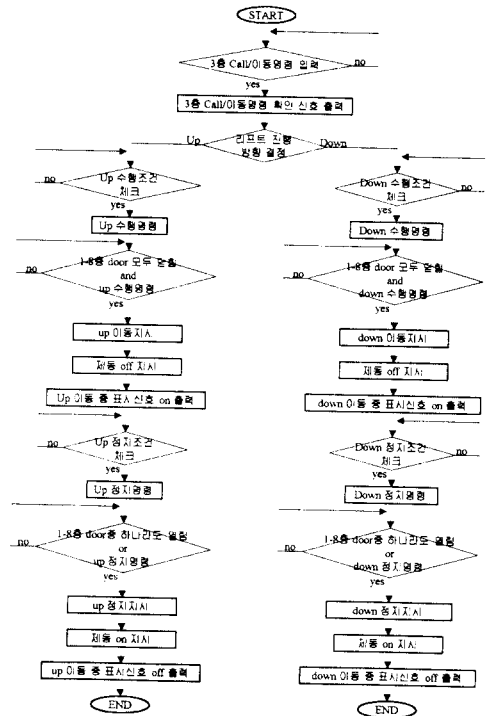
<표 3>은 시스템의 동작 분석을 위한 작업별 input 내용과 output 내용, 그리고 각각의 작업방법을 설명한 것이며, output의 형식 및 내용은 그림으로서 예를 들었다.

<표 3> 시스템의 동작분석을 위한 input과 output

작업구분	Input	Output	방법
사용자 조작경우 분석	L_3_1	O_3_1	· 시스템의 기능적인 요구사항 분석을 기반으로 사용자가 리프트 운전을 위하여 조작해야 하는 경우를 분석하여 종류별로 구분하여 서술 형문장으로 표안에 작성한다.
	1. O_2_1	1. 시스템 운전준비작업 2. 시스템 운전종료작업 3. 1-8층 리프트 call 4. 1-8층 리프트 이동명령 5. 1-8층 탑승 6. 1-8층 하차	
경우별 사용자 조작내용 분석	L_3_2	O_3_2	· 시스템의 기능적인 요구사항을 기반으로 시스템운전을 위하여 요구되는 사용자 조작경우별 조작내용을 분석하여 flow chart로 표현한다. <그림 4>
	1. O_2_1 2. O_3_1	1. 시스템 운전준비를 위한 작업 순서 2. 시스템 운전종료를 위한 작업 순서 3. 각층의 리프트 call을 위한 작업 순서 4. 각층의 이동명령을 위한 작업 순서 5. 각층 탑승을 위한 작업 순서 6. 각층 하차를 위한 작업 순서	
시스템 동작내용 분석	L_3_3	O_3_3	· 사용자 조작에 따라 사용자가 원하는 시스템 동작내용을 분석하여 flow chart로 표현한다. <그림 5>
	1. O_2_1 2. O_3_1 3. O_3_2	1. 리프트 up 이동 2. 리프트 up 정지 3. 리프트 down 이동 4. 리프트 down 정지 5. 리프트 제동 on 6. 리프트 제동 off	
시스템 제어내용 분석	L_3_4	O_3_4	· 사용자 조작에 따라 시스템 동작내용을 실행시킬 수 있는 제어내용을 분석하여 flow chart로 표현한다. <그림 6>
	1. O_2_1 2. O_3_1 3. O_3_2 4. O_3_3	1. 시스템 운전준비작업 순서에 따른 리프트 제어내용 2. 시스템 운전종료작업 순서에 따른 리프트 제어내용 3. 1-8층의 리프트 call/이동명령 작업순서에 따른 리프트 제어내용 4. 각층의 이동명령을 위한 작업 순서에 따른 리프트 제어내용	



<그림 5> 리프트 동작내용 (예)



<그림 6> 시스템 제어내용 (예)

3. 4 「4단계」 제어시스템 및 제어회로 설계

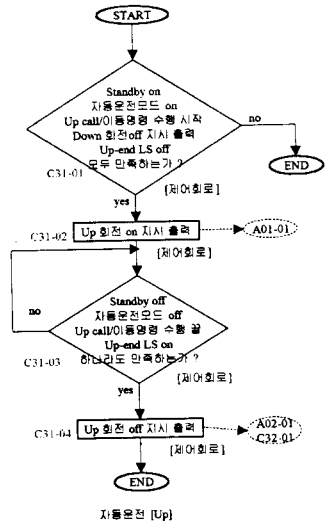
<표 4>는 제어시스템 및 제어회로 설계를 위한 작업별 input 내용과 output 내용, 그리고 각각의 작업방법을 설명한 것이며, output은 그림 또는 Table로서 예를 들었다.

<표 4> 제어시스템 및 제어회로 설계를 위한 input과 output

작업구분	Input	Output	방법
시스템 구성기 설계	I_4.1	O_4.1	<ul style="list-style-type: none"> · 사용자 조작내용, 시스템 동작내용, 시스템 제어내용에 요구되는 입출력기기를 분석한다. <Table 1> · 분석된 입출력기기를 바탕으로 리프트 제어반을 설계한다. · 제어시스템을 구성한다.
	1. O_3.2 2. O_3.3 3. O_3.4	1. 리프트 제어에 요구되는 입출력기기 (1) 사용자 조작기기 (2) 시스템 상태검출기기 (3) 시스템 동작기기 (4) 시스템 상태표시기기 2. 리프트 제어반 설계 3. 제어시스템 구성	
상세 제어로직 설계	I_4.2	O_4.2	<ul style="list-style-type: none"> · 사용자 조작내용, 시스템 동작내용, 시스템 제어내용에 입출력기기를 삽입하여 표현한다. · 분석된 입출력기기 표현이 완료된 사용자 조작내용, 시스템 동작내용, 시스템 제어내용간 신호흐름을 표현한다. <그림 7>
	1. O_3.2 2. O_3.3 3. O_3.4 4. O_4.1	1. 상세 제어로직	
제어영역 구분 (PLC, 릴레이)	I_4.3	O_4.3	<ul style="list-style-type: none"> · 상세 제어로직상에 제어영역을 구분한다. · PLC 제어로직으로부터 PLC 사양 선정 및 PLC 입출력접점을 정리한다. <Table 2>
	1. O_3.2	1. PLC 제어로직 2. 릴레이 제어로직 3. PLC 사양 4. PLC 입출력접점	

<Table 1> 제어에 요구되는 입출력기기 (예)

입력기기	사용자 조작기기	Operation panel EMG S/W	
		Up 버튼	Down 버튼
입력기기	시스템 상태검출기기	1-8층 이동명령 버튼 [8]	
		Up-end LS	
		Down-end LS	
출력기기	시스템 상태표시기기	로터리 엔코더	
		1-8층 door LS [8]	
		모터	
		시스템 동작기기	
		브레이크	
		Off-delay 타이머	
		Power square light	
		EMG square light	
		Up 이동 중 램프	
		Down 이동 중 램프	
		7-segment display	
		Overload square light	
Overload buzzer			
역상/질상 square light			
Standby square light			
외부 door 확인 square light			
1-8층 call 버튼 램프 [8]			
1-8층 이동명령 버튼 램프 [8]			



<그림 7> 상세 제어로직 (예)

<Table 2> PLC 입출력접점 (예)

기기명	변수명	PLC접점	변수		설명
			타입	값	
Key switch	KSA	%IX0.1.0	BOOL	1	자동운전모드 ON
				0	자동운전모드 OFF
Reset 버튼	RB	%IX0.1.1	BOOL	1	카운터 reset 지시 ON
				0	카운터 reset 지시 OFF

3. 5 「5단계」 제어시스템 구축

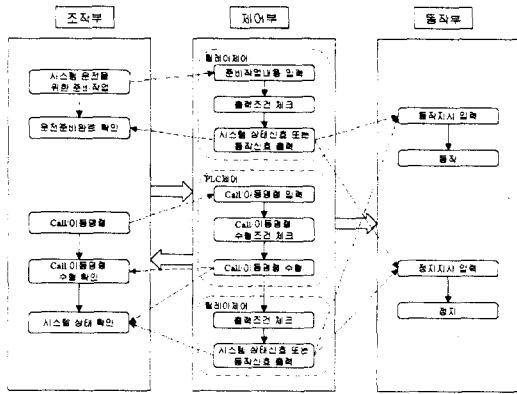
<표 5>는 제어시스템 구축을 위한 작업별 input 내용과 output 내용, 그리고 각각의 작업방법을 설명한 것이며, output은 그림으로서 예를 들었다.

<표 5> 제어시스템 구축을 위한 input과 output

작업구분	Input	Output	방법
PLC 프로그래밍	I_5.1	O_5.1	<ul style="list-style-type: none"> · PLC 제어로직을 기반으로 PLC 프로그램을 코딩한다. · 로컬 테스트를 통하여 PLC 프로그램의 오류부분을 수정한다.
	1. PLC 제어로직 2. PLC 입출력접점	1. PLC 프로그램	
릴레이 제어회로 구축	I_5.2	O_5.2	<ul style="list-style-type: none"> · 릴레이 제어로직을 기반으로 릴레이 제어회로를 구축한다.
시운전	I_5.3	O_5.3	<ul style="list-style-type: none"> · PLC 제어로직, PLC 사양, PLC 입출력접점을 기반으로 하여 PLC 프로그램을 코딩한다. · 코딩된 PLC 프로그램은 로컬 테스트를 통하여 오류부분을 수정하고, 다시 로컬 테스트를 통하여 PLC 프로그램의 오류를 분석/수정하는 과정을 프로그램에 오류가 없다고 판단될 때까지 반복한다.
	1. O_4.1	1. PLC 프로그램	
	2. O_4.3	2. 단속화하여 표시된 조작부, 제어부, 동작부의 신호흐름 <그림 8>	
	3. O_5.1	3. 로컬 테스트를 통하여 오류부분을 수정한다.	
	4. O_5.2	4. 로컬 테스트를 통하여 오류부분을 수정한다.	
정상운전	I_4.3	O_4.3	<ul style="list-style-type: none"> · 시운전을 마친 후 시스템의 본 용도대로 정상운전에 들어감.
	1. O_4.1	1. PLC 제어로직	
	2. O_4.3	2. 단속화하여 표시된 조작부, 제어부, 동작부의 신호흐름 <그림 8>	
	3. O_5.2	3. 로컬 테스트를 통하여 오류부분을 수정한다.	
4. O_5.3	4. 로컬 테스트를 통하여 오류부분을 수정한다.		

참 고 문 헌

- [1] 김원희, "PLC를 중심으로 한 종합시스템제어", 성안당, pp.23-31, 9. 1997
- [2] 김원희, 안항목, "PLC이론과 실제",
- [3] 김영록, "프로그래머블 컨트롤러 입문",
- [4] 지일구, "PLC제어기술",
- [5] 서울대학교 부설 자동화시스템공동연구소, "PLC 프로그램의 표준 모듈과 표준 프로그래밍 방법 개발", pp.1-6, pp.19-31, 10. 1995
- [6] Nam P. Suh, "Design of Systems", Annals of the CIRP Vol. 46/1/1997
- [7] Nam P. Suh, Journal of Manufacturing Systems Vol. 14/No.3 1995



<그림 8> 리프트 제어시스템의 신호흐름 표현

3. 6 리프트 제어시스템 구축결과

이상과 같이 본 연구에서 제시한 제어시스템 구축방법을 적용하여 리프트 제어시스템을 구축한 결과 전문가가 아닌 이 분야에 어느정도 지식만 가지고 있는 사람이라며 단계별 작업방법대로 작업을 해나갈 수 있었고, 제어시스템에 대한 체계적인 이해를 도울 수 있었다.

그리고, PLC 프로그램을 수정해야 할 경우 시스템에 대한 분석자료를 참조하여 쉽게 분석 및 수정을 할 수 있었다.

4. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 제어시스템 구축과정을 체계화한 후 각 단계별 구체적인 작업방법을 제시하여 개발자로 하여금 제어시스템 구축의 편의성을 도모케 하였으며, 체계적인 제어시스템의 분석자료의 생성으로 제어시스템에 오류가 발생하였을 때 그 오류 원인을 빠르게 찾아내어 수정할 수 있음을 보였다.

「4단계」에서의 상세 제어조직에는 입력, 출력, 그리고 출력조건 등이 명확하게 표현되어 있기 때문에 PLC 프로그램으로 바로 변환할 수 있는 시스템을 구현할 수 있을 것으로 판단된다.

이러한 시스템을 구현하려면 본 연구에서 제시한 제어시스템 구축방법을 형태가 다른 여러 제어시스템에 적용하여 일관성을 증명하여야 한다.

따라서, 향후에는 형태가 다른 제어시스템들을 본 연구에서 제시한 방법으로 구축함으로써 대부분의 개발자가 공통적으로 받아들일 수 있는 일관된 rule을 적용하여 범용으로 응용될 수 있는 체계적인 제어시스템 구축방법을 제시하고자한다.