

부품 공급장치 선정을 위한 전문가 시스템

(An Expert System Approach to the Type Selection of Part Feeders)

○ 조 덕 영 * , 조 형 식 **
(D. Y. Cho) , (H. S. Cho)

* 한국과학기술원 생산공학과 연구원 박사과정
** 한국과학기술원 생산공학과 교수

ABSTRACTS

As a cornerstone of assembly automation, the automatic part feeders are used to feed the various kind of the parts to the assembly workstation in the desired order and fashion. In this paper, EXPERT SYSTEM consisting of the data base for the feeding functions and part properties plus the rule base for the selection of feeder types is developed. The symbolic data of the part properties are used as basic factors in the selection rule of the suitable feeder types.

1 서 언

우리나라 국민경제는 60년대의 수입대체 및 수출촉진형 경제성장 정책, 70년대의 수출주도형 경제성장 및 80년대의 수입자유화에 의한 상품수출향상을 통한 경제성장 정책으로 국제경쟁력을 높인 생산체제로 발전되어 왔다.

그러나 국제무역시장에서는 지역공동체를 기초로 한 보호무역주의 강화와 종래의 저임금, 중노동을 통한 저렴한 가격의 한 국제 경쟁력은 임급상승과 노동부족 현상에 대한 요구 등으로 더욱 이상기대될 수 없으므로 이제 그 동안의 축적된 경험과 기술을 바탕으로 경영방식의 쇄신과 더불어 생산기술의 혁신을 통한 원가절감과 품질향상, 신제품 개발 등으로 대처하지 않으면 안된다.

그 중에서도 가장 핵심적인 것은 생산기술의 혁신이고, 이를 위한 한 기법으로 제조공정의 자동화를 해야 하는 데 이를 위해서는 먼저 제품의 기능 분석과 합리적인 제품의 재설계를 통해서 부품수의 최소화와 단순화, 표준화, 합리화를 기하고, 가공공정 및 조립공정의 간소화와 자동화를 기한다. 가공공정의 자동화는 NC, DNC, CNC, Machining Center, FMS를 통해서 활발히 추진되어 완성단계에 있으나, 조립공정의 자동화는 이제까지의 대량생산 체제로서 조립CONVEYER 상에서 수동조립 및 부분적으로 로봇에 의한 자동조립 방식으로 추진되어 왔으나, 이제부터는 로봇을 중심으로 한 조립 셀의 구성과 이 셀의 시스템화를 통해서 다품종 소량생산의 실현하고 신속한 생산체제를 구축해 나가야 할 것이다.

그러나 아직 로봇의 환경인식 능력의 한계와 제어정도 상의 문제로 로봇의 효율적 작업을 위해서는 조립 셀의 작업환경을 정규화해만 안 할 수 없고 부품의 집을 수 있도록 일정 위치와 방향으로 한 개씩 정지에 공급해야 하고, 조립대의 위치와 방향도 일정하게 해야만 로봇은 제대로 조립작업을 수행할 수 있다.

따라서 조립작업의 자동화에는 개개의 부품을 자동으로 공급하는 부품공급 장치의 적절한 선정과 이 합리적인 시스템화가 조립작업의 효율에 매우 중요한 요소가 된다.

부품공급 장치를 선정하는 데는 공급대상 부품의 특성을 분석하고, 해당 조립공정에서의 요구되는 공급기능상의 특성을 파악하여 소요공급기능을 낼 수 있는의 부품공급 장치별 선정해야 한다. 이러한 여러 요소의 분석과, 설계시 반영은 개개의 부품별을 수행되어야 하므로, 매우 번거롭고, 많은 시간과 노력을 필요로 하는 반복작업이므로, 이를 여러 문헌 및 표준규격, 전문가의 경험을 체계적으로 규칙화하여, 전문가 시스템을 구성하면 다음과 같은 장점이 있다.

- (1) 각종 부품에 대한 공급기의 기종선정이 간편해져서, 시스템 설계자의 부담을 덜고, 각종 사항을 고려하고 있으므로, 설계의 신뢰도를 높일 수 있다. (2) 여러개의 호환성 있는 기종을 추천하므로, 설계자가 추가적인 기준을 갖고서 선택적 설계를 할 수 있다.

그간의 연구현황을 살펴보면 물류 시스템의 장비기종 선정에 대한 전문가 시스템의 개발[3,4]이 발표되었으나, 세부적으로 되어 있지 않아 실제 조립공정이나 제조공정상의 자동화에는 바로 도움이 되지 못했다.

이 논문에서는 조립공정의 부품공급장치의 기종 선정에 관한 전문가 시스템을 AI 언어로서 기호연산적으로 우수한 기능이 있는 TURBO PROLOG로 작성한 것이다. 본 전문가 시스템의 특징은 우선서 부품공급장치의 지식 베이스를 모듈화 하여서 확장성과 향후의 조립 셀의 다른 부분의 지식 베이스와 쉽게 구분 및 통합이 가능케 되어 있다. 또한 술어논리적 (PREDICATE LOGIC) 인 생산 규칙 (PRODUCTION RULE)으로 지식이 표현되어서, 전향추론을 통해서 조건에 맞는 적절한 기종을 선정하도록 되어 있다.

2 물류 시스템

부품공급 장치도 물류시스템의 일부이므로 물류 시스템의 일반적인 정의 및 기준이 적용된다. 물류취급 시스템의 정의는 "정량의 물자를 적소에 정시에, 정렬하여 정확히 모으고 조건으로 공급하기 위해, 다른 방법들을 사용하는 것"이다. 실제로 각 단위공정 사이를 연결하는 물리적 연결기구로서 공정통합의 고리 역할을 하는 것이다.

그림 1의 물류 취급 방정식의 의미는 물류 취급장치의 방법 즉 장치의 선정에는 취급대상물과

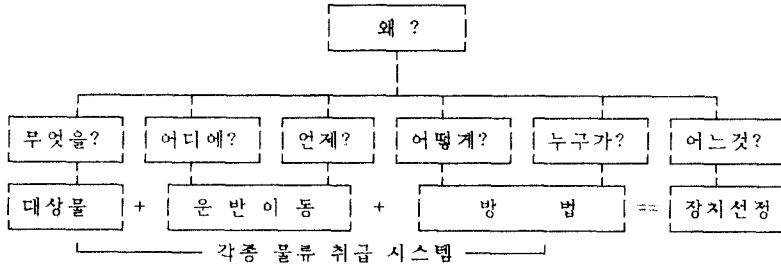


그림 1 물류 취급 방정식 [4]

이루어 져야 할 운반이동이 모두 면밀히 분석될 필요가 있다는 것을 강조한다.

따라서 부품공급 장치의 기준선정 시에도 우선 공급대상 부품의 특성을 분석하고 제품의 조립 공정요구에 맞는 기본급송기능을 분석한 후 이러한 조건에 맞는 부품공급 장치를 선정해야 한다.

3 부품의 특성분류

부품의 특성을 체계적으로 분류하는 방법은 여러 가지 기준에 의거하여 할 수 있으나, 미국 매사추세츠 대학의 부품 기본형상과, 부품의 기하학적 특징, 대칭성에 입각한 3 자리의 분류 기호 체계[2]가 있고, 또한 독일 VDI의 그림 2에 보인 부품 성질과 동작 특성에 기초한 14 자리 분류 체계[1]가 있다.

그러나 여기서는 독일 VDI 지침 3239 에 기초한 부품을 12 개의 기본군으로 분류한다. [1] 일군으로 분류된 모든 부품은 유사하거나 동일한 기본성질과 중립 작용 하의 유사한 동작 특성을 갖는다. 개별의 기본군에 대한 정의 및 설명을 표 1 에 보인다.

4 기본 급송기능

부품공급 장치에 의해 수행되는 기능은 세부적인 기본기능 별로 세분할 수 있다. 하나의 장치가 수행하는 기능에는 몇가지의 기본기능이 동시에 혹은

순차적으로 복합되어 있고, 적어도 하나 이상의 기본기능을 수행하고 있다.

복잡한 부품공급공정을 분석하는 데 기본급송기능과 기호를 사용하면, 중복적으로 들어가는 기능을 간파하여 피할 수 있다. 표 2 에 독일의 VDI 지침 3239 의 급송 기능에 관한 설명을 보인다. 이것은 명확한 정의라기 보다는 하나의 정성적 기술에 해당한다. 이것을 기본기능별로 세분한 것이 그림 3 이다.

즉 기본기능별로는

(1) 저장기능

저장기능은 능동적이 아니라 수동적 기능이다. 저장유니트에 부품을 넣고 빼는 것과 혼동해서는 안된다.

(2) 위치 및 방향변환 기능

물리적으로 "방향변환"이란 1 - 3 축을 중심으로 회전운동이 일어나는 것이다. "위치변환"은 공간 상에서 위치를 이동하는 것이다. 따라서 각각 회전운동과 직선운동의 수행에 대응되고, 방향과 위치는 공급 대상물의 초기와 최종 위치 사이의 관계에 따라서 그림 3 의 세분된 형식으로 변화한다.

(3) 파지기능

부 품 특 성 파 라 미 터					
부 품 성 질				부 품 동 작 특 성	
모양 군	기하정보	모양특징	물리성질	정지시	운동시
-영키는 -부품통주부품 -원추부품 -원추부품 -대칭부품 -중심부품 -복합부품 -불규칙부품 -구형부품 -기둥부품 -평판부품	-부피수준 -치면비율 -크기분류 -대칭성	-방선단 -나사단 -테두리 -잘린홈 -홈배치 -노치 -노치	-재질 -중심성도 -강도 -강무계조건 -표면조건 -기계조건 -온도	-위치정성 -안정성 -방향정 -비도 -적계성 -기계성 -가위정 -정정 -정제	-활강성 -구름성 -방향정

그림 2 부품 특성 파라미터 [1]

표 1. 부품 군 분류 요약[1]

부품 군	예	설 명
엇키는 부품		특수형의 부품들로서 그 전형적 동작특성이 서로 엇킨다는 것으로서, 이 군에 속한다는 것은 벅커에 긴 상태에서 곧 엇키므로 쉽게 알 수 있다. 예 : 볼 와셔, 피스톤 링, 헬리칼 스프링 등
평판부품		평판부품은 주로 2 차원적으로 퍼져있다($0 < C/A < 0.49$). 항상 우선적으로 평평한 위치를 취하고, 어떤 모양이든 좋으나 서로 엇겨서는 않된다.
원통형 부품		모든 회전형 부품은 모양별 구분 없이 원통형 부품으로 간주되고, 길이/지름의 비가 $0.5 < C/A < 30$ 범위 내이다. 예: 보봉나사, 축, 봉, 보
각주 부품		각주부품은 블록 모양의 부품으로, 단면이 다각형이다. 예: 삼각주, 사각주, 다각형 기둥 등.
원추부품		모든 완전 원추 및 원추대, 단면이 원형이든 아니든 강사진 것이든 바른 것이든 모두 이 군에 속한다.
피라미드형 부품		정규 피라미드 및 일반적 피라미드 형 부품으로 예는 췌기 및 이중 췌기 이다.
두형 부품		단이 쳐 있는 모든 부품으로 모양은 원통형, 각주, 원뿔형, 혹은 피라미드 형이다. 예: 나사, 리벳
중공부품		박육이나 후육의 밀폐되지 않은 중공부품으로 원통형, 각주형, 원추형 혹은 복합형의 것 모두이다. 예: 상자단면, 스페이서 슬리브.
복합형 회전체 부품		두번 이상 단이 쳤거나 비곡선형 축에 형상변화가 있는 회전체형 부품이다. 예: 캠 축, 크랭크 축
불규칙 고형부품		곡선 혹은 교차 축을 가진 부품으로 주로 중실형 부품. 예: 단 조물, 압출물.
구형부품		모든 구형 및 그에 유사한 부품이 이에 속하고, 예는 볼 베어링의 볼 등이다.
긴 부품		고형, 평판형, 및 중공형으로, 길이/단면변의 비가 (C/A) 30 이상인 것. 예: 코일 강판

파지(CLAMPING) 기능은, 물체를 일정 위치에서 일정방향으로, 쉽게 풀 수 있도록 일시적으로 잡고있는 것을 말한다.

5 부품공급 장치

공급장치의 일반적 정의는 부품, 재료, 금구 등을 작업기지에 공급하거나 작업기지에서 철거시키거나, 혹은 작업기지 사이를 연결하는 기능을 하는 것이며, 이의 일종인 부품공급장치는 부품을 조립 셀의 조립공정에서 요구하는 지정된 위치와 방향으로 정시에 정량을 공급하기 위해 모든 기능을 수행하는 것이다.

부품공급장치는 그들이 주로 수행하는 주기능에 따라서 3 개의 주요 인으로 분류할 수 있다.

첫번째 군은 작업기지 전후방에서 부품을 저장하는 장치이다. 이 경우에 부품은 불규칙하게 빈에 저장되거나, 정렬되어 매거진에 저장된다. 주서 기능에 이송기능도 부가시켜서 부품을 이송시킬 수도 있다.

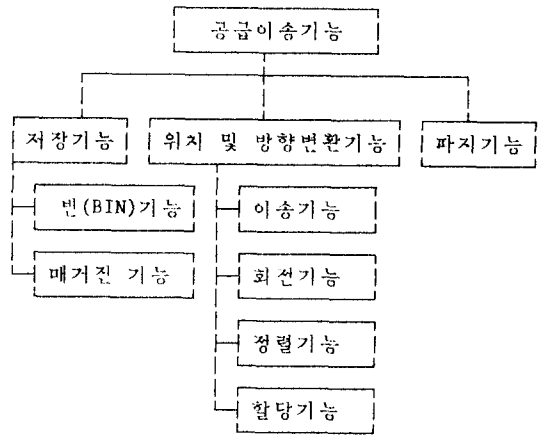


그림 3 부품공급동작의 기능별 분류 [1]

표 2 급송기능 개요 [1]

급송기능	기 호	설 명
빈 기능	↘	공정조작 전후에 부품 저장기능을 하도록 적당한 용기를 설치하여 부품을 산만하게 임의로 저장하는 것
매거진 기능	≡	일정한 방향으로 부품을 정렬하여 용기에 저장하는 것
이송기능	→	작업재료나 부품을 정렬하거나 비정렬 상태로 이송하는 것을 의미하고, 중력을 이용하거나 강제력으로 이동시킨다.
분기기능	↗	분기는 이송의 한 형태로서, 정렬되거나 비정렬 상태의 작업물 흐름에서 작업부품을 분리하는 것으로서, 흐름을 분할하거나 작업물을 분류하기 위한 것이다.
합류기능	↘	이송의 한 형태로서, 작업물 흐름을 합쳐서 하나의 흐름으로 만드는 것.
정렬기능	↔	임의 위치의 작업부품을 일정한 위치와 방향으로 하는 것
방향점검 기능	↔	작업물 방향을 확실히 하여, 다음의 위치에 놓을 때를 대비하는 것
반전, 회전, 선회	↻	뒤집기, 회전, 선회 기능은 작업 부품을 새로운 위치와 방향으로 바꾸는 것을 의미한다.
계량기능	↔	작업지점에서 정량의 작업부품을 분리, 공급하는 것
공급기능	→	작업지점에 작업물을 직접 제어하면서 공급하는 것
정위치	→	정확한 위치에 작업물을 놓는 것
파지기능	↔	일정위치에 작업물을 일시 고정하는 것
해제기능	↔	고정 파지력을 해제하는 것
제거기능	→	작업지점에서 작업 종료된 작업물을 제거하는 것
가공기능	○	작업지점에서 이루어지는 작업공정기능

둘째 군은 가장 포괄적이고 가장 다양한 것으로 부품의 위치와 방향을 변화시키는 장치들을 포함한다. "방향변화" 및 "위치변화"는 전술한 바대로 부품에 회전운동과 직선운동을 일으켜서, 작업

셀에 부품을 지정된 위치와 방향으로 공급하는 것이다. 이군에서 가장 광범한 기능을 갖는 것은 산업용 로봇이나, 가장 중요한 정렬기능을 수행할 수 없다는 단점이 있다. 정렬기능은 부품공급상 압도적인 중요성을 지니는 것으로 한 조사에서 조사대상 작업장의 88%가 제기하는 문제이다.

셋째 군은 부품파지 장치류로서 부품의 위치를 쉽게 풀 수 있도록 일시 고정하는 기능을 갖고 있다. 대부분의 경우 공구파지기는 로봇에 부착되고, 베이스 파지기는 작업대에 부착된다.

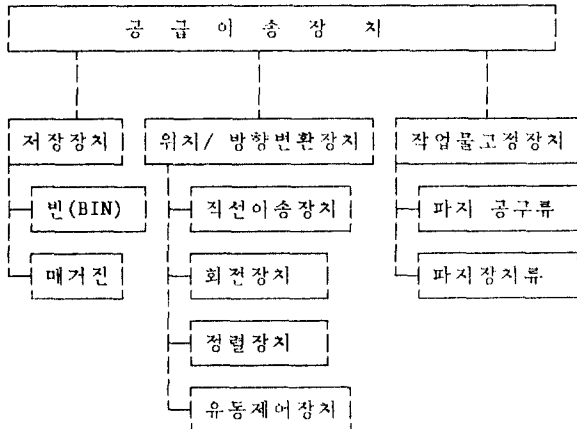


그림 4 공급장치 분류 [1]

6 부품공급 장치기종 선정법칙

부품공급 장치의 기종 선정은 먼저 공급될 대상부품의 분성을 통해서 그 모양의 군별 분류를 하고, 조립공정에서 요구되는 공급 기본기능상의 요구조건을 만족하는 기종을 고르고, 거기서 다시 부품의 크기, 군별 분류에 적합하고, 부품의 동작특성과 정지특성에 맞는 기종이 선정된다. 요약하면

- (1) 조립공정상 요구되는 공급기본기능의 만족,
- (2) 공급대상 부품의 모양에 적합한 기종,
- (3) 공급대상 부품의 크기에 적합한 기종,
- (4) 부품의 정지 및 이송시의 동작특성에 맞는 기종,
- (5) 부품의 물리적 성질에 맞는 기종

등의 기준으로 부품공급장치의 기종을 선정한다.

주요한 부품공급 장치의 공급기본기능을 표 3에, 가장 일반적으로 사용 되는 부품공급 장치의 취급가능 부품의 모양, 크기, 요구되는 동작특성 및 물리적 성질을 표 4에 보인다.

7 전문가 시스템

전문가 시스템은 어떤 특정한 한 분야의 전문가의 지식을 사실과 논리적 법칙으로서 체계적으로 표현하여, 어떠한 중요한 문제를 푸는 데 이 지식들을 응용하는 컴퓨터 프로그램이다. 즉 이 시스템의 사용자를 위해서 유용한 추론을 할 수 있는 것이다. 전문가 시스템의 성능은 전문가, 책, 저널, 및 다른 정보원 등으로 부터 얻어지는 다량의 전문지식 사실, 논리적 규칙 에 전적으로 좌우된다.

표 3 중요 공급장치 기능일람표 [1]

장치 대분류	기종	기본 공급기능
빈(BIN) 류	Tote Bin	빈 기능
	Stillage	빈 기능
	Box Pallet	빈 기능
	Feed Hopper	빈, 이송, 계량기능
매거진 류 (MAGAZINE)	Tube Mag.	이송, 매거진 기능
	Piston feed Magazine	매거진 기능
	Channel Mag.	이송, 매거진 기능
	Ratchet Feed Magazine	이송, 매거진 기능
	Helical Mag.	이송, 매거진 기능
	Pallet Mag.	매거진 기능
	Chain Mag.	이송, 매거진 기능
Drum Mag.	이송, 매거진 기능	
이송장치류 (Transfer Devices)	Industrial Robot	이송, 계량, 분기, 합류, 공급, 정위지, 방향점검, 제거, 반전선회 기능
	Pick-&-Place Dev.	
	Belt Conveyor	이송, 매거진 기능
	Roller Conveyor	이송기능
	Vibratory Conveyor	이송기능
	Walking Beam Conv.	이송기능
	Roller Slide Conv.	이송, 매거진 기능
	Rail Conveyor	이송기능
	Rotary Indexing Table	이송, 정위지, 매거진 기능
	Reel	이송, 계량, 매거진 기능
계량장치류 (Metering Devices)	Pusher	이송, 계량, 분기, 합류, 공급, 제거기능
	Gate	계량, 분기기능
	Diverter	계량, 분기, 합류기능
	Detent	계량기능
	Screw	이송, 계량기능
정렬장치류 (Ordering Devices)	Vibratory Bowl Feeder	빈, 정렬, 이송기능
	Elevating Hopperr Feeder	빈, 정렬, 이송기능
	Magnetic Feeder	빈, 정렬, 이송기능
	Disc Hopper	빈, 정렬, 이송기능
	Rotary Feeder	빈, 정렬, 이송기능
	Rotating Drum Feeder	빈, 정렬, 이송기능
	Centerboard Hopper Feeder	빈, 정렬, 이송기능
	Rotary Hopper	빈, 정렬, 이송기능
	Separator for entangling parts	빈, 정렬, 이송기능

전문가 시스템의 구조는 몇개의 완만히 연결된 다음과 같은 모듈로서 구성된다.

(1) 문제지향적인 대화를 위한 사용자 인터페이스 모듈, (2) 사실, 법칙, 및 발견적 법칙으로 구성되는 지식 베이스 모듈, (3) 법칙적용을 위한 인터프리터, 추론 법칙의 순서를 정하는 시퀀서, 논리의 일관성을 유지하는 일관성강제기 등으로 이루어지는 추론기관

등으로 이루어진다. 이를 블록도로 표시하면 그림 5와 같다.

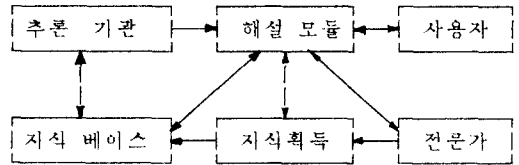


그림 5 전문가 시스템의 일반적 구조.[4]

지식표현기법은 상태공간탐색법(State space search), 절차표현법(Procedural Representation), 논리술어 연산 (Logic and Predicate Calculus), 의미망 (Semantic Network), 유사성 표현법 (Analogical Representation), 의미요소법 (Semantic Primitives), 프레임 기술법 (Frames and Scripts), 및 생산시스템 (Production Systems) 등이 있다.

여기서는 동작과 그 수행조건의 짝으로 된 생산법칙을 이용하는 생산시스템의 구성에 관해서 설명한다.

(1) 데이터 베이스는 문제의 현재의 상태조건을 나타내는 동적 데이터 구조로서 생산법칙이 적용되는 대상이 된다.

(2) 생산법칙 (Production Rules) 즉 룰 베이스는 조건 - 동작 쌍 즉 IF - THEN 법칙을 저장하고 있으며, 데이터 베이스에 법칙이 적용된다. 법칙이 데이터 베이스의 어떤 조건에 성공적으로 적용되면 데이터 베이스의 상태가 수정된다.

(3) 제어시스템 즉 인터프리터는 적용할 법칙을 고르고, 목표조건이 만족되면 추론을 중지한다.

생산 시스템의 장점은 모듈화 되어 확장성이나 취급성이 좋고, 표현구조가 일정하고, 표현이 쉽고 자연스럽다. 단점은 명령수행이 비효율적이고, 제어 흐름의 추적이 어렵다. 많은 개별사실과 독립된 법칙으로 지식이 구성되어 있는 진단이나 상담용 전문가 시스템에 적합하다.

8 부품공급 장치선정 전문가 시스템

부품공급 장치기종 선정 전문가 시스템은 다음과 같이 구성된다.

(1) 부품의 모양특성, 크기특성, 동작특성, 물리적 특성과 그에 적합한 부품공급장치 기종을 생산법칙으로 표현하여 룰베이스 (Rule Base) 에 저장한다.(표 4).

(2) 부품공급 장치가 갖고 있는 기본 공급기능을 생산법칙으로 표현 하여 룰 베이스에 저장한다.(표 3)

(3) 공급대상 부품의 모양 및 크기, 동작특성, 물리적 특성 및 조립공정상 요구되는 기본공급 기능을 데이터 베이스로 표시하면, 전문가 시스템은 지식 베이스 즉 법칙을 적용하여 모든 주어진 조건을

