

비교 분석을 통한 효율적인 로봇언어 표준화에 관한 연구

A Study on an Efficient Standard Robot Language Based on Comparative Analysis

서 일 흥, 박 진 서, 김 형 옥

한양대학교 전자공학과

(Tel:+82-345-408-5802; Fax:+82-345-408-5803; e-mail:jspark@scorpio.hanyang.ac.kr)

Abstracts Efficient communication with industrial robots is a key factor in the success of contemporary programmable automation. But RLs(robot language) have been developed whenever meet the needs of a particular robot and application due to lacks of the standard proposal for RLs. In this paper, an efficient standard RL is formulated by evaluating the existing RLs in industry field and academic environment. For this, 9 evaluation items are defined based on efficiency, simplicity and so on, and comparative results are developed for 5 representative RLs in industry applications. To show an efficiency of standard RL proposal, an automatic interpretation system has been developed, that translates an efficient standard RL into existing RLs.

Keywords RL(robot language), interpretation, standard RL, RL command,

1. 서론

일반적으로 사용목적에 따라 산업체에서 로봇을 개발할 경우 새로운 로봇언어가 동시에 개발된다. 새로운 로봇언어는 로봇을 제어하는데 필요한 명령어들로 구성되는데, 로봇언어에 대한 표준안이 마련되어 있지 않기 때문에 로봇제어기를 설계함에 있어서 기준을 설정하기가 어렵고 또한 로봇을 사용하는 사용자들은 새로운 로봇을 접할 때마다 새로운 언어를 익혀야 하는 불편함이 있다. 현재 로봇언어 표준에 대한 연구는 1982년 Kang G.Shin [1]에 의해 로봇언어들의 비교연구가 이루어졌고, ISO/CD10562.2 [8]에 규격이 정해져 있으나, 지속적으로 발전하고 있는 로봇산업에 비해 연구가 미흡하고 시대에 많이 뒤떨어져 있는 실정이다.

본 연구에서는 현재 산업체나 대학에서 사용중이거나 개발중인 로봇제어기에 사용되는 로봇 언어의 장단점 및 특성을 비교, 분석하고 미래의 효율적인 로봇 언어 표준안을 제안한다. 또한 제안된 표준 언어를 현존하는 모든 로봇 언어로 변환이 가능하도록 구현한 로봇언어 자동 번역 시스템과 기존의 로봇 언어 명령어들을 저장하는 데이터 구조에 대해 설명을 한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 현재 산업체나 대학에서 사용중이거나 개발중인 로봇 언어들의 특성과 장단점을 비교 및 분석하여 효율적인 로봇 언어 표준안을 제시한다. 3 장에서는 2 장에서 제안된 로봇언어 표준안으로 구성된 프로그램을 각 산업체나 대학에서 사용중인 기존의 로봇 언어로 변환시켜주는 자동 번역 시스템과 이 시스템의 데이터구조에 대해 설명한다. 4 장에서는 로봇 언어 표준안으로 쓰여진 작업 프로그램을 삼성 FARA 언어로 변환하여 실제 로봇 작업에 적용하여 실험하였다. 마지막으로 5 장에서는 결론과 함께 향후 연구 방향을 제시한다.

2. 표준언어 정의

이 장에서는 로봇언어의 표준안을 제시하기 위해 현재 산업체와 대학에서 사용중인 로봇언어를 소개한다. 대표적인 작업예제를 각 언어들로 프로그램하므로써 장단점을 정량적으로 비교, 분석 하도록 하겠고 결과를 바탕으로 효율적인 표준언어를 제안하겠다.

2.1 국내의 로봇 컨트롤러

국내에서 사용되는 5 종류의 산업체 제어기와 1 종류의 연

구용 제어기를 소개한다.

- (1) FARA : 삼성전자에서 산업용 조립로봇으로 생산된 로봇 제어기이다. 로봇 작업을 프로그래밍하기 위해 위치를 교시하고 산술, 연산 표현과 변수사용, 서브루틴과 분기등을 할 수 있는 연산제어 언어를 사용한다. [5]
- (2) FCL-960 : LG 산전에서 산업용 조립로봇으로 생산된 로봇 제어기이다. 간단한 프로그래밍만을 할 수 있고, 산술, 연산이 불가능하고 변수와 상수를 사용하지 않는다. 서브루틴과 분기등을 할 수 있다. 풀업(pull up)이나 팔레타이징(palletizing)기능같은 high level 명령어를 사용한다. [3]
- (3) DAEWOO-KAWASAKI : 일본 Kawasaki사에서 개발된 산업용 조립로봇 제어기이다. 로봇 작업을 프로그래밍 하기 위해 위치를 교시하고 산술, 연산 표현과 변수사용, 서브루틴과 분기등을 할 수 있는 점등이 FARA 와 비슷하다. [4]
- (4) DOOSAN-MRC : 서브루틴과 분기등을 할 수 있으나 산술, 연산과 변수사용에 제한이 많다. [7]
- (5) HR300 : 현대 중공업에서 개발된 제어기이다. 로봇 프로그램은 메뉴와 기능을 사용하여 프로그래밍 할 수 있다. [6]
- (6) HANYANG : 한양대학교 지능제어 및 로보틱스 연구실에서 개발된 제어기이다. Vision 과 FT 센서제어를 위한 명령어가 제공된다.

2.2 언어 비교를 위한 프로그래밍 예

로봇 언어들의 정량적인 비교를 위해 다음과 같은 프로그래밍 예제를 사용한다.

로봇이 컨베이어 벨트 위에 놓인 물체를 잡고, 3x3 인 팔레트에 물체를 놓도록 한다. 물체는 정확히 컨베이어벨트 위에 놓여 있고, 컨베이어는 자동적으로 부품이 잡히는 위치에 도착했을 때 멈추게 된다. 컨베이어의 반응동작은 로봇 프로그램으로부터 공급되는 신호, 또는 수동적으로 실행된다.

이 예제는 산업 현장에서 많이 수행되는 전형적인 로봇 작업일 뿐만 아니라, 많은 중요한 언어의 특징들-서브루틴, 센서, 외부장치와의 인터페이스-이 사용되는 작업이다. 이 예제를 5 개의 다른 언어를 사용하여 프로그래밍하여 각 언어를 정량적으로 비교하도록 하여 프로그램 길이, 개발 시간, 가독성, 복잡한 작업을 프로그램할 수 있는 능력 등을 평가하겠다.

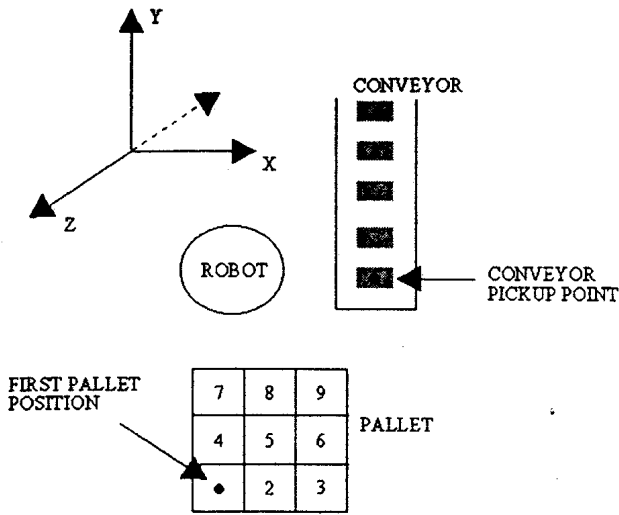


그림 1. 팔레타이징 작업의 예
Figure 1. Example for a Palletizing Task

다음은 5 개의 로봇 언어를 비교하는 평가항목들이다.

- a. 사용된 명령어의 수
- b. 프로그램 개발 시간
 1. 쉽고 빠르다.
 2. 빠르지만, 약간의 생각이 필요하다.
 3. 빠르지만, 구조화된 프로그래밍과 좌표변환에 대한 지식이 필요하다.
 4. 빠르지만, 명령어를 읽고 이해하기가 어렵다.
 5. 제어문을 사용하기 불편하다.
- c. 명령어의 이해도
 1. 영어와 같은 형식으로 읽는다.
 2. 기능버튼을 사용하여 프로그래밍 한다.
 3. 명령어가 영어단어로 쓰였지만, 영어처럼 읽을 수는 없다.
 4. 변수명을 적절히 사용하여 이해력을 향상시킬 수 있다.
 5. 명령어와 변수를 5-6 자로 제한한다.
- d. 구조화된 형식
 1. 구조화는 언어의 기본특성이다.
 2. 프로그램을 구조화할 수 있지만, 반드시 그럴 필요는 없다.
 3. 언어가 본질적으로 구조화되지 않는다.
- e. 유용한 변수사용
 1. 본질적으로 변수명에 제한이 없음
 2. 변수명을 5-6 자로 제한한다.
 3. 변수명을 2-3 자로 제한한다.
 4. 변수를 사용하지 않는다.
- f. 확장하기 쉬움
 1. 서브루틴이나 다른 확장이 용이하다.
 2. 약간의 영어와 같은 문법을 가진 서브루틴을 통한 확장이 가능
 3. 서브루틴을 통해 확장가능하나, 자리를 잡긴 어렵다.
 4. 명령어를 추가하기 위해서는 코드를 재편집해야 한다.
- g. 사용자의 수준
 1. 숙련자
 2. 기계 작동자
 3. 약간의 프로그램 경험이 있는 사람
 4. 구조화된 프로그램과 좌표변환에 익숙한 사람
 5. 좌표변환에 대한 상당한 지식을 가진 사람
 6. 초보자
- h. 프로그램이 수행할 수 있는 작업수준
 1. 고정시키는 것과 같이 두대 이상 로봇 동작을 사용하는 복잡한 작업을 할 수 있는 능력
 2. 부품 인식과 같이 시각인식을 사용하는 복잡한 작업을 할 수 있는 능력
 3. 따라가는 움직임 같이, 힘이나 터치센싱을 사용하는 작업을 할 수 있는 능력

4. 최소화된 센서나, 센서없는 단순한 작업을 할 수 있는 능력

i. 유용성

1. 작동가능하고 상업적으로 유용함.
2. 작동가능하나, 상업적으로 유용하지 않다.
3. 단지 부분적으로 작동된다.

표 1. 팔레타이징작업 프로그램에 대한 정량적인 비교
Table 1. Qualitative Comparison for a Palletizing Task Program

평가항목 \ 제조회사	삼성	LG	대우	두산	한양
사용된 명령어의 수	29	19	24	34	30
프로그램 개발 시간	3	2,4	3	2,4	3
명령어의 이해도	2,3,4	2,3,4	2,3	2,3	3
구조화된 형식	1	2	1	2	2
유용한 변수사용	1	4	1	3	1
쉬운 확장성	2	3	2	3	2
사용자의 수준	3	3	3	2,4	4
프로그램이 수행할 수 있는 작업 수준	4	4	4	1	4
유용성	1	1	1	1	2

2.3 로봇 언어의 표준안 정의

ISO 규격을 따르고, 표.1에서 나타난 5개 언어의 비교결과를 참조하여 로봇 언어의 표준안을 정의하였다. 표준안을 설정하게된 기준은, 기존의 사용중인 로봇 언어에서 공통적으로 사용되는 명령어를 사용하고, ISO 표준화규격에 따르고, 이해하기 쉬운 명령어와 이해하기 쉬운 변수를 사용하였다. 또한, 사용자의 수준을 고려하고, 프로그램의 구조화하도록 고려하였다. 동작제어명령, 프로그램제어명령, 입출력접점명령, 위치관련명령, 논리.산술연산자등 5개의 항목으로 분류하여 명령어를 구성하였다. 특이할 점으로는 FCL-960에서 사용중인 풀업명령어와 팔레타이징명령어등의 high-level 명령어를 추가하여 사용이 편리하도록 하였다.

3. 표준언어 번역 시스템

이 장에서는 사용자가 표준언어를 원하는 로봇언어로 변환을 해 주는 로봇 언어 자동 번역 시스템구조에 대한 설명을 하겠다. 이 번역 시스템은 현재 산업체나 대학에서 사용중인 모든 로봇 언어로 변환이 가능한 시스템이다.

3.1 번역기 구조

표준언어를 원하는 로봇언어로 변환하여 주는 로봇언어 자동 번역기의 구조는 그림 2와 같다. 그림 2에서 보듯이 변환하고자 하는 표준언어를 입력 받는다. 그리고 어휘분석기에서 입력문을 문법적인 단위로 분리로 하고, 구문 분석기에서는 문법구조에 일치하는지를 조사한다. 또한 외부적으로 원하는 로봇언어의 명령어 데이터를 입력받는다. 변환기에서는 입력받은 로봇 언어 명령어 데이터를 바탕으로, 구문 분석기에서 선택된 구문을 변환해준다.

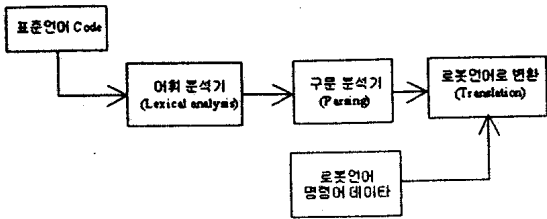


그림 2.번역기 구조
Figure 2. Interpreter Structure

3.2 명령어 데이터 구조

앞에서도 설명되었듯이 자동 번역 시스템은 사용자가 정의해준 모든 언어로 변환이 가능하다. 여기서 사용자가 정의해준 명령어를 저장하는 데이터의 리스트구조는 아래와 같다.

```
class command{
    CString jmove;      //축보간 이동
    CString lmove;     //직선보간 이동
    .....
    CString pbeq;      //프로그램 시작
    CString while;     //조건반복문
    .....
};
```

위와 같이 표준언어의 명령어와 1대1로 대응이 되도록 class로 데이터 구조가 정의되어 있다. 사용하고자 하는 로봇언어의 이름을 파일이름으로 지정하고 표준언어의 각 명령어에 대응되는 로봇언어의 명령어를 class로 저장할 하게 된다. 그림 3은 실제 시스템에서 명령어 데이터를 입력받는 그림이다.

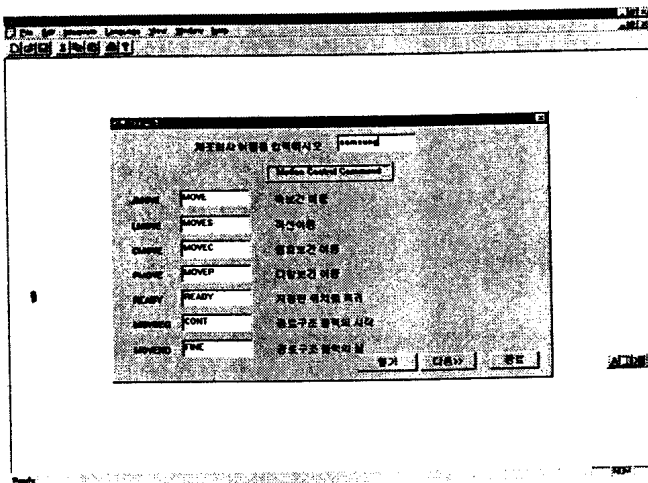


그림 3. 로봇언어 명령어 입력
Figure 3. RL Commands Setting

3.3 표준언어를 로봇언어로 변환

그림 2에서 '로봇언어로 변환'이란 블록에 해당하는 기능이다. 표준언어를 로봇언어로 변환하는데 있어서, 3가지 유형으로 변환 유형을 나누었다.

3.3.1 1대1 변환

가장 기본적인 변환 유형이다. 즉 표준언어에 있는 명령어와 같은 기능의 명령어가 원하는 로봇언어에 존재할 경우를 뜻한다.

```
예제 1: JMOVE #P1    ##P1 위치로 축보간 이동
=> MOVE #P1        //S사의 로봇 언어로 변환
```

3.3.2 정의에 의한 변환

표준언어에 있는 명령어와 같은 기능의 명령어가 원하는 로봇언어에 존재하지 않을 경우에 원하는 기능을 다른 명령어들의 조합으로 만들어 내는 경우이다. 또는 비슷한 기능의 명

령어로 대체를 하고 추가적인 설명을 위한 메시지를 출력하도록 한다. 다음은 'JAPPRO'의 기능이 존재하지 않는 경우의 변환 예이다.

```
예제 2: JAPPRO #P1 50    ##P1 위치에서 z축으로
                        // 50mm 떨어진 위치로
                        //축보간 이동
=> JMOVE #P1_EXT        ##P1_EXT 위치로
                        //축보간 이동
Message 출력 : #P1_EXT는 #P1에서 z축으로 50mm
떨어지 위치임. 제어기에서 지정해 주어야 함.
```

3.3.3 다른 명령어에 의해 명령어가 영향을 받는 변환

반복수행을 위한 while 문이나 조건문인 if 문 등의 flow 문은 이 루프의 끝이 명시되어야 하고 없을 경우 에러메시지를 출력 해주어야 한다.

```
예제 3: IF (JIN>3) THEN    //변수 JIN이 3보다 클 때,
                        //then 이하를 수행
                        .....
                        ENDIF    //IF문이 끝났음을 명시
```

표준언어로 표시된 위의 예제에서 'ENDIF'로 조건문의 종료를 나타내었다. 즉 IF문이 사용될 때, 뒤에 ENDIF가 사용되지 않았거나, ENDIF가 사용될 때, 이전에 IF문이 사용되지 않았을 경우에 에러메시지를 출력한다. 이와 같은 경우 flag를 지정해주고 flag 값을 체크하여 문법체크를 할 수 있다.

```
예제 4: IF (JIN>3) THEN    //flag_if를 on 시킴
                        .....
                        ENDIF    //flag_if가 on이 아니면 error
                        .....
                        PEND    //flag_if가 on이면 error
```

표준언어에서는 풀업(pullup)기능과 팔레타이징(palletizing)기능이 존재한다. 풀업기능은 풀업이 셋팅이 되면 이후에 수행되는 모든 동작명령어는 풀업에서 설정한 수치만큼 z축으로 먼저 이동한 후 x,y 축이 이동을 한다.

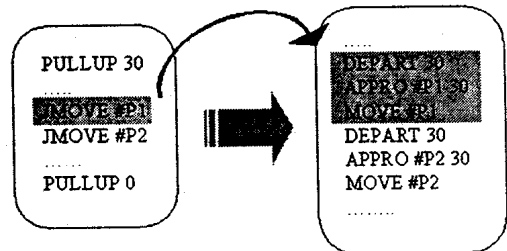


그림 4. 표준언어 풀업기능을 풀업기능이 없는 S사의 명령어로 변환

Figure 4. Translating Pullup Command of a Standard RL into RL Command of SAMSUNG without Pullup Command

예제 5:

```
class command p:
    .....
    fprintf(file,"%s %d",p.jdepart.constant[0]);
    fprintf(file,"\n%s %s %d",p.jappro.variable[1].constant[1]);
    fprintf(file,"\n%s %s",p.jmove.variable[2]);
```

그림 4는 표준언어의 풀업명령어를 풀업기능이 없는 로봇언어 명령어로 변환한 예제프로그램이다. 그림 4의 예제프로그램은 풀업이 30으로 선언되어 있다. 풀업선언 이후에 위치하는 동작명령어(JMOVE #P1)를 수행하기 위해서는 현재위치에서 30만큼 z축을 따라 이동하고(DEPART 30) 목표위치에서 z축을 따라 30만큼 떨어진곳으로 이동(APPRO #P1 30)한다. 그리고 다시 목표위치로 이동(MOVE #P1)을 하게 된다. 위의 예제 5는 class를 사용해서 명령어리스트에서 원하는 로봇언어의 명령어들로 변환을 하도록 한 것을 보여준다.

풀업이 선언되면 현재 변환하고자 하는 로봇언어에 풀업 기능이 있는가 체크를 하고, 없을 경우 flag_pullup 을 on 한다. 풀업선언 이후에 나오는 동작명령어를 변환할 때 flag_pullup 을 체크하여 on 이면 그림 4 와 같이 변환을 해준다.

4. 실험 및 결과

2.2 에서 제시된 팔레타이징작업을 표준언어로 프로그래밍 하여 FARA 용 언어로 변환하고 이를 실제 로봇에 적용시켜 실험을 하였다. 그림 5 는 왼쪽의 윈도우에 있는 표준언어로 작성한 팔레타이징 작업프로그램을 FARA 용 언어로 변환하여 오른쪽의 윈도우에서 보여주고 있다.

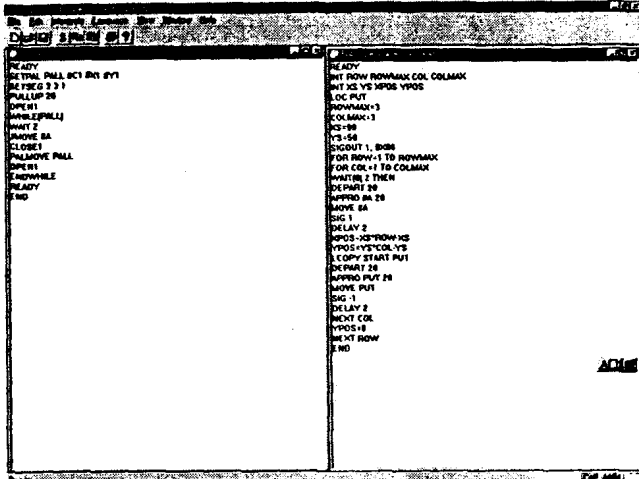


그림 5. 표준언어를 FARA 언어로 변환
Figure 5. Translating Standard RL into FARA Language

로봇 언어 자동 번역기에 의해 14 line 으로 구성된 표준언어 프로그램이 29 line 의 FARA 용 언어 프로그램으로 변환되었다.

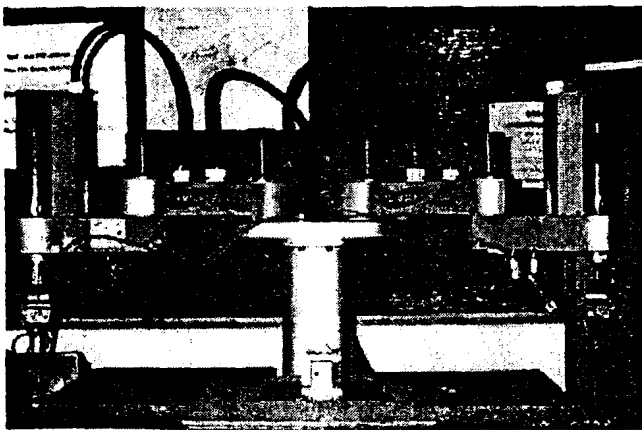


그림 6. 실험에 사용된 FARA 로봇
Figure 6. FARA Robot used in an Experiment

5. 결론 및 추후 과제

본 논문에서는 미래의 효율적인 로봇언어의 표준안을 제안하였다. 제안된 로봇언어 표준안은 기존에 산업체에서 사용되고 있거나 대학에서 연구용으로 개발된 언어들의 특징과 장단점을 비교 및 분석하고, 로봇언어에 대한 연구자료와 ISO 규격을 따르는 범위에서 제안되었다. 또한, 본 논문에서는 로봇 사용자의 편의를 위해서 표준언어를 사용하여 필요한 작업을 프로그램하였을 때, 원하는 모든 로봇언어로 자동변환해주는

자동번역시스템도 제안하였다. 제안된 시스템에서는 표준언어의 명령어와 기능이 같은 로봇언어 명령어들을 변환하는 것에 대한 설명과, 로봇언어에서 제공하지 않는 표준언어 명령어들을 로봇언어의 기존 명령어들만으로 조합하여 구성하는 변환을 설명하였다. 그리고 로봇작업에서 가장 많이 사용되는 풀업(pull up)기능과 팔레타이징(palletizing)기능을 표준언어에 추가하여 사용자의 편의를 더했다.

추후 연구 과제로는 기존의 로봇언어를 표준언어로 변환하는 시스템-본 논문에서 제안한 자동번역시스템의 역번역시스템-개발에 있다. 이 시스템이 개발되면, 사용자는 어떤 로봇언어든 하나만을 선택하여 프로그래밍하면 표준언어로 역변환한 후 원하는 로봇언어로 변환을 할 수 있게 된다. 즉 하나의 로봇언어만 알고 있으면 현존하는 모든 로봇언어로의 변환이 가능한 시스템이 된다. 추가적인 연구로는 각 로봇제어기와 본 시스템과의 통신기능을 추가하여 원하는 작업 파일을 로봇제어기로 전송할 수 있도록 하는 것이 필요할 것이다.

References

- [1] Susan Bonner, Kang G.Shin, 'A Comparative Study of Robot Languages' IEEE conference on Computer, pp.82-96. 1982
- [2] Herman Bruyninckx, Joris De Schutter, 'Specification of Force - Controlled Actions in the "Task Frame Formalism"-A Synthesis' IEEE tranjections on Robotics and Automation, Vol.12, No.4. August 1996
- [3] Robot Controller(FLC-960Series)사용설명서, LG 산전주식회사
- [4] AS 언어 해설서, DAEWOO-KAWASAKI 로봇트 제어부(A/AD 시리즈), 대우중공업
- [5] FARAcon SRC 로봇제어기, FARAL 로봇언어 사용자 설명서, 삼성전자 생산기술센터
- [6] HR300 제어장치 조작설명서, 현대 중공업
- [7] DOOSAN-MRC 조작설명서, 두산 기계
- [8] ISO/CD 10562.2. 'MANIPULATING INDUSTRIAL ROBOTS - Intermediate Code for Robots', COMMITTEE DRAFT.