

자동 부품 정렬기 응용계획과 전용 DB 설계

국금환*, 박용택**

Planning of Part Feeder and Design of a Data Base for Part Feeder Planning System

Kum-Hoan Kuk*, Yong-Taek Park**

ABSTRACT

The planning of part feeder and other manufacturing automation equipments is almost always underestimated. Planning ahead for those crucial pitfalls can permit steps to take to minimize their impacts, especially if the problems can be discovered in the planning phase, not on the shop floor. Planning process is an engineering process, namely a series of trade-offs. The effective trade-offs in the shortest amount of time can be possible with the help of a computer-aided engineering (CAE) technique. The main parts of CAE for part feeder are database system of fabricated workpiece parts, part feeders, part feeder components. In this study, a planning process of part feeder is presented. Especially, a systematic analysis of workpiece parts and part feeders is performed for the design of databases of CAE system.

Key Words : Part Feeder(자동 정렬기), Part Feeder Planning(자동 정렬기 응용계획), Computer-Aided Engineering(CAE), Database(DB)

1. 서론

최근 경기 침체로 공장 자동화 투자가 둔화되었지만, 지속적 인건비 상승 압박으로 인하여 앞으로 공장 자동화는 꾸준히 추진될 수밖에 없다. 특히 생산자동화의 성공은 부품(workpiece) 공급 자동화 달성 없이 기대할 수 없고 자동화 시스템의 취약요소로서 부품 자동 정렬기의 작업 신뢰성과 유연성 요구는 매우 큼에도 불구하고 부품 자동 정렬기에 대한 연구와 관심은 로봇에 비하여 상대적으로 낮았다. 그 이유는 첫째 부품 자동 정렬기 설계 기술이 체계적 이론보다는 많은 경험과

실제 제작의 시행착오에 의존하는 부분이 크기 때문이다. 둘째로 성공적 부품 정렬기 설계는 공급할 부품의 여러 기하학적 물리적 특성과 해당 부품의 전체 생산 공정 속에서 부품 정렬 전 후 생산 공정에 대한 충분한 이해가 요구되기 때문이다. 끝으로 부품 정렬기를 설계하기 위해서는 메카트로닉스 기술뿐만 아니라 생산기술, 자동화 기술 등 여러 분야의 학제간 기술에 대한 이론적 지식과 실제 현장 경험을 요구하기 때문이다. 이러한 이유로 체계적 자동 부품 정렬기 자체에 대한 연구는 별로 없었고 단지 필요시 부품 정렬기 제작 전문 중소기업에 의뢰하여 납품 받는 방법으

... 2001년 7월 12일 접수

* 경상대학교 제어계측공학과, 생산기술연구소 연구원

** 경상대학교 대학원 제어계측공학과

로 자동화를 추진하고 있다. 이러한 부품 정렬기 제작 전문업체의 경우도 자체 설계 및 해석 능력이 없고 단순 모방 제작을 해오고 있다.

관련 기존 연구는 주로 주어진 특정 형상의 부품에 대한 수동형 혹은 능동형 정렬기 자체에 집중되었다.^(1,2,3,4) 부품 자동 정렬기의 선정과 설계는 로봇용용 계획과 유사하게 보다 체계적인 접근이 요구된다.⁽⁵⁾ 정렬할 부품을 분석하고, 분석된 부품들에 적합한 정렬기를 선정하거나 설계하는 작업은 컴퓨터를 활용함으로써 보다 효율적으로 수행할 수 있다. 자동정렬기 응용 계획용 CAE 시스템 구현을 위해서는 정렬할 부품과 정렬기 자체의 데이터 베이스 구축이 요구되며, 이를 위하여 보다 체계적인 부품과 정렬기의 분석과 분류가 요구된다.^(6,7) 본 논문에서는 부품 자동 정렬기 응용계획 절차를 제안하고, 이러한 응용계획절차에 컴퓨터를 응용(CAE) 하기 위하여 부품과 정렬기에 대한 데이터 베이스 설계 내용을 제안하고자 한다.

2. 부품 자동 정렬기의 분석

부품 자동 정렬기의 과정은 정렬되지 않은 상태로 부품 저장기에 운반된 부품을 정렬하여 일정 수량을, 정해진 위치와 자세로, 일정 시각에 후속되는 가공 혹은 조립 작업을 위하여 준비하는 것이다. 이러한 부품 자동 정렬기는 통상 부품 저장 요소, 기계적 부품 분리와 정렬 요소, 부품 고정 요소, 부품 운반요소로 구성된 기계적 부분 시스템과 제어기, 구동기, 센서로 이루어진 전기적 부분 시스템으로 구성된다. 기존 정렬기를 정렬 원리와 정렬 기능에 의하여 분류하면 Table 1과 같다. 선택 원리는 목표 위치와 자세를 가진 부품만 부품들의 흐름으로부터 선택되고 나머지 부품들은 부품의 원 흐름으로 되돌아감을 의미한다. 그리고 수동 정렬기는 정렬기를 구성하는 어느 요소도 능동적으로 움직일 수 없는 정렬기이다.

기존 부품 정렬기는 또한 전용 부품 정렬기와 유연 부품 정렬기로 나눌 수 있다.^(8,9) 현재 적용되고 있는 대부분의 정렬기는 Table 2와 같은 고정형 전용 부품 정렬기로서 프로그래밍이 불가능하고 작업 변경에 큰비용이 요구되는 기계식 수동 정렬기이다. 로봇 자체의 높은 유연성에도 불구하고 그리고, 정렬기, 부품 반송요소의 유연성 결여는 큰 작

업 변경비용과 사이클 타임 증가의 주원인이 된다. 유연 부품 정렬기가 필요한 이유와 유연 부품 정렬기에 대한 요구 사양은 다음 Table 3과 같다.

Table 1 Classification of part feeder by its function

정렬 원리 정렬기의 기능	선택 원리	강제 원리
수동 정렬기	부품 자세 인식과 동시에 부품의 분할	부품 자세 인식과 동시에 부품자세 설정
능동 정렬기	부품 자세 인식	부품 위치/자세인식
	신호 변환 부품의 분할	신호 변환 부품의 위치/자세 설정

Table 2 Typical fixed part feeder

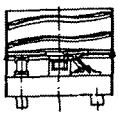
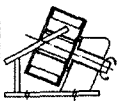
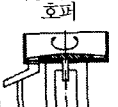



정렬기	대응 부품 동작 형태	부품 최대 치수	부품 최대 질량	부품 : 정렬 동작	부품의 적 특성
진동 불협 과더 	뒤엎기, 기울기, 회전, 등 의 다양한 형태	100mm	2kg	부품은 끼워져서 상위에서 떨어지지 않는다	표면 손상 되지 않아야 한다
드럼형 호퍼 	관형, 원통형, 원뿔형, 원기둥형, 원뿔형, 원기둥형	250mm	8kg	부품은 끼워져서 상위에서 떨어지지 않는다	표면 손상 되지 않아야 한다
회전 접시형 호퍼 	관형, 원통형, 원기둥형, 구형	350mm	8kg	부품은 회전 자세를 확실하게 확인해야 한다	표면 손상 되지 않아야 한다
회전 두레박형 호퍼 	관형, 내빈형, 내빈형	250mm	6kg	부품은 떨어지지 않아야 한다	표면 손상 되지 않아야 한다
벨트형 과더 	관형, 원통형, 원뿔형, 원기둥형, 원기둥형, 원기둥형	400mm	10kg	부품은 떨어지지 않아야 한다	표면 손상 되지 않아야 한다
병진 두레박형 호퍼 	관형, 원통형, 원기둥형	100mm	3kg	부품은 떨어지지 않아야 한다	표면 손상 되지 않아야 한다

Table 3 Necessity and requirement of flexible part feeder

유연 부품 정렬기의 필요성	유연 부품 정렬기의 요구 사양
- 제품 모델의 다양성 증가 - 제품의 수명 감소 - 제품 로트 크기의 감소와 심한 변동 - 생산 장비의 높은 가동율과 재활용 - 작업 준비 시간의 감소 - 재고량의 감소	- 불규칙하게 저장된 부품을 정렬시켜 일정한 양, 위치 및 자세로 공급 가능 - 가능한 많은 종류의 부품 - 정렬기 구성 요소들의 상이한 부품에의 적응성 - 정렬기 구성 요소들의 단순하고 신속한 조절과 교환 가능 - 작업 준비 시간 - 짧은 사이클 시간 - 높은 성능 신뢰성 - 작은 소요 비용

3. 부품 자동 정렬기의 응용 계획을 위한 부품의 분석

자동 정렬기를 계획하고 개발할 때 자동 정렬기에 영향을 주는 항목을 대별하면, 첫째 정렬 과제(정렬 상태, 정렬 단계와 정렬 원리), 둘째 정렬할 부품의 특징(부품특성, 부품동작), 셋째 생산흐름(물류흐름, 생산 제어와 통제, 가공공정, 생산성)과 같다. 다양한 부품들로부터 자동 정렬을 위한 부품의 특징을 끌어내기 위한 부품 분석을 수행한 결과는 Table 4, Table 5와 같다. 즉 자동 정렬을 위한 부품의 모든 특징은 크게 부품특성 정보와 부품동작 정보로 나뉘어진다.

Table 4 Information of workpiece characteristic

부품의 기하학적 정보	형상 특징	물리적 특성
- 주 형상 - 치수 - 차원 - 치수 비율 - 대칭성 - 크기등급 - 공차 - 무게중심 위치	- 드릴 구멍 - 가장자리 처리, 끝처리 - 마디, 띠 - 절단면 - 갈라진 틈 - 홈 - 면취 - 후크 - 멈춤쇠 - 기타 부품 고유 형상 특징	- 재료 - 표면상태 - 취성 - 강성 - 민감도 - 질량 - 색 - 온도상태 - 가공상태

이러한 부품분석은 거시적 부품 분석과 미시적 부품분석 두 단계로 이루어 질 수 있다.

Table 5 Information of workpiece movement

동작 형태	정지 동작	정렬 동작
- 뒤엎기는 형 부품 (피스톤 링, 나사 용 스프링) 부품 - 얇은 판형 부품 - 원통형 부품 - 원뿔형 부품 - 피라미드형 부품 - 버섯형 부품 - 내부가 빈 부품 - 조립형 부품 - 불규칙형 부품 - 구상형 부품 - 장방형 부품	- 세움 안정도: 정되게 부품이 위치할 수 있는 표면의 개수 - 안정된 방향: 부품이 가장 놓이는 방향 - 우선 정렬 방향: 부품이 자유로이 우선적으로 지는 방향 - 부품들 상호 수 있는 겹칠 수 있는 가능성	- 부품이 미끄러질 수 있는 구성 요소가 없는 방향 - 미끄러지거나 부품의 유지는 수 있는 방향 - 수 있는 가능성

3.1 거시적 부품분석

거시적 부품 분석은 부품들에게 특정 동작 형태를 신속히 할당할 수 있도록 한다. 이 단계에서 Table 6 과 같이 각 부품에 기하학적 정보의 “주형상”을 기초로 총 15종의 “이상적 외형”이 할당되며, 각 “이상적 외형”들에게 “부품동작 형태”가 다시 할당된다. 거시적 부품분석 작업의 흐름은 Fig. 1과

Table 6 Ideal external form of workpiece

이상적 외형	대칭성	소속 동작 형태 (Table 5)
블록형상: 정·직 육면체, 판형상	대칭면 보유	블록형, 판형
L 형상	"	불규칙형
T 형상: 단순 T 형상, 이중 T 형상	"	불규칙형
C 형상: C 형상, U 형상, ∩형상	"	불규칙형
O 형상	"	내부가 빈형
Z 형상	"	불규칙형
십자형상: + 형상, × 형상	"	불규칙형
V 형상	"	불규칙형
Y 형상	"	불규칙형
프리즘 형상	"	블록형
피라미드 형상: 온전한·잘린 피라미드	"	피라미드형
실린더 형상: 내부가 찬 원통·판형, 내부가 빈 원통·링	회전축 보유	원통형, 판형, 내부가 빈형
버섯 형상	"	버섯형
원뿔형 원뿔	온전한·잘린	원뿔형
구 형상: 온·반 구, 내부가 빈 반구	"	구형, 내부가 빈형

같다. 그림에서 보이듯이 대부분의 경우 이 단계에서 부품의 “동작 형태”를 기초로 시스템 해의 거시적 선택이 가능하다. 왜냐하면 모든 개별 정렬원리는 특정 동작형태에만 적용이 가능하기 때문이다. 지금까지 이러한 거시적 자동정렬 시스템 해의 선정은 주로 경험에 의존하여 수행해 오고 있다. 미래에 이러한 작업을 보다 객관적 정보를 기초로 합리적으로 수행 할 수 있도록 이러한 부품동작형태 정보 이상의 보다 상세한 부품 정보가 요구되기에 다음절의 미시적 부품분석 작업이 요구된다.

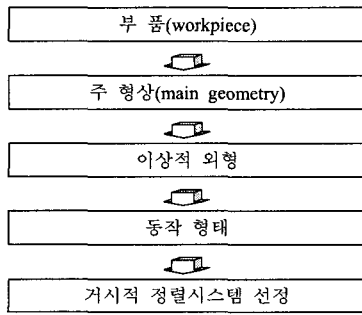


Fig. 1 Macroscopic analysis of workpiece

3.2 미시적 부품분석

미시적 부품 분석의 목적은 그 분석된 정보를 활용하여 기술적으로 가능한 자동 정렬 시스템들을, 즉 시스템 요소, 부분 시스템과 전체시스템을 결정하는 것으로서, 미시적 부품 분석을 통하여 이를 위한 모든 구체적 관련 부품정보가 얻어져야한다. Fig. 2 는 미시적 부품 분석의 흐름과 중요한

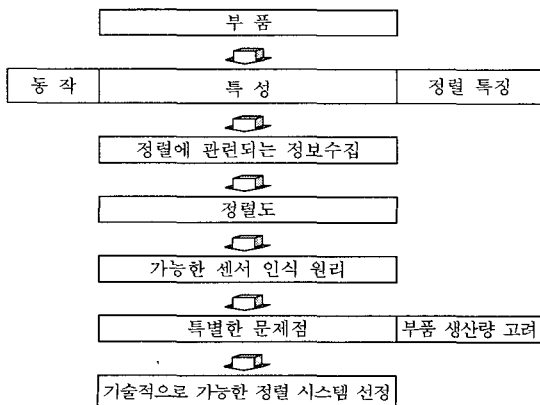


Fig. 2 Microscopic analysis of workpiece

정보들을 보이고 있다. 미시적 부품분석 작업은 Table 7과 같은 부품분석 양식을 활용하여 수행하고, 이 때 부품특성 정보와 부품동작 정보뿐만 아니라 유연 정렬장치의 계획에 필요한 정렬 특징, 센서 인식 원리, 정렬도, 총 부품 생산량, 부품의 도면(사진), 정렬에 직결되는 문제점 정보를 획득한다.⁽¹⁰⁾

Table 7 Workpiece analysis form

부품 분석 양식		부품명: 릴레이 베이스 플레이트		
부품 특성		부품 동작		
부품의 기하학적 정보	주 형상 - 치수	육면체 15/20/1.7 (mm)	동작형태 정지동작 - 세움 안정도: 안정되게 부품이 세워질 수 있는 부품 표면의 개수	판형
	- 차원 - 치수 비율 - 대칭성 - 크기 등급 - 공차 - 무게중심 위치	3 차원 9:12:1 1 대칭면 중양	- 안정된 방향: 부품이 가장 안정된 방향에 놓이는 방향 - 우선 정렬 방향: 부품이 자유 낙하시 우선적으로 가지는 방향	2 1
형상특징	물리적 특성	면상 돌기, 소형 홀	- 부품을 상호 쌓을 수 있는 가능성 - 부품을 걸 수 있는 가능성	2 약간 없음
- 재료 - 표면상태 - 취성 - 강성도 - 밀감도 - 질량 - 색 - 온도 - 가공상태	플라스틱 매끄러움 단단함 검정 사출성형 부품	정렬동작 - 부품이 미끄러질 수 있는 가능성 - 부품이 구를 수 있는 가능성 - 미끄러지거나 구를 때 부품의 향이 유지될 수 있는 가능성		양호 불가능 양호
		정렬특징: 넓은 면 모서리의 들기 기타(적절한 센서인식원리 등)		
연 생산량: 1 점점 릴레이: 300 만개	정렬기 정렬 전 정렬도: 0.0 (위치와 자세 모두 미정) 정렬기 정렬 후 정렬도: 3.3 (위치와 자세 모두 확정)		문제점: 비틀어지거나 버(burr)가 있는 불량품 발생	
부품도면 사진				

3.3 적용 사례

부품 자동 정렬기 선정은 통상 기존 수동 조립 라인의 자동화 작업에 포함되어 수행되기에, 먼저

기존 수동 조립라인의 자동화 작업에 관하여 기술하고자 한다. 조립 대상 릴레이 모델은 단 접점 릴레이로서 거시적으로 Fig. 3의 공정을 따라 생산된다. 릴레이의 일 생산량은 12,000~15,000 개이고 직접 생산 인원은 25명이다.

Fig. 3의 공정은 총 26 개의 세부 공정으로 나뉘어지며, 이들 수동 공정을 분석하여 작업 속도도 낮고 작업조건도 열악한 다음의 8개 공정을 자동화 대상 공정으로 선정하였다.

- 공정 1 : 부분조립품을 cap에 삽입한 후 매거진상에 정렬하여 작업장에 반송
- 공정 2 : 단자위치 조정
- 공정 3 : 베이스 플레이트 삽입
- 공정 4 : 베이스 플레이트 누름

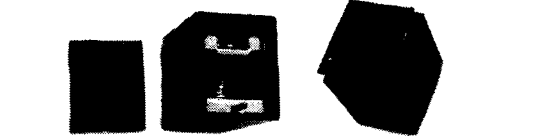
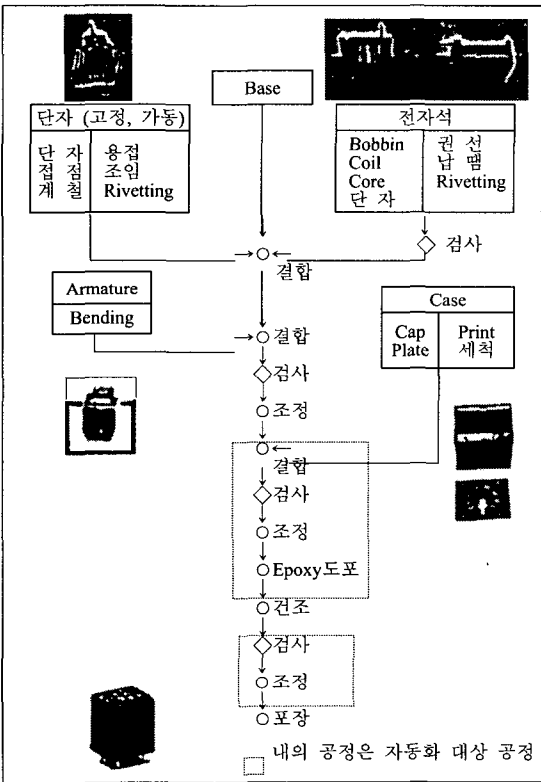


Fig. 3 Relay assembly process and relay external form

- 공정 5 : 릴레이 감동·복귀·접촉 저항 시험
- 공정 6 : 내전압 시험
- 공정 7 : 불량품 제거
- 공정 8 : 에폭시 도포

기존 수동 공정과의 인터페이스 및 장비 설치 공간의 제약을 고려하여 선정된 자동화 대상공정용 조립 및 검사 자동화 시스템의 개발 사양(인원 절감 6명, 생산성 향상 40% (사이클 타임: 2.0 sec -> 1.2 sec), Line Type System)을 만족하도록 개발한 자동화 시스템은 Fig. 4와 같다. Fig. 4에서 상기 수동 공정 2, 3, 4는 자동화 추진을 통하여 하나의 베이스 플레이트 결합 스테이션에 구현되었다.

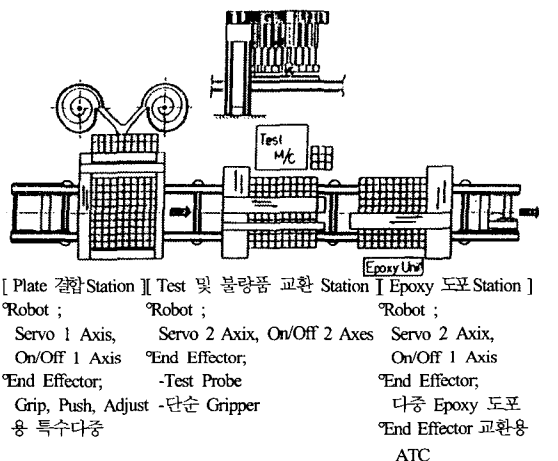


Fig. 4 Automatic assembly system

베이스 플레이트 결합 스테이션에서 베이스 플레이트의 정렬과 공급의 자동화가 요구되기에, Fig. 2의 미시적 부품 분석에 따른 베이스 플레이트의 미시적 분석 결과는 Table 7과 같다. Fig. 4의 조립 자동화 시스템은 대상 릴레이 전용의 시스템이기에 유연 정렬기를 검토할 필요가 없으므로, Table 2의 고정형 정렬기 중 Table 7의 부품분석 결과(특히, 동작형태·정지동작·반송동작)와 구입용이성, 소요 비용을 고려하여 진동 불형 피더로 선정하였다. 하나의 불형 피더로 동시에 10개의 베이스 플레이트를 병렬로 안정되게 공급하는 것은 기술적으로 어렵기에, 불형 피더 3개를 동시에 사용하여 각기 3개, 4개, 3개의 베이스 플레이트를 동시에 병렬로 공급하도록 설계하였다. 또한, Fig. 5와 같이 불형 피더 출구에는 각기 별도의 선형 피더를 직결시켜서 10개의 베이스 플레이트가 안정되게 병렬로

10개씩 동시에 공급되도록 하였으며, 그 중 하나의 불형 피더에 대한 정렬 실험 결과는 Fig. 5의 우측 테이블과 같다. 본 적용 사례의 경우, 주어진 베이스 플레이트에 적합한 정렬기 선정의 어려움보다 사출성형 제품이 갖는 불균일성(버, 비틀림 등)이 정렬기 정렬작업 안정성에 가장 큰 장애 요소이었기에 미시적 부품 분석시 이러한 정렬작업 자동화 작업의 장애 요인들에 대한 정보가 충분히 분석되어야 한다.

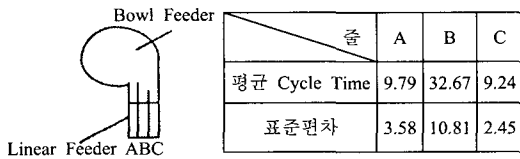


Fig. 5 Throughput of bowl feeder

4. 자동 정렬기 응용계획 지원 CAE 시스템 구축용 데이터 베이스 설계

4.1 새로운 부품 정렬기 계획 모델

부품 정렬 자동화 분야에 컴퓨터를 응용함으로써 효율적으로 수행될 수 있는 과제들은 Table 8과 같으며, Fig. 6은 자동 정렬기 응용계획 지원용 CAE 시스템 구현 절차를 보이고 있다. Fig. 7은 CAE 시스템 지원에 의한 유연 자동 정렬 시스템의 상세 계획 작업절차를 보인다. Fig. 7의 최적화는 정렬기 동작 시뮬레이션을 통하여 정렬 시스템 구성 요소들이 상호 성능상 밸런스를 이루도록 수정하는 작업을 의미한다.

Fig. 7의 경제성 평가에서는 설계한 자동 정렬 Table 8 Task of CAE system for part feeder planning

부품 정렬 시스템 계획 분야의 CAE 시스템 지원 대상 과제
- 자동 정렬기 선정을 위한 부품의 분석
- 자동 정렬을 위한 부품설계 및 설계변경
- 자동 정렬기의 선정
- 정렬 시스템 요소, 정렬 부 시스템의 조합
- 새로운 정렬 시스템의 설계
- 부품 정렬과정 중 정렬기 내 부품 움직임의 시뮬레이션
- 정렬 시스템의 경제성과 유용성 평가
- 전체 자동화 시스템, 정렬 부 시스템과 자동 정렬기 응용 사례의 데이터 베이스

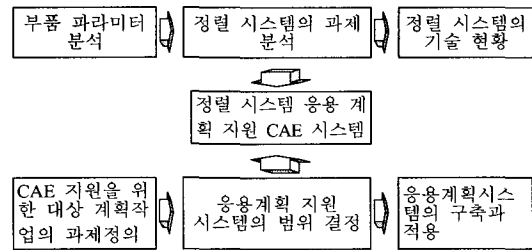


Fig. 6 Development process of CAE system for part feeder planning

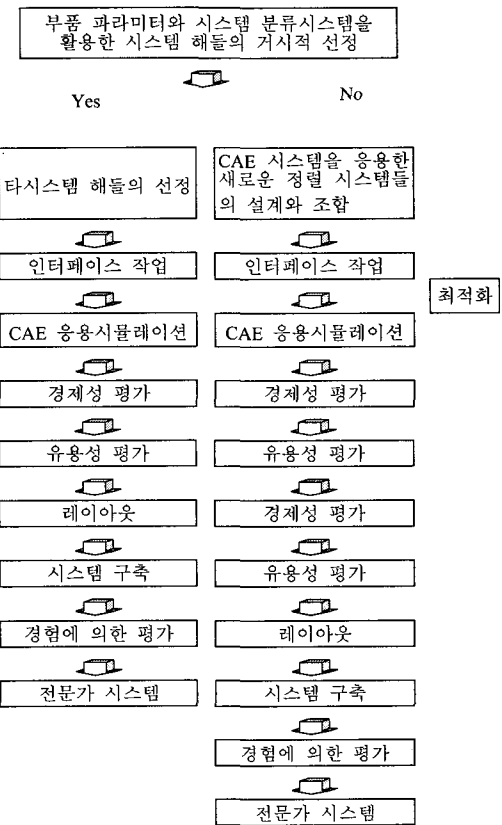


Fig. 7 Detail planning of flexible part feeder

시스템들과 기존 수동 정렬 작업장에 대하여, 먼저 작업장들의 생산성이 같으면 제품의 개당 생산비용을 계산하고 작업장들의 생산성이 다르면 작업장 비용을 계산한다. 다음에 이러한 비용을 이용하여 연간 비용절감, 투자에 대한 연이율, 총 투자 회수 기간들을 계산하여 경제성 평가 작업이 완료된다. 유용성 평가는 경제성 평가만으로 비교할 수 없는

유지 보수의 용이성, 작업의 질, 유연성(생산성, 신제품), 작업 안정성, 작업장소요면적 등에 개별적인 가중치를 주고, 경제성 평가에 이러한 항목을 다시 포함시켜 설계한 자동 정렬 시스템을 상호 비교 평가하는 작업이다.

4.2 부품 정렬 시스템의 데이터 베이스 구축

위 Fig. 7의 계획단계에서 새로운 정렬 시스템의 설계, 계산과 선정 및 동작 시뮬레이션은 저장된 충분한 기존 데이터가 존재할 때 가능하다. 그래서 이를 위한 데이터 베이스 시스템의 구축은 필수적이다. Fig. 8은 인터페이스 프로세서를 통한 데이터 베이스 시스템, CAD S/W와 사용자간의 상호 관계를 보이고 있다.

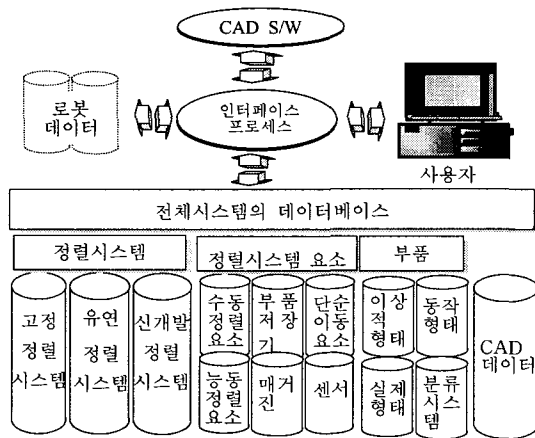


Fig. 8 Interface of databases

4.2.1 데이터 베이스 시스템들의 설계

각 정렬 시스템은 상이한 특성을 가지고 있으며 정렬할 특정 부품에 적합하다. 정렬기 특징은 정렬할 부품의 특성과 직결되는 중요한 특징과 중요도가 낮은 특징으로 분할된다. 자동정렬기와 부품들을 그래픽으로 보기 위하여 대응하는 CAD 데이터가 저장되어야 한다. 그리고 특정 특징과 특성들의 결합에 의하여 정렬기 전체 시스템 혹은 부분 시스템으로부터 원하는 정렬기를 검색할 수 있어야 한다.

각 특징은 그것이 문자인지, 숫자인지, 혹은 고정된 길이인지 가변 길이인지가 정해져야 한다. 이러한 구별은 다음의 약어로 나타낸다: T: 문자; N: 숫자; B: 이진수; v: 가변 길이; f: 고정 길이. 이러

한 약어 이외에 각 특징 정보를 나타내는데 요구되는 허용메모리 크기를 바이트(B)로 주어진다. 다음 절에서 각 테이블 형태로 주어진 특징들은 첫째 열이 특징을, 둘째 열이 정보의 종류를, 셋째 열이 정보의 크기를, 끝 열이 정보접근 빈도를 나타낸다.

4.2.1.1 정렬 시스템의 데이터 베이스

정렬기 계획자는 하나의 주어진 정렬 과제에 적합한 최소 비용으로 개조할 수 있는 적절한 기준 정렬시스템이 존재하는지 먼저 조사해야한다. 이를 위하여 기존의 모든 고정 정렬 시스템과 유연 정렬 시스템은 각 시스템의 대한 주요 특징과 함께 그래픽 정보가 저장되어야 한다. 기존 고정 정렬시스템의 데이터 베이스에 저장된 특징은 Table 9와 같다. Table 9에서 제조원과 공급원에 대한 회사명, 주소, 담당자, 전화번호, 팩스 등의 상세 정보를 생략하였

Table 9 Characteristic of part feeder

특징	정보 특성	메모리 크기	정보 접근빈도
○ 타입	T, f	48 B	
○ 종류	T, f	64 B	
○ 제조원	T, f	-	
○ 공급원	T, f	-	
○ 적용 영역	T, v	128 B	
○ 기능	T, f	32 B	
○ 기능 서술	T, v	128 B	
○ 출력(성능)	N, f	8 B	
○ 정렬 특성			
- 동작 형태	T, f	32 B	
- 주형상	T, f	32 B	
- 적용 부품의 최소/최대 치수	N, f	12 B	
- 적용 부품의 최소/최대 질량	N, f	8 B	
- 적용 부품의 형상 특성	T, f	16 B	
- 정지 동작	T, f	16 B	
- 정렬 동작	T, f	16 B	
- 물리적 특성	T, v	16 B	
○ 저장능력	N, f	8 B	
○ 부품운반능력	N, f	8 B	
○ 부품정렬이송속도	N, f	8 B	
○ 기능조정가능성			
- 개조 가능한 곳	T, v	32 B	
- 좋다/나쁘다	T, f	8 B	
○ 부품이동통로			
- 개수	N, f	2 B	
- 유연성	T, f	10 B	
- 방향	T, f	12 B	
- 치수 (길이, 폭, 높이 모두)	N, f	8 B	
○ 동력			
- 종류	T, f	12 B	
- 입력전원	N, f	8 B	
○ 제어	T, f	8 B	
○ 소요 설치 면적	N, f	12 B	
○ 높이	N, f	8 B	
○ 질량	N, f	8 B	
○ 부속품	T, v	64 B	
○ 성능 평가	T, v	64 B	
○ 가격	N, f	8 B	
○ 그래픽 데이터	T, f	12 B	

다. 유연 정렬시스템은 고정정렬시스템의 특징에 추가로 인식시스템과 유연성의 두 가지 특징이 포함된다. 또한 기존 정렬시스템의 데이터 베이스와는 별도로 정렬기 계획자가 새롭게 고안한 정렬 시스템에 대한 데이터 베이스가 만들어져야 한다. 이때 정렬기 계획자가 새롭게 고안한 정렬 시스템은 기존 정렬 시스템을 적절히 수정하거나 기존 정렬 시스템 요소들을 적절히 조합하여 새롭게 만든 시스템이다.

4.2.1.2 정렬 시스템 요소의 데이터 베이스

정렬시스템 요소는 크계, 정렬요소, 부품 인식 요소, 부품 저장요소, 부품 이송요소 등으로 나뉘어지고, 정렬요소는 다시 능동 정렬요소, 수동 정렬요소와 부품 운반로로 나뉘어진다. 이러한 요소들에 대한 특징은 Table 9와 유사하게 구체적으로 정해지며, 능동 정렬 요소와 수동 정렬 요소 모두 각 요소에 가장 적합한 부품 동작 형태와 부품의 이상적 외형, 타 요소와의 교환 가능성, 다양한 부품 형태에의 적응성 등이 핵심 정보로 포함된다. 또한 호퍼, 매거진과 같은 저장요소의 경우도 특징적 부품이송 기능과 가장 적합한 부품 동작 형태, 부품 질량, 적합한 부품 크기 범위 등이 포함된다. 이러한 정보에 의하여 Fig. 1, Fig. 2와 같이 기술적으로 가능한 정렬시스템 요소나 정렬 시스템을 선정할 수 있다.

4.2.1.3 부품의 데이터 베이스

모든 부품들은 Table 5의 다양한 동작 형태에 의하여 나뉘어진다. 그리고 비슷한 동작형태를 가진 부품은 중력의 영향아래에서 혹은 정렬 작업 도중에 유사한 동작을 한다. 각 부품들은 Table 4의 부품 특성정보와 Table 5의 부품 동작정보가 Table 10과 같이 데이터 베이스에 저장된다. 실제 부품들은 이러한 정보이외에 제조원, 공급원, 부품정렬에 적용된 정렬기 형태 등이 추가로 저장된다.

4.2.1.4 데이터 베이스 시스템 객체들 사이의 관계

정렬시스템, 정렬시스템 요소, 정렬 대상 부품은 각기 하나의 객체로서 상기의 특징에 의하여 정의되지만, 주어진 하나의 부품에 적합한 부품 정렬기를 선정하거나 설계하기 위해서는 이들 객체들 사이의 관계에 대한 정보도 데이터 베이스 구축시

요구된다. 데이터 베이스 시스템 객체들 사이의 관계의 일부를 다음 Table 11과 같이

Table 10 Characteristic of workpiece

특징	정보 특성	메모리 크기	정보접근 빈도
○ 부품 명칭과 설명	T, f	48 B	
○ 기하학적 부품정보			
- 차원	N, f	8 B	
- 치수	N, f	24 B	
- 크기 등급	N, f	3 B	
- 주 형상	T, v	16 B	
- 무게중심 위치	T, f	12 B	
- 치수비율	T, f	12 B	
- 대칭성	T, f	32 B	
- 공차	N, f	8 B	
○ 형상 특징			
Table 4의 각 항목에 대하여(입력: yes/no)	T, f	12 B	
○ 물리적 특성			
Table 4의 각 항목 중 질량과 온도이외의 항목	T, f (N, f)		
○ 동작 형태			
Table 5의 각 항목에 대하여(입력: yes/no)	T, f	12 B	
○ 정지 동작	T, f		
Table 5의 다섯 항목	(N, f)		
○ 정렬 동작	T, f	8 B	
Table 5의 세 항목	T, v	64 B	
○ 보충 내용	T, v	64 B	
○ 정렬 특징	T, v		

Table 11 Entity-Relationship Model

(1: 단일관계; c: 조건 관계; m: 복수 관계; mc: 복수조건관계)

객체 집합 1	객체 집합 2	관계의 타입
생산자	공급자	1 - m
	정렬시스템	1 - mc
	정렬시스템요소	1 - mc
	부품(workpiece)	1 - mc
정렬시스템	생산자	1 - 1
	공급자	1 - m
	부품	1 - mc
	인식시스템	1 - 1
	유연성	1 - 1
	제어	1 - m
	동력	1 - 1
	정렬안정자세	1 - mc
정렬동작	1 - mc	
정렬시스템 요소	물리적 특성	1 - 1
	생산자	1 - 1
	공급자	1 - m
	부품	1 - mc
	정렬안정자세	1 - mc
부품	정렬동작	1 - mc
	정렬시스템	1 - mc
	정렬시스템요소	1 - mc
	물리적 특성	1 - 1
정렬안정자세	요소크기	1 - c
	생산자	1 - 1
부품	정렬안정자세	1 - mc
	정렬동작	1 - mc
	정렬시스템	1 - mc
	정렬시스템요소	1 - mc
정렬시스템요소	정렬시스템	1 - 1
	정렬시스템요소	1 - 1
부품	부품	1 - 1

Entity-Relationship Model 로 나타낼 수 있다.

4.2.1.5 데이터 베이스 모델의 평가

상기 객체들을 저장할 데이터 베이스 모델로 4 가지 모델에 대하여 주요 특성을 다음 Table 12 와 같이 상호 평가할 수 있다.

Table 12 Comparison of database model

특성	모델	선형 리스트	계층구조 모델	네트워크 모델	관계 모델
유연성		중간	중간	중간	중음
접근소요시간		나쁨	중간	중음	중음
사용용이성		중간	중간	중음	중음
소요메모리		나쁨	중간	중음	중음

5. 결론

본 논문을 통하여 부품 자동 정렬기 선정과 설계를 위한 하나의 응용계획시스템을 제안하였다. 제안한 정렬기 응용계획 절차를 릴레이(relay) 조립 자동화를 위한 정렬기 개발에 적용하였다. 물론 이러한 제안된 절차 자체가 창조적 시스템 해를 보장해 주지 않는다. 그러나 제안한 절차는 가급적 정렬기 도입시 시행착오 과정을 최소화하고 보다 체계적으로 자동화 엔지니어링 작업을 할 수 있게 해준다. 특히 정렬기 응용계획작업은 풍부한 상용 정렬기 정보와 특정 부품들에 대한 다양한 기존 정렬기 적용 사례 정보가 요구되기에 컴퓨터 응용에 의한 응용계획 작업의 효율화가 크게 요구되는 작업이다. 이를 위해 정렬기 응용계획 지원용 CAE 시스템 개발을 위하여 자동 정렬기와 정렬할 부품에 대한 특징분석을 수행하였다. 이러한 특징들은 그대로 개별 요소의 데이터 베이스 개발시 직접 활용할 수 있다. 최근 가상 현실과 인공지능 기술 등 자동화 시스템 엔지니어링을 위한 신기술들이 계속 소개되고 있다. 본 논문의 후속연구로서 미래의 연구는 주어진 부품에 대한 여러 자동 정렬기들의 동적 거동을 3차원으로 시뮬레이션 할 수 있는 가상 현실 프로그램을 개발하는 것이다.

참고문헌

1. S. Rusaw, K. Gupta, S. Payandeh, "Part Orienting with a Force/Torque Sensor," Proceedings of the 1999 IEEE International Conference on Robotics & Automation, pp. 2545-2550, 1999.

2. 이형근, 이문규, "머신비전 기반의 엔진마운트 부품 자동공급시스템," 한국정밀공학회지, 제18권, 제5호, pp. 177-185, 2001.

3. J. Wiegley, K. Goldberg, M. Peshkin, M. Brokowski, "A Complete Algorithm for Designing Passive Fences to Orient Parts," Proceedings of the 1996 IEEE International Conference on Robotics & Automation, pp. 1133-1139, 1996.

4. R.P. Berretty, K. Goldberg, L. Cheung, M.K. Overmars, G. Smith, A.F. van der Stappen, "Trap Design for Vibratory Bowl Feeders," Proceedings of the 1999 IEEE International Conference on Robotics & Automation, pp. 2558-2563, 1999.

5. 국금환, 박준모, "로봇 셀 설계절차와 작업 지원 도구," 대한기계학회논문집 A권, 제24권, 제6호, pp. 1379-1389, 2000,

6. A.D. Christiansen, A.D. Edwards, C.A. Coello Coello, "Automated Design of Part Feeders using a Genetics Algorithm," Proceedings of the 1996 IEEE International Conference on Robotics & Automation, pp. 846-851, 1996.

7. D.R. Berkowitz, J. Canny, "Designing Parts Feeders Using Dynamic Simulation," Proceedings of the 1996 IEEE International Conference on Robotics & Automation, pp. 1127-1132, 1996.

8. G.C. Causey, R.D. Quinn, "Testing and Analysis of a Flexible Feeding System," Proceedings of the 1999 IEEE International Conference on Robotics & Automation, pp. 2564-2571, 1999.

9. W. Meyer, R. Schanz, "Planung flexibler Ordnungssysteme: Grundlagen, Beispiele, Zukunftsaussichten," IFF Stuttgart, 1985.

10. 한국기계연구소, "조립 자동화 시스템 개발(I)," 과학기술처, 1991.