

금형 연마용 로봇의 Off-Line Programming System

국 금 환 최 기 봉

한국기계연구소 로봇공학실

Robot Off-Line Programming System for Polishing Task

K.H. Kuk K.B. Choi

Robotics Lab. Korea Institute of Machinery & Metals

ABSTRACT

In the existing robot programming methods, off-line method becomes important role of programming because of improvement of hardware and software of PC.

The purpose of this study is to develop practical robot programming system for polishing task using PC. In the first place, we have investigated the existing robot programming systems, and derived the requirement of this programming system from the existing systems. And we have decided the structure of this system. After that, we have developed this system.

Using Windows software, this programming system has man/machine interface function. So users can use easily and quickly.

1. 서론

로봇이 갖는 가장 큰 장점은 프로그램에 의해서 로봇의 작업을 유연하게 지시할 수 있는 점이다. 로봇 Programming은 로봇의 중요한 특성으로서 로봇 설계와 응용시에도 큰 비중을 갖는다. 기존의 로봇 Programming, 즉 로봇의 작업 수행 절차와 내용의 결정 및 지시, 방법들은 크게 3가지⁽¹⁾, 즉 Teaching Pendant 이용(또는 Lead-Through)법, Playback(또는 Walk-Through)법과 Off-Line Programming법으로 분류할 수 있다. 이중 처음 두 방법은 On-Line Programming 방법으로 묶을 수 있다.

또한 상기 세 방법 중 어느 하나에 엄격히 귀속시킬 수 없는 Sensor 이용 로봇 작업 제어법(On-Line Prog. 방법과 Off-Line Prog. 방법의 결합형)이 존재하지만 이용 사례는 아직 작은 편이다.

Off-Line Programming은 기존의 On-Line Programming이 갖는 세가지의 큰 문제점, 첫째 Programming 작업시 로봇 및 주변기기의 직접 이용에 의한 로봇 작업장의 생산성 저하, 둘째 Programming 작업중의 안전사고, 끝으로 로봇 작업 내용의 복잡도(주변기기와와의 정보 수수, 많은 작업내용등)와 작업환경 의존에 의한 Programming 작업 효율의 급격한 저하에 의해 그 중요성이 점점 커지고 있다. 특히 로봇이 CIM을 실현하기 위한 작업 요소로서 그 비중이 커짐에 따라 Off-Line Programming에 의한 정보흐름의 합리화를 달성하기 위해 이 분야의 연구가 활발히 추진중이다.

그러나 Off-Line Programming 방법은 새로 발생한 문제점, 실제 로봇 작업장과 컴퓨터 모델의 오차, 로봇 작업장의 컴퓨터 모델준비 및 Programming을 위한 추가 Programming System(H/W, S/W) 요구, 컴퓨터 모델을 이용한 충돌 체크와 작업경로 생성의 한계등을 실용적으로 해결할 수 없어 아직까지 활발히 이용되지 못하는 실정이다.

2. 연구의 목적

본 연구에서는 아래의 세부 목적을 통해서 보다 실용적인 로봇 Off-Line Programming System을 개발하고자 한다.

- 대상 로봇 혹은 로봇 작업에 맞추어 Programming

System을 효율적으로 재구성 하기 위한 Programming System의 모듈화와 각 모듈의 독립적 이용 가능성 실현 (특히 로봇트작업에 직접 의존하는 모듈과 독립인 모듈의 상호 분리)

- Off-Line-On-Line 결합형에 의한 실제 로봇트 작업장과 컴퓨터 모델 오차의 보정 방법 개발
- CAD/CAM Data를 이용한 로봇트 작업경로 생성의 자동화 실현
- 저가 Sensor 및 Mouse를 이용한 로봇트 작업장 모델링의 효율화 실현
- 다양한 이용자(전문 로봇트 Programmer, 로봇트 조작자, 로봇트 보수·유지자 등)가 손쉽게 이용할 수 있는 Man/Machine Interface 의 개발
- Personal Computer나 저가 엔지니어링 Workstation에서의 이용 가능성 보장 (Prog. System의 구성 모듈 크기를 주 메모리의 크기에 맞추어 선택할 수 있도록 고려)
- 개발 Programming System의 Life Cycle를 키우기 위한 이용 software tool에 직접 의존하는 모듈과 독립시킬 수 있는 모듈의 상호 분리

3. 로봇트 Programming System의 비교

이미 발표된 PC를 이용한 로봇트 Off-Line Programming System들을 시스템의 기능에 의해서 그림 1과 같이 서로 비교할 수 있다.

그림 1의 비교 항목 중 CAD/CAM System과의 연결기능은 Programming을 위한 데이터 제공 기능으로 간주할 수 있으며, 자동 작업경로 생성 및 충돌 확인 기능은 로봇트 운동과 작업을 정의해 주는 기능의 일부로 간주할 수 있다.

그림 2는 기존의 연마용 Robot Programming System들을 서로 비교한 것이다. 이들은 주로 On-Line Programming 법을 이용하고 있으며, 이들 중 전기통신대학에서는 Off-Line Programming 법을 시도하고 있다.

4. Programming System의 요구사항

기존의 로봇트 프로그래밍 시스템은 각각 적용상의 제한점을 가지고 있으며, 또한 전용화되어가고 있는 추세이다. 그러므로 이러한 제한점을 해결하기 위해 다음과 같은 Software 개발시 요구사항을 결정하였다.

4.1 개발 추이로 부터의 요구

- PC 또는 저가의 Engineering W/S 상에서 이용 가능한 시스템의 개발
- 특정 로봇트 작업 전용 프로그래밍 시스템의 장점과 장기적 확장성을 동시에 갖는 프로그래밍 시스템 개발

4.2 기능 사양

- 로봇트 작업장 요소들의 기하학적 모델링 기능과 이를 위한 센서 이용 기능
- 로봇트 작업장 요소들 사이의 관계 모델링 기능
- 로봇트의 특정 작업에 요구되는 로봇트 프로그램을 작성해 주는 기능과 이를 위한 CAD/CAM 데이터 이용 기능
- 작성된 로봇트 프로그램의 Off-Line 테스트기능(Simulation 기능)
- 실제 로봇트 작업장과 컴퓨터 모델의 오차 보정 기능
- 상위의 로봇트 프로그래밍 언어로 부터 하위의 로봇트 제어기 입력언어로 번역해 주는 기능
- 대화식 작업에 의한 용이한 시스템 이용 기능

4.3 Programming System의 설계 사양

- Programming System의 모듈구조는 가능한 한 모듈들 사이의 단순한 Interface와 각 모듈의 독립적 개발·이용 가능성과 시스템 내 정보흐름의 일목요연한 이해 등이 고려되어야 한다.
- Programming System의 데이터 구조는 다양한 형태의 로봇트 작업장을 작업장 요소와 이들 사이의 관계에 의해 동일적으로 기술될 수 있어야 하고, 또한 특정 로봇트 작업에 의존하는 데이터를 이외의 데이터로 부터 분리시키는 구조로 되어야 한다.
- 데이터 저장구조는 소요 저장 메모리의 최소화, 신속한 데이터 검색, 시스템 확장시의 큰 유연성과 개발보수 및 유지비용의 최저화 등이 고려되어야 한다.

5. Programming System의 구조

프로그램의 모듈화는 Programming 작업의 복잡도를 줄이기 위한 하나의 개발 기법으로서, 개발할 Programming System의 요소 기능들을 그림 3과 같이 개별 모듈에 각각 대응 시켰다. 각 모듈들은 시스템을 구성하는 기능 모듈을 의미하지만 Window Manager 아래에서 독립적으로 수행

되는 Application Program들이다. 즉 Module Library 개념을 확장시킨 Program Library이며, 이 Program Library 개념에 의해서 Programming System의 설계 사양 중 "모듈 구조의 설계"를 보다 충실히 만족될 수 있고, "Programming System의 개발 추이로 부터의 요구"를 보다 충실히 만족될 수 있다. 물론 "Data 저장구조의 설계"에 부정적인 효과를 가져올 수 있지만 컴퓨터 하드웨어 측의 지속적 기능 향상으로 이 부정적인 영향은 점점 줄어들고 오히려 소프트웨어 측의 장점이 점점 부각되리라 본다.

이 Programming System은 새로운 Software Tool인 Windows Software를 이용함으로써 최근의 상용 Software의 가장 중요한 기능인 Man/Machine Interface 기능 즉 Programming System의 기능 사양인 "대화식 작업에 의한 용이한 System 이용"을 충실히 만족시킬 수 있다.

6. Robot Program Generator

그림 3의 Programming System 중에서 Robot Program Generator의 Module은 로봇트 작업 프로그램의 자동화를 추진하기 위해 금형가공을 위한 CAD/CAM 시스템으로 부터 출력된 CL 데이터를 이용하여 로봇트에 장착된 사상용 공구의 작업경로 및 자세등을 용이하게 결정하기 위한 것이다. 이 Module에서 수행하는 일련의 작업들은 그림 4의 흐름도와 같다. 즉 CAD/CAM System으로 부터 출력된 금형의 CL 데이터로 부터 공작물의 Surface를 Modelling한 후 그 공작물의 사상작업의 에 필요한 가공조건 및 공구조건(형상 및 크기 등) 등을 결정하여 사상 작업용 Data File을 만든다. 이들의 데이터에 의해 사상 작업을 위한 로봇트 Tool의 작업경로 및 자세 데이터를 만든 후 최종적으로 로봇트 작업에 필요한 로봇트 작업 Program을 생성시킨다.

그림 5는 위의 작업에 의해 생성된 곡면의 한 예이다.

7. Robot Program Simulator

그림 3의 Programming System 중에서 Robot Program Simulator는 작성된 로봇트 작업장 모델과 생성된 로봇트 작업 프로그램을 이용해서 동작한다. 즉 Simulator는 로봇트 작업 프로그램에 따라 화면상의 기하학적 모델을 재구성해 주는 작업을 수행한다. 이러한 Simulator의 기능에 의해서 로봇트 프로그램 속에 존재할 수 있는 Error

들이 실제 로봇트에 의해 수행되기 전에 미리 파악되어 제거될 수 있다.

이 Simulator에서 Modelling된 로봇트는 여러개의 Link로 연결되어 있으며, 각 Link는 여러개의 Primitive의 조합으로 이루어진 것으로 가정하였다. 필요한 데이터의 기술 방법은 월드좌표계(World Coordinate System)에서 로봇트 기준좌표계(0축)까지의 좌표변환 *To을 위한 데이터를 기술하고, Denavit-Hartenberg의 각 축의 좌표를 기술하기 위한 A 행렬의 매개변수를 기술하며, 각 축에서는 그 축에 상당하는 관절의 데이터를 기술하는 것으로 하였다. 로봇트의 데이터를 저장하기 위한 자료구조는 그림 6와 같다.

그림 7은 Simulator를 이용하여 작업을 수행하는 한 예이다.

8. 결과

금형 사상 작업에 이용될 Robot Programming System을 개발하기 위하여 기존의 Programming System을 조사하고, 이로부터 개발할 Programming System의 요구조건을 결정하였다. 이 요구조건에 의해 Programming System을 개발하였으며, 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 개발할 Programming System의 사양(개발 추이의 요구, 기능 및 설계 사양) 결정하였다.
- 개발할 Programming System의 설계, 즉 전 System의 구조설계와 요소 Module들(기하학적 모델 작성 모듈, 작업 프로그램 생성 모듈, 작업 프로그램 시뮬레이터, 작업 프로그램 보정 모듈)의 상세 설계를 하였다.
- 작업 프로그램 생성 모듈의 구조·내용의 상세 설계를 한 후 Robot Program Generator를 개발하였다.
- 작업 프로그램 시뮬레이터의 구조·내용의 상세 설계와 데이터 구조 결정한 후 Robot Program Simulator를 개발 하였다.

참고 문헌

- (1) J.H. Powers JR. : Computer-Automated Manufacturing, McGraw-Hill, 1987. *
- (2) 조혜경, 고명상, 이범희 : 로봇트 자동 프로그래밍을 위한 원형시스템의 설계, '88 한국 자동제어학술회의

논문집, 1988.

(3) N. N : Robot Off-Line Programming System. FANUC

(4) N. N : Off-Line Programming System ROTSY.

YASKAWA

(5) Kirschbrown, R.H., Dorf, R.C. : 'KARMA'

A Knowledge-Based Robot Manipulation System.

Robotics 1, 1985.

(6) Konold, P. : Beispiele Realisierter.

Automatisierter Montagessystem. 19.

IPA-Arbeitsstagung

(7) 笑輪一男 : 研磨ロボットによる 金型みがキ.

プレス技術, 제 21권 13호.

(8) 橋本敏雄 : 로봇트による 金型みがキ. 型技術.

제 3권 제 7호, 1988.

(9) 丸山壽一, 寺園成宏 : バリ取ク ロボットシステム.

Robot No. 55.

(10) Toshiaki Ogawa : IHI's Off-line Teaching

System and its Application to the Joint

Welding Robot. Robot No. 66, JIRA.

(11) Katsuhiko Shimizu, Toshihiko Nishimura,

Off-line Robot Teaching System with Personal

Computer. R & D KOBE STEEL ENGINEERING

REPORTS, Vol. 37, No. 2, 1987.

(12) I.D.Faux, M.J.Pratt, " Computational Geometry

for Design and Manufacture". John Wiley &

Sons, 1981.

(13) Fujio, Yamaguchi, " Curves and Surfaces in

Computer Aided Geometric Design ",

Springer-Verlag, 1988.

(14) 최병규, " NC 절삭가공과 CAM 시스템 ", 청문각,

1989

비교항목	프로그램					
	SUN-ARS (2)	Prog.- Sys. (3)	Prog.- Sys. (4)	KARMA (5)	Robot- Windows (6)	
robot program의 편집기능	*	-	*	*	*	
robot program의 graphic simulation 기능	-	*	*	*	*	
자동 작업 경로 생성 및 충돌 확인 기능	*	-	*	*	*	
실제 robot 작업장과 컴퓨터 모델의 오차보정기능	-	-	-	*	-	
프로그래밍 시스템 이용의 용이성	*	-	*	*	*	
CAD/CAM 시스템과의 연결	-	*	-	-	-	

* : 실현됨, * : 부분적으로 실현됨, - : 실현안됨

그림 1 PC를 이용한 Off-Line Programming System

구분 회사명	Robot	금 형 및 연마용 Tool	Robot Programming
Saitomo 중기(7)	* 좌고형 3축 * Tool Head 회전 2축 * 유압서보 * 동시 3축 보간제어	* 자유곡면 Cut mark grinding (340 × 440mm) * ATC * Grinder	* Lead-through법 * Sensor : 표면조도검사기 Profiling Sensor Load Sensor
Showa 정밀기계 (8)	* 수직관절형 3축 * Tool Head 회전 2축 * 전기식 * 동시 3축 보간제어	* 평면연마 Rmax0.1um (100 × 100mm) * 회전·요동연마기구	* Walk-Through법
Nish- bish 중공업 (9)	* 수직관절형 6축 * 전기식 * 동시 6축 보간제어	* TV브라운관 금형의 사상 * 정압기구 * ATC, AHC * 회전·요동연마기구	* Lead-Through법
전기 통신 대학	* 수직관절형 6축 * 전기식 * 동시 6축 보간제어	* 자유곡면 * 정압기구 * Grinder	* Maching Center의 Tool Path Data 이용 자동 Programming

그림 2 연마용 로봇트의 Programming System

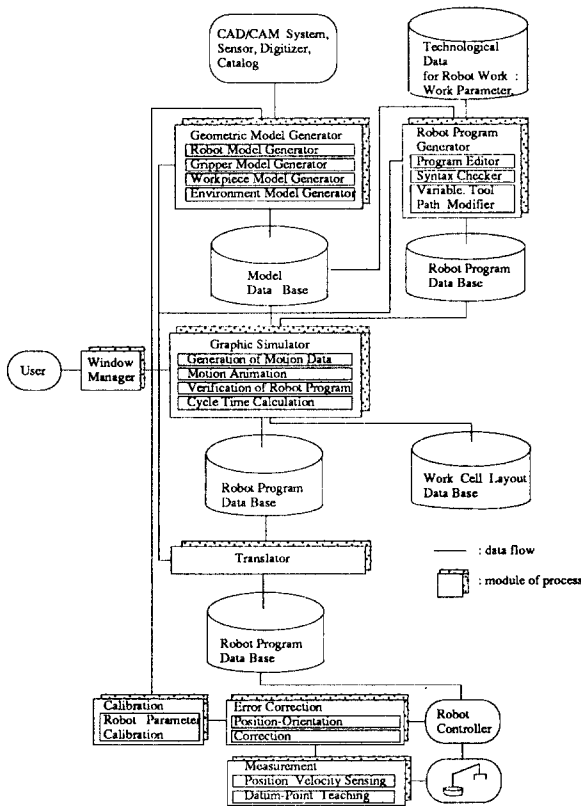


그림 3 Programming System의 구조

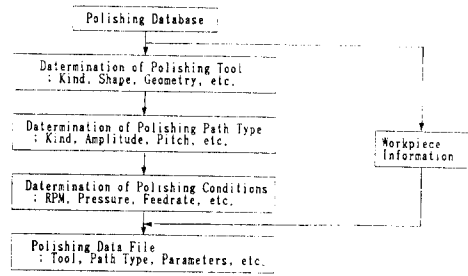


그림 4-(b) 연마작업 Data의 생성

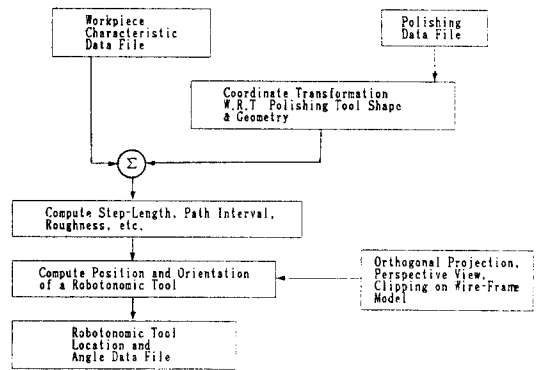


그림 4-(c) 연마용 로봇 Tool의 작업점 및 자세 Data 생성

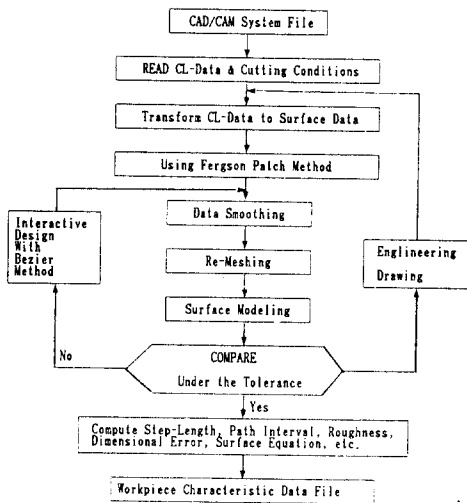


그림 4-(a) Workpiece Data의 생성

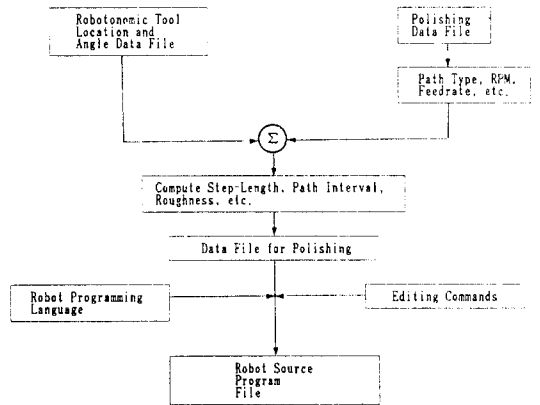


그림 4-(d) 로봇 작업 Program의 생성

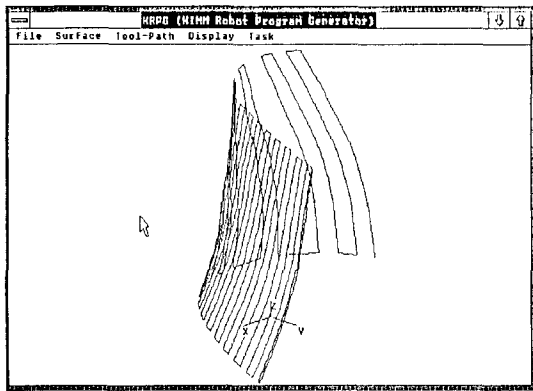


그림 5 생성된 곡면의 예

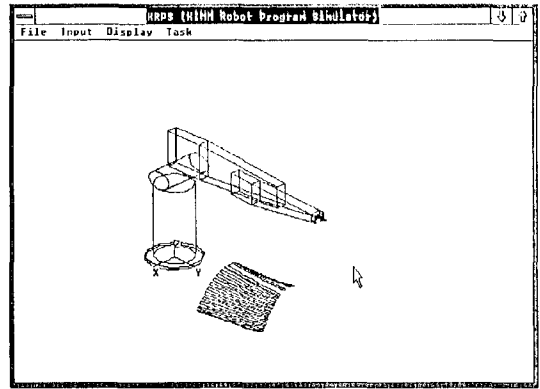


그림 7 Simulator의 작업 진행 예

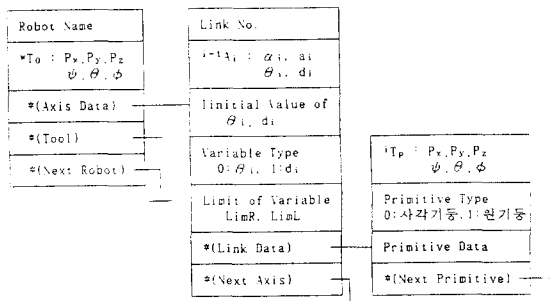


그림 6 로봇트의 데이터 구조