

실용 자동화 실습장치(Practical Flexible Manufacturing System)의 모듈별 사양 분석에 관한 연구

Study of the Design Characteristics of Practical Flexible Manufacturing System(PFMS)

조 장 현*
Jang-Hyen Jo*

<Abstract>

This is the dissertation of the study of design characteristics about the practical flexible manufacturing system(PFMS). The basic ideas to analyze the manufacturing system which is the automatically operated is dependant on the various manufacturing procedures in factory. PFMS is the very useful equipment for students and trainee of production lines. This system is composed of hardware and software sub systems i.e. control and test unit and personal computer with software. The PFMS can be developed with design concepts and approved the capability of first article with functional tests. The PFMS module will be very useful for the manufacturing drill system in universities and practical fields. The flexible manufacturing systems have various subsystems appropriated for the final manufacturing products. Therefore the systems have the various kinds of hardwares as well as softwares. We study the software for the practical flexible manufacturing system designed in the Halla University and specially the design concept and using specification of the SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) robot which is used for the movement of the product is analyzed and introduced in this dissertation.

Key Words : *Practical Flexible Manufacturing System(PFMS), Selective Compliance Assembly Robot Arm(SCARA)*

1. 서론

자동화는 그 의미와 활용성이 매우 광범위하게 사용되고 있으며 산업현장에서의 생산활동의 효율성 증대와 함께 각광을 받고 있다. 생산 자동화(Manufacturing Automation) 분야의 효율적인 활용은 생산성 증대와 경제성

의 제고에 큰 기여를 하고 있다. 이러한 분야중 실용자동화 생산시스템(Practical Flexible Manufacturing System)은 이에 적합한 모듈로 구성함이 효과적이다. 이에 대한 구성모듈은 참고자료1)과 2)에서의 논의된 내용에 서 알 수 있듯이 연속이송시스템, PTP(point to point) 시스템, Robot 시스템, 모터 구동 시스템, 무인 반송 시스템,

* 정희원, 한라대학교 기계자동차공학부 부교수, 工博
(033)760-1216 E-mail:jhjo@hit.halla.ac.kr

Associate Professor, School of Mechanical Engineering,
Halla University

Storage 시스템, 동력원, Sensor 모듈 등으로 구분된다. 모듈별 구성은 자료 3)을 기본으로 작별 수행의 기본 기능에 적합하게 선정되고 이렇게 구성된 시스템은 실제 생산 현장에서 기술인력의 실습 교육 및 훈련 용도로 효과적이며 교육기관에서의 활용성도 클 것이다.

한편 고등교육기관에서는 이론적인 내용에 백업하여 실험적 접근을 통한 확인과 새로운 생산자동화 기술의 개발에 활용가능하며 또한 기술인력의 훈련장비로도 활용성이 매우 클 것으로 판단되는데 이는 숙련된 생산활동 즉, 하드웨어적인 면과 이를 활용하기 위한 소프트웨어적인 면을 동시에 만족시킬 수 있을 것이다. 또 본 장비의 개발에 필요한 세부적인 생산 기술에 대해서는 차후 장비의 정밀도 및 상품화의 단계에서 검토되어질 사항으로 자료4)에서 보듯이 장비의 제어 및 통제에 대한 기본적 구동요소의 정밀도 및 민감도가 매우 중요한 역할을 한다. 본 논문에서는 설계기술측면에서 시스템의 개발과 관련한 기본적 개요 및 기능사항을 중점적으로 다루었다. 자동화 시스템은 생산활동의 효율성 향상의 방법으로써 생산자동화(Manufacturing Automation) 분야의 활용은 생산성 증대와 경제성 제고에 큰 역할을 한다. 이 시스템은 설계 분석시 생산공정의 다양한 변화에 맞추어 시스템 모듈을 구성할 수 있다. 자동화 생산 시스템은 생산품목의 종류에 따라 연속적인 구성단위를 설계하고 이에 대한 기본적인 요소와 시스템조립에 관한 내용을 분석하여야 한다. 이러한 자동화 생산시스템은 설계자로부터 활용자(생산기술자)까지 개념적 이론과 실험/실습이 요구되는데 대부분의 기자재가 전기/전자 및 기계 분야의 복합적 기술이 소요되므로 경제성이 갖추어진 compact한 자동화 생산 실험 모듈의 필요성을 인지하였고 이에 대한 결과로 중소기업과 연계된 산학연 공동개발이 이루어진바 있으며 결과보고서¹⁾에서 밝힌바 같이 공정별 구성요소의 개요 및 특성에 관한 내용을 충분히 알 수 있다. 주로 대표적인 생산공정이라고 하면 원자재의 공급과 각 공정으로의 conveyor에 의한 자동이송 그리고 공간 이동과 무인 반송동력장치에 의한 생산품이송 등을 들 수 있다. 이러한 생산자동화 시스템의 개발에서 주요한 내용에서 본 논문은 설계적인 면과 자동화에 필요한 소프트웨어적인

측면을 검토, 기술하였다.

2. 본론

2.1. 실용 자동화 시스템의 개요

자동화 생산 시스템의 기본 요소와 작동 기능을 분석하여 적용한 기본적인 시스템은 Fig. 1과 같다.

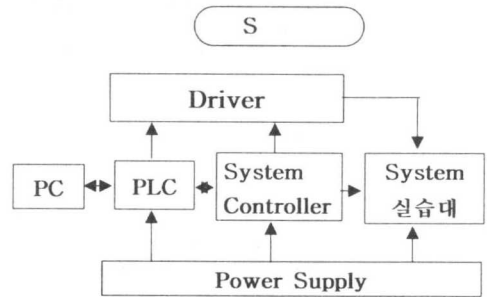


Fig. 1 Diagram of PFMS

이에 대하여 각 모듈의 설계 요소를 분석, 검토하여 시스템의 활용 목적에 부합된 최종 시제품을 완성하였다. 먼저 생산시스템의 활용목적에 부합된 각 부문별 모듈의 성능과 내용을 수립하고 필요한 부품의 목록과 관련도면을 제작하도록 한다. 이후 도면을 근거로 한 시제품을 제작하고 초기에 목표한 성능과 기능점검을 통하여 최종 제품의 품질보증의 단계로 자동화 생산 시스템 실험 모듈을 개발하였다. 실제 생산에 필요한 모든 기술 자료와 생산가공공정과 최종 조립과 품질확인 관련 기술자료와 이에 대한 시제품 개발 기술 등을 획득하였다. 이에 대한 상세한 내용은 자료1)과 2)를 참고하면 도움이 될듯하다. 이에 간략히 이 시스템을 구성단위별로 좀더 자세히 살펴보기로 한다

2.2. 세부 구성 단위의 특징

본 논문에서 언급하는 생산자동화 설비의 전체 모형은 아래의 Fig.2와 같으며 각 구성품의 개요와 특징은 아래와 같다.

2.2.1. 물품공급 장치

공압 실린더에 의해 소재의 공급을 담당하며 이에 대한 부속품은 공기 노즐과 공압유로의 조절 밸브등이 있다.

2.2.2. 컨베이어

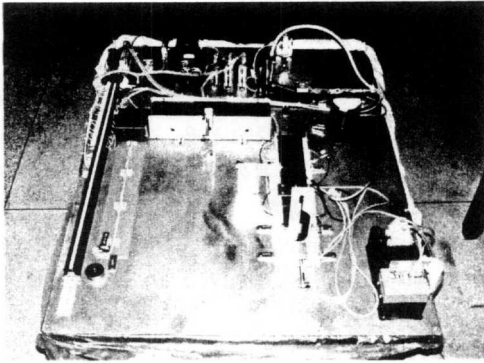


Fig. 2 Photo of PFMS

이는 직류모터와 이를 제어하는 보드 그리고 벨트와 자동으로 물품의 이상유무를 점검하는 센서로는 근접센서를 사용하게 된다. 이 구성단 위에서는 소프트웨어적인 제어프로그램이 필요 하게 된다. 위의 물품공급장치와 컨베이어는 아래 Fig. 3과 같다.

2.2.3 스카라 로봇 (SCARA : Selective Compliance Assembly Robot Arm)

이른바 수평다관절 로봇으로 2축 자유도와 포토센서(photo sensor)와 구동원으로는 스텝모터를 사용하고 소프트웨어에 의한 제어가 이루어진다.

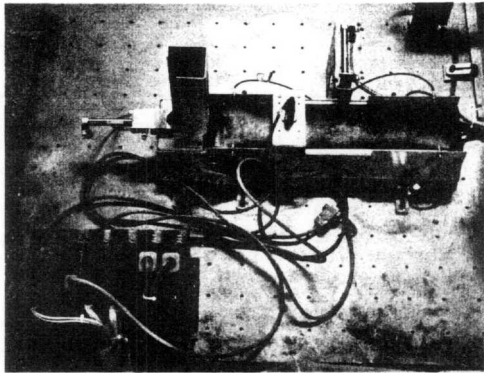


Fig. 3 Feeder an Conveyor System

어진다. 이에 대한 상세한 운동학적 계산과 프로그램은 자료5)와 6)을 토대로 설계하였으며 이에 대한 내용은 다음장에서 자세히 기술하였다.

2.2.4 스탬핑 머신(Stamping Machine)

본 논문에서 다루고 있는 자동화 생산장비에서 채택된 공정중 하나로서 물품의 일정한 위치에 stamping 하는 공정을 수행하도록 한

다. 공압을 구동원으로하며 CAM 구동장치로 1 자유도와 제한스위치(limit switch)를 채택하고 있다. Fig.4와 같이 스카라로봇과 스탬핑머신은 매우 컴팩트하고 경제적인 부품들로 구성되었다.

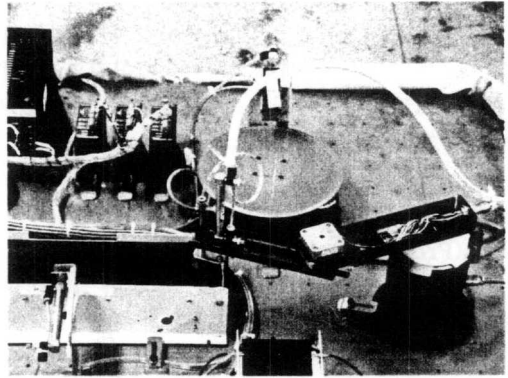


Fig. 4 SCARA Robot and Stamping Machine

2.2.5 무인 반송장치(Automated Guided Vehicle)

Fig.5에서와 같이 자동 물품공급장치와 같은 개념과 작업내용이나 궤도상을 자동으로 움직이는 운반차량의 소형 모델이다. 직류모터를 구동원으로 전후진이 가능하고 제한센서(limit sensor)와 궤도추적(rail tracing)의 특징을 보유했다.

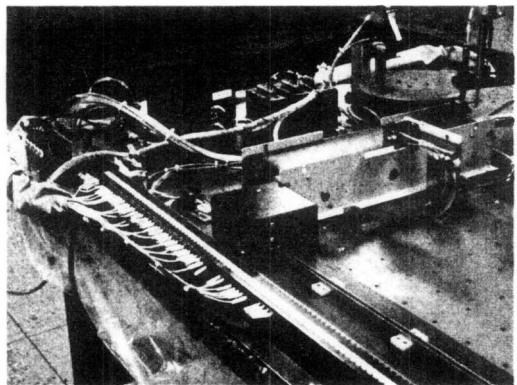


Fig. 5 Stamping Machine and Automated Guided Vehicle (AGV)

2.2.6 주제어기(Main Controller)

MMX 233급 이상의 CPU와 32M Byte 메모리 이상 그리고 10M 이상의 하드 디스크용량이 소요되며 마이크로소프트 윈도우 98의 OS를 운용토록 한다.

2.2.7 파워 드라이브 유닛(Power Drive Unit)

공급 전원은 5, 12, 24 볼트 등이 공급 가능하며 일체형(Console) 구조를 채택한다.

2.2.8 부제어기(Sub-Controller)

직류, 교류, 스텝모터등의 제어장치가 내장되어 있으며 다축구동제어 및 주 제어기와는 일반적인 PC와 하드웨어간의 통신방식인 RS232 통신이 가능토록 하였다.

2.2.9 프로그램 가능 이온 제어기

(Programmable Logic Controller)

일반적인 제어기로 입/출력 접점이 100이상을 채택하였다.

3. 스카라(SCARA: Selective Compliance Assembly Robot Arm) 로봇 분석

3.1 스카라 로봇 개요

본 논문의 대상인 자동화 생산 실습 모듈에 적용한 스카라로봇(수평다관절 로봇)은 2절의 Fig. 4에서 보는 바와 같이 기본적으로 2축(2자유도) 수평관절을 보유한 로봇으로 구동장치는 하이브리드형 스텝 모터를 채택하였다. 이를 개략적인 운동학적 변수를 포함한 모습은 그림 6.으로 표현할 수 있다.

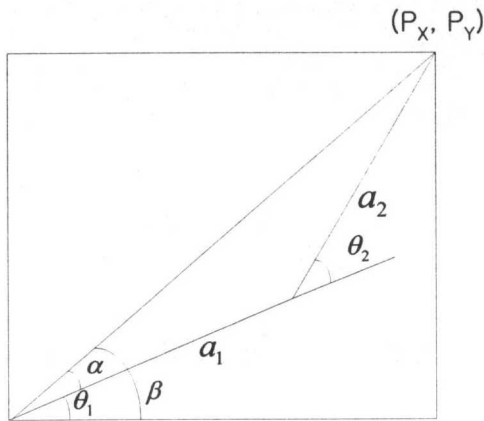


Fig. 6 Geometry of SCARA Robot

스텝모터는 가격에 비하여 동작의 정밀도와 정확한 위치선정등에 용이하다. 한편 Microsoft Visual C++ Ver. 6.0 사용한 프로그램(Scara_Sim)을 개발하였으며 이는 윈도우상에서 구동 가능하다. 이에 대한 자세한 운동학적

해석을 살펴보기로 한다.

3.2 운동학적 해석

로봇의 운동학적 요소 중 본 장비에서는 변위해석에 대하여 그 중요성을 갖는다. 이에 로봇에서 이송 대상 물체까지의 기하학적 위치계산에 필요한 정방향 운동역학을 순기구학(Forward Kinematics)이라 일컬으며 이 계산은 D-H인자(Denavit-Hartenberg Parameter)를 이용하게 되는데 이에 대한 계산방법을 참고자료 [6]에서 살펴보면 아래의 Table 1과 같다. 이를 위치전환 행렬(Position Transition Matrix)로 계산하면 스텝모터의 1,2축의 회전각도(\$\theta_1, \theta_2\$)에 따른 로봇의 말단장치(end effector)의 위치를 파악할 수 있다. 또 이 말단장치의 위치는 대상 물체의 이송을 위한 정확한 위치 결정과 직접적인 관계를 갖게된다. 이에 위치전환 행렬을 계산하면

Table. 3 Denavit-Hartenberg Parameters of SCARA Robot

	a	α	d	θ	비고
1	$a_1=0.15$	0	0	θ_1	θ_1 는 변수
2	$a_2=0.15$	0	0	θ_2	θ_2 는 변수
3	0	0	d_3	0	d_3 는 변수
4	0	0	0	θ_4	$\theta_4=0$ (예약공간)

$$T = \begin{bmatrix} c_{12} & -s_{12} & 0 & a_1c_1 + a_2c_{12} \\ s_{12} & c_{12} & 0 & a_1s_1 + a_2s_{12} \\ 0 & 0 & 1 & d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

와 같이 표현된다. 또 반대로 우리가 로봇을 설계하기 위하여 목표위치에 대상물체를 놓기 위한 로봇관절의 각도변수(\$\theta_1, \theta_2\$)를 결정할 때의 운동학적 해석은 역기구학(Inverse Kinematics)이라고 하며 이에 대한 기하학적(geometric) 계산에 의한 위치전환 행렬은

$$T = \begin{bmatrix} n_x & s_x & a_x & p_x \\ n_y & s_y & a_y & p_y \\ n_z & s_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

위의 Fig. 6의 기하학적 관계와 위치전환 행렬 (1), (2)를 이용하여 θ_1 과 θ_2 를 계산할 수 있으며 그 과정을 살펴보면

$$\cos(180 - \theta_2) = \frac{p_x^2 + p_y^2 - a_1^2 - a_2^2}{2a_1a_2} \quad (3)$$

($\because \cos$ 제2법칙)

$$\therefore \theta_2 = \arccos\left(\frac{p_x^2 + p_y^2 - a_1^2 - a_2^2}{2a_1a_2}\right) \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \therefore \theta_1 &= \beta - \alpha \\ &= \arctan(p_x, p_y) - \arctan(a_1 + a_2c_2, a_2s_2) \end{aligned} \quad (5)$$

$$\therefore d_3 = p_z \quad (6)$$

따라서 지정된 기하학적 위치 (p_x, p_y, p_z) 를 선정하면 이로부터 관절 변수인 θ_1, θ_2, d_3 가 위의 계산과정을 통하여 결정할 수 있다.

3.2 프로그램 개요

위의 스카라로봇의 운동학적 해석을 근거로 C언어를 이용한 프로그램에 대한 개요를 정리하면 아래와 같다.

3.2.1. Point to Point로 접근하기 위한 Trajectory 설정 (각축마다 실행)

- (1) 함수 : int Spline_Trajectory(double *data, double*output, double Interval, int point);
- (2) 용도 : 5차 Spline Curve를 이용하여 궤적생성
- (3)입력변수 :
 - double *data : Via Point의 Pointer연결 (시간, 위치, 속도, 가속도) \times n
 - double *output : Via Point에 의한 결과 저장 pointer
 - double Interval : 궤적 생성 시간 간격 (10ms = 0.01)
 - int point : Via Point 개수

3.2.2 관절 변수 계산을 위한 계산단계

- (1)함수 : void Inverse_Kinematics(double *End_Point,double *Result_joint);
- (2)용도 : Inverse Kinematics를 계산하는 함수
- (3)입력변수 :
 - double *End_Point : 끝단 좌표 입력 (px, py, pz)

- double *Result_joint : 관절 변수 출력(θ_1, θ_2, d_3)

3.2.3. 검증 단계

- (1)함수 : void Forward_Kinematics(double *data, double *Output, int count);
- (2)용도 : 끝단의 좌표가 지정한 위치로의 도달 여부를 확인하는 함수
- (3)입력변수 :
 - double *data : D-H Parameter를 연결하는 포인터 변수
 - double *output : 끝단의 Matrix를 연결하는 포인터 변수
 - int count : D-H Parameter 개수를 넘겨주는 변수 (SCARA \rightarrow count = 3)

참고적으로 위의 프로그램에 대하여 음영 처리된 부분은 입력임에도 불구하고, 결과를 출력하는 부분으로 출력되는 데이터 양이 많아서 입력부분에 출력 값을 연결하도록 한다. 운동학의 결과 분석을 위한 프로그램에 대한 상세한 내용과 리스트는 여러번의 수립과 수정을 통하여 가장 적합한 위치와 제어가 이루어지도록 작성되었고 실제의 기구의 동작에서도 만족한 결과를 얻을수 있었다.본 논문에서는 자세한 제어경로등에 대한 내용을 다루기 보다는 자동화 생산시스템 장비내의 2축 스카라로봇으로써의 기능 특성과 작동개요를 이해하는데 필요한 설명을 개략적으로 소개하였다.

4. 결론

이와 같이 일련의 생산공정을 사람의 노동력을 들이지 않고 기계 및 전기, 전자, 컴퓨터, 통신기술의 통합(integration)에 의하여 자동화한 생산 시스템 모듈의 특성을 간략히 논하였다. 특히 생산품의 3차원적 공간이송에 사용되는 2축 스카라로봇의 개요에 대하여 기술하였다. 이는 가장 기본적인 형태의 스카라 로봇으로 더욱 다양하고 복잡한 자동화 생산공정에 적용할 수 있는 다축(3축이상) 스카라 로봇의 설계 및 생산기술 개발에 도움이 될 것으로 사료된다. 기구학(순기구학, 역기구학)적 설계분석을 토대로 하드웨어의 제작에 필요한 소프트웨어에 대하여도 간략히 소개하였다. 이후 이 두 가지 요소의 상호 연관성 및 인터페이싱(interfacing)을

포함한 원활한 공정 수행을 위한 연구 및 분석이 이루어 질 것이다.

참고문헌

- 1) 조장현, “실용 자동화 생산장치의 설계 및 생산요소에 대한 분석 연구,” 한라대학교 논문집 제5집, pp107-115, 2002. 2
- 2) 조장현, 홍성철, “자동화 생산시스템 실습모듈 개발,” 2001년도 산학연 공동기술개발 컨소시엄 과제별 최종 결과 보고서, 한라대학교 공동기술개발 컨소시엄센터, 2002. 4
- 3) Sherif D. Wakil, Processes and Design for Manufacturing, International Thomson Publishing Inc., 1998
- 4) W. Bolton, Mechartronics, Addison Wesley, 1999
- 5) 중소기업진흥공단, 자동기 설계 실무강좌: 로봇 주변기기, 중소기업진흥공단, 1994
- 6) James G. Keramas, Robot Technology Fundamentals, Delamr, 1999

(2003년 12월3일 접수, 2004년 5월20일 채택)