

☒ 응용논문

사례기반 추론방법을 이용한 치공구의 선정 -Fixture Planning Using Case-Based Reasoning-

현 상 필*

Hyun, Sang Pill

이 홍 희*

Lee, Hong Hee

Abstract

The aim of this research is the development of an automated fixture planning system for prismatic parts using the case-based reasoning (CBR). CBR is the problem solving paradigm that uses the similarity between a new problem and old cases to solve the new problem. This research uses CBR for the fixture planning. A case is composed with the information of the part, the components of fixture and the method of fixing for the part. The basic procedure is the retrieval and adaptation for the case, and this research presents the method of retrieval that selects most similar case to the new situation. The retrieval-step is divided into an index matching and an aggregated matching. The adaptation is accomplished by the modification, which transforms the selected case to the solution of the situation of the input part by the specified CBR algorithm. The components of fixture and the method of fixing are determined for a new part by the procedure.

1. 서론

다품종 소량생산이 강조되는 최근의 생산현장의 추세는 생산성의 향상과 더불어 가공품질의 향상 역시 절실히 요구하고 있다. 공작기계의 성능이 점점 발전하고 절삭공구도 다양해지고 있는 현실에 또 하나의 중요한 요소로 부각되고 있는 것이 바로 고정구와 관련된 부분이다. 높은 생산성을 가진 기계라도 공작물을 고정하는데 시간이 많이 소요되거나 고정이 잘못된다면 그 효과가 반감된다. 그러나 실제로 현장에서 사용하는 고정구의 설치계획에 대한 문제는 공정 계획 전반에 대한 연구의 현황에 비추어 볼 때 미미한 수준에 머물러 있는 실정이다.

본 연구는 사례 기반 추론(CBR ; Case-based reasoning) 방법을 이용하여 고정구의 선정과 사용에 관한 사항들을 효과적으로 결정할 수 있는 방안을 제시하고자 한다. 고정구 선정계획에 사례 기반 추론의 개념을 이용하고자함은 과거의 경험을 현재의 문제 해결에 반영하고 이를 학습하도록 하는 과정을 통해 자동화된 치공구 계획 시스템을 수립하기 위한 것이다.[1] 이를 위해 일반적으로 사용되고 있는 범용 고정구를 명시하고 있으며 부품에 대한 정보와 그에 대한 고정구 관련 사항들을 사례로서 제시한다. 광범위하게 고정구의 의미는 작업시 절삭공구의 안내역할을 겸하는 지그(jig)를 포함하기도 하지만 본 논문에서는 공작물을 기계에 확실하게 고정하지만 공구의 안내역할은 하지 않는 협의(狹意)의 고정구를 대상으로 한다.

공정상 고정(정의)의 의미는 공구의 추력과 기타 제반 작업의 결과로 발생하는 공작물의 물리적 이동을 적절한 힘으로 구속하는 것이다. 구체적으로 고정구에 대하여 정의를 내려보면 공작물을 정확하고 빠르게 위치를 결정시키고 적절하게 지지하며, 확실하게 조이고, 기계 테이블에 고정시켜, 제품을 정밀하게 생산하도록 하는 생산용 보조기구이다.[2] 고정구를 사용하는 것은 광범위한 의미로 다음과 같은 목적을 갖는다: 복잡한 부품의 경제적인 생산, 기존 기계의 작업 수행 능력을 증가시킴, 공작물의 요구되는 정밀도를 얻기 위함, 일정 작업을 수행하기 위해 비경제적인 추가 시설의 개발을 하지 않고 최대 공구수명, 보조공구의 이용으로 기존 장비를 최대 이용. 공정계획(process planning)이란 원재료를 설계자의 의도에 부합하는 마지막 완성품으로 전환시키고자 필요한 작업과 그 순서, 그리고 작업에 필요한 세부적 조건과 사항들을 결정하는 활동이다.[3] 고정구 계획은 공정계획상 이전단계에서 생성된 셋업 및 공구 정보 등을 이용하여 공작물과 가공의 상황에 맞는 적절한 고정구의 선택과 사용을 결정하는 단계라고 할 수 있다.

사례 기반 추론(Case-based Reasoning)이란 새로운 문제에 대한 해결책을 세우기 위해 기존에 이미 해결된 문제에 대한 유사성을 이용하는 방법이다. 즉 새로운 문제의 해를 구해야 할 필요가 있을 경우 이것과 유사한 문제(사례; case)를 찾아 그 문제의 해결과정과 해를 새로운 문제의 해결과정과 해로 변형시켜 문제를 해결하는 인공지능적 개념이라고 볼 수 있다. 그리고 해결한 문제상황과 그 해는 새로운 사례로 저장하여 사용할 수 있으므로 전문가의 경험을 추론의 기반으로 축적해나갈 수 있다. 이러한 사례기반추론은 다음과 같은 사항이 고려되어야 한다; 문제의 상황에 대한 표현방법, 유사한 사례를 얻기 위한 사례에 대한 검색 방법, 새로운 문제에 맞도록 선택한 사례를 변형시킬 수 있는 방법.[1][4]

새로운 입력부품에 대한 고정구 계획을 위해 입력정보와 가장 유사한 사례를 사례그룹에서 찾고 선택한 사례를 새로운 고정구 계획을 위해 제시되는 알고리즘에 의해 수정한다. 유사한 사례를 선택하는 과정은 사례의 검색과정에 해당하고 선택한 사례를 새로운 부품에 대한 고정구 계획으로 수정해 가는 과정은 사례의 적응과정이라고 말할 수 있다. 새로운 부품에 대한 적응과정까지 마친 후 얻게 되는 고정구 계획을 저장하여 미래에 비슷한 경우에 사용할 수 있다면 이것을 또 하나의 새로운 사례로서 사례 베이스(case base)에 저장한다.

고정구의 설계에 관한 연구는 최근에는 비교적 다량으로 발표되고 있다. 그러나 고정구 계획에 관련된 연구는 그 필요성은 공정계획의 연구에서 계속적으로 제기되어 왔으나 그 실적은 거의 전무한 실정이다. 본 논문에서는 고정구 계획에 사례기반 추론 방법을 응용하는 개념적 방법론을 논하고자 한다.[5][6][7][8]

2. 사례기반 고정구 계획 시스템

2.1 사례(case)의 표현

일반적으로 사례는 문제에 관한 상황과 문제에 대한 해로 구성되는데 여기서는 부품에 대한 정보와 사용되는 고정구 요소, 그리고 고정 방향으로 이루어진다. 여기서 문제에 관한 상황은 부품에 대한 정보이며 문제의 해는 사용되는 고정구 요소, 공작물의 착좌면(着座面), 그리고 고정 방향이다. 문제의 상황(Situation), 즉, 문제에 대한 정의에는 부품에 대한 정보를 담고 있다. 즉 부품명과 구성형상, 기계, 가공작업, Tool-EAD 등으로 구성되어있다.

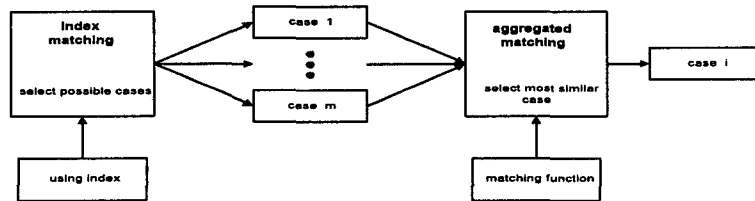
고려되는 고정구들은 아래 표와 같이 구성되며 각 고정구의 요소들이 [펠릿, 서브테이블, 범용 고정구, 범용 엘리먼트, 전용 엘리먼트]의 순서로 표현된다. 공작물에 대한 고정방향은 공구의 진행에 대하여 공작물을 지지하기 위한 방향을 세가지 축의 방향으로 공작물의 착좌면(고정 테이블을 향한 면)과 함께 표시한다.[2]

<표 1> 고정구의 구성

	명 칭	고정구 구성조건
전용 엘리먼트	마우스 피스	머신바이스에 부착
	센터링 도구	베이스플레이트에 고정
	플레이트(no hole)	앵글플레이트나 매스정반에 부착
	플레이트(hole)	앵글플레이트에 부착. through_hole 작업시
범용 엘리먼트	조임쇠, 지지바, 받침대, 블록, 로케이트 핀	공작물의 조임과 위치 결정
	머신 바이스	베이스플레이트에 고정
범용 고정구	베이스 플레이트	
	각형 앵글 플레이트	가공물의 기준면을 테이블과 수직인 면에 고정할 때
	구멍부착 편면 앵글 플레 이트	
	매스 정반	

2.2 사례 검색

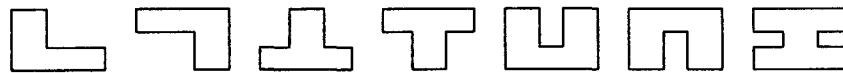
사례의 검색은 크게 두가지 단계로 나누어지는데 입력정보와 사례의 인덱스를 이용하여 유사한 사례들을 일부 선정하는 특징 비교단계와 선정된 사례들 중에서 개별 특성들을 자세히 비교하여 가장 유사한 사례를 결정하는 종합비교단계이다. [4]



<그림 2> 사례의 검색

2.2.1 특징 비교 단계 (Index matching)

인덱스를 이용하여 입력정보와 사례들의 특성비교를 통해 유사성이 높은 case들을 선택한다. 여기서 인덱스의 방식은 digit code 형식을 이용하며 고려하게 되는 인덱스의 내용은 가공 기계와 부품의 형태, 가공작업 등이다. 고려되는 기계는 수직형 machining center와 수평형 machining center로 하며 밀링 machine이나 보오링 machine 등 특정 작업을 위한 기계는 고려하지 않는다. 부품의 형태를 다음과 같이 크게 7가지 대표 패턴으로 분류한다. 부품의 대표 형태 구분에 대한 기준은 각주형 부품의 주형상의 위치를 고려하여 세울 수 있다.



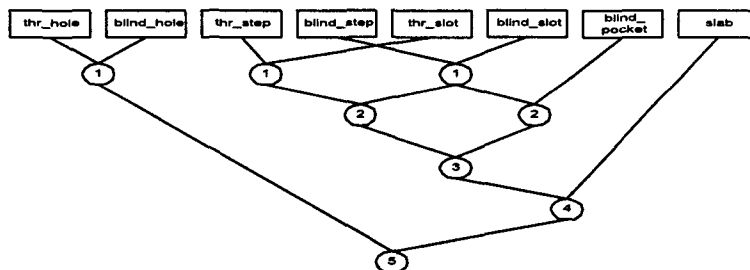
<그림 3> 부품의 형태

아래와 같은 범주로 가공작업의 종류를 분류하여 인덱스를 부여한다. 가공작업은 각주형 공작물에 대해 가능한 가공공정을 고려하여 모두 6가지의 작업으로 분류한다. 고려되는 가공작업 형태는 end_milling, face_milling, peripheral_milling, slab_milling, drilling, boring 이다.

2.2.2 종합 비교 단계 (Aggregated matching)

종합비교단계에서는 Index matching에 의해 선택된 case들에 대해 부품모양의 유사성을 세부적으로 비교하여 가장 유사한 case를 찾는다. 입력부품 정보와 사례내의 부품정보에서 구성형상간의 개별요소의 유사성을 검토한다. 유사성 비교 후 유사성 척도를 계산하며 수치적 순위 결정법에 의하여 그 순위를 결정하고 가장 유사한 사례를 선택한다. 이 단계에서는 부품의 구성형상과 그에 해당하는 가공작업, 그리고 그 형상의 공구 외부 접근방향(Tool-EAD)을 고려대상으로 한다. 그 구체적 검색단계는 다음과 같은 과정을 따른다: 1) 구성형상의 비교는 형상분류에 의한 형상간의 상대적 차이 값으로 비교한다. 2) 차이가 가장 적은 형상을 찾고 그 차이 값을 준다. 3) 대응하는 형상끼리 그 가공작업을 비교하여 차이 값을 구한다. 4) 대응하는 형상끼리 공구 외부접근방향(Tool-EAD)을 비교하여 차이 값을 구한다. 5) 위 세 가지 차이 값을 합산하여 두 형상간의 유사성척도를 계산한다. (가중치 고려) 6) 형상들의 차이 값들을 모두 합하여 입력정보와 사례간의 유사성척도를 계산한다. 7) 가장 작은 값을 갖는 사례를 선택한다. 이하의 수식 등에서 d는 차이 값을, w는 가중치를 나타낸다. M은 입력부품의 구성형상의 수를, N은 사례부품의 구성형상의 수를 표시한다.

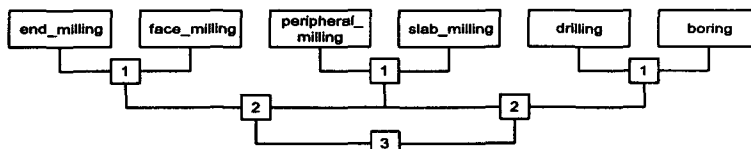
두 형상이 서로 비슷하다는 것은 공정이 유사하다는 것을 의미하는 것이고 따라서 고정구의 선택과 설치과정 역시 유사하다는 것을 암시한다. 때문에 두 부품의 구성형상에 대해 비교를 한 후 가장 유사하게 대응하는 형상을 찾는다. 형상간의 차이를 구하기 위해서 특징형상분류는 아래와 같이 8가지로 구분한다.



<그림 4> 구성형상의 차이

부품 구성형상의 차이는 실제 공정계획에서 작업과 공구, 고정구 등의 차이로 이어지게 마련이다. 형상간의 상대적 차이 값이 작다는 것은 고정구 계획을 포함하여 공정이 서로 유사한 형상은 그렇지 않은 형상보다 그 차이가 적다는 것을 의미한다. 이와 같은 구성형상의 차이는 d_f 로 표시한다.

가공작업은 특징비교 단계에서 제시한 6가지 작업의 형태를 기준으로 한다.



<그림 5> 가공작업의 차이

가공작업은 부품의 형상에 대한 해당 작업이 고정구 요소와 고정방향에 영향을 주는 정도에 따라 각 작업들이 서로 얼마나 유사한지 비교한다. 가공작업의 차이는 d_p 로 표시한다.

공구 외부 접근방향은 고정구 설치에 미치는 중요한 요소 중 하나이다. 입력정보에 포함되는 공작물의 고정방향과 고정구 계획에 고려해야 하는 고정기준면은 가공작업 시 공구의 간섭을 반드시 고려해야 하기 때문이다. 따라서 두 형상의 Tool-EAD가 얼마나 유사한지는 반드시 고려되어야만 하는 검색기준이다. Tool-EAD는 다음과 같이 모두 6개의 방향 벡터로 표현한다: ((+X, -X), (+Y, -Y), (+Z, -Z)). 하나의 방향 벡터에서 공구접근이 가능할 때는 1, 불가능할 때는 0으로 표현한다. Tool-EAD가 얼마나 유사한지는 세 방향에서 같거나 다른지 확인하는 것으로 한다. 그러기 위해서 두 형상의 EAD를 각 방향에 대해 서로 빼준다. 빼준 결과 벡터 값이 0으로 나왔을 경우에는 그 방향의 Tool-EAD는 서로 같다고 볼 수 있다. 빼준 값이 0이 나오는 축(0, 0)이 있다면 그 방향의 공구접근방향은 서로 같은 것이다. 따라서 빼준 결과 (0, 0)이 많이 나오는 경우일수록 두 형상간의 Tool-EAD의 차이는 적은 것이다. Tool-EAD의 차이는 d_E 로 표시한다. 그 차이 값은 각 경우에 대해 다음과 같이 부여한다: 축이 모두 다를 때는 $d_E = 9$, 한 개의 축이 같을 때는 $d_E = 6$, 두개의 축이 같을 때는 $d_E = 3$, 세 개의 축이 같을 때는 $d_E = 0$.

2.3 형상간의 유사성척도 (S_{ij} : 입력부품의 i형상과 사례부품의 j형상간의 유사성 척도)

입력부품의 구성형상과 사례부품의 구성형상을 형상의 개별특성별로 차이값과 가중치를 고려하여 두 형상간의 유사성척도를 구한다.

$$S_{ij} = \frac{w_f \frac{d_f}{d_{\max f}} + w_p \frac{d_p}{d_{\max p}} + w_E \frac{d_E}{d_{\max E}}}{w_f + w_p + w_E}$$

$d_{\max f}$, $d_{\max p}$, $d_{\max E}$: 각 특성별 최대 차이 값

개별특성에 대한 가중치는 각 특성이 고정구 계획에 미치는 영향의 상대적 중요성에 따라 결정한다. 즉 각 특성이 변할 때 고정구 요소와 방향이 변화하는 경우를 고려하여 계산한다.

2.4 입력정보와 사례간의 유사성 척도 (TS)

입력부품과 비교대상 사례부품간에 개별형상간의 유사성 척도를 모두 구하면 아래의 표와 같은 행렬이 가능하다. 이와 같은 유사성 척도 행렬에서 입력부품과 사례부품간의 총 유사성 (Total Similarity) 척도를 구한다.

<표 2> 유사성 척도 행렬

	1	...	j	...	N
1	S_{11}		...		S_{1N}
:			:		
i	:	...	S_{ij}	...	:
:			:		
M	S_{M1}		...		S_{MN}

다음과 같은 기호들이 아래에서 사용된다: S_i 는 행렬의 각 row에서 가장 작은 s_{ij} 값이며, SM 은 S_i 값들의 합이고, N' 은 S_i 로 선택되지 않은 사례부품의 형상 수며, N_0 는 S_{ij} 값이 0인 경우의 수이고, N_t 는 S_{ij} 들 중 각 특성별로 가능한 가장 작은 차이 값을 갖는 경우의 수다.

먼저 입력부품의 각 형상과 가장 유사한 사례부품의 형상간의 유사성척도 S_i 를 구하고, 다음으로 이 과정에서 선택되지 않은 사례부품의 형상 수를 구하며, N_0 , N_t 값을 구한 후, 입력부

품의 구성형상 수와 사례부품의 구성형상 수를 고려하여 TS를 계산한다.

$$TS = SM + \frac{|M-M' + N'|}{1 + N_0 + N_i}$$

입력부품과 사례부품의 유사성척도를 구하기 위해 위와 같이 S_{ij} 말고도 서로 각 형상들이 어느 정도 일치하고 얼마나 대응하는 형상들이 많은지 고려되어야 한다. 사례베이스에 있는 모든 사례부품에 대해 TS값을 구한 후 가장 작은 값을 갖는 것을 가장 유사한 사례로 선택한다.

2.5 사례의 적용

사례의 적용은 선택된 사례의 고정구 계획을 입력된 부품정보에 맞는 고정구 계획으로 전환하고자 새로운 부품정보에 대한 고정구 계획을 수립하는 단계이다. 고정구 계획의 표현은 사용되는 고정구 요소와 주어진 공작물의 착좌면에 대하여 고정해야하는 면을 방향으로 표시한다. 선택된 사례를 입력정보에 맞게 수정하는 것은 다음과 같은 기본적인 과정을 따른다: 1) 부품의 주 형상(main feature) 결정, 2) 주형상과 나머지 형상과의 관계 결정, 3) 주 형상에 대한 고정구 요소와 고정방향 결정, 4) 나머지 형상에 대한 고정구 요소와 고정방향 결정, 5) 결정된 사항을 새로운 사례로 저장할 것인지 결정.

적용 규칙

사례로부터 입력정보에 맞게 고정구 계획을 수정하기 위해 각 단계별로 다음과 같은 알고리즘에 따라 새로운 고정구 계획을 만들어 간다.

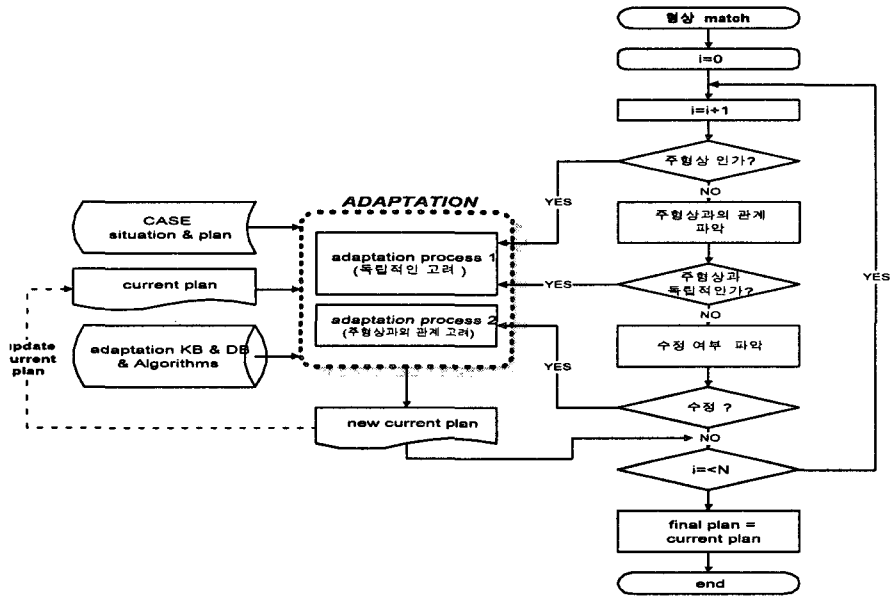
- 1) 입력정보와 선택된 사례의 구성형상들을 비교하여 서로 대응되는 형상들을 찾는다.
- 2) 입력정보와 사례의 구성형상들 중 주 형상(main feature)을 찾는다.
- 3) 입력정보와 사례의 주형상들을 비교하여 고정구 계획을 수정한다. 수정과정은 Tool-EAD 차이와 형상의 특성 등을 고려하여 이루어진다. 이때, 입력정보와 사례의 주 형상끼리 비교하여 사례의 주 형상에 새로 추가되는 Tool-EAD가 있는지 확인한다. 새로 추가되는 방향이 있다면 공구의 추력(推力)을 지지하기 위해 Tool-EAD의 반대방향으로 고정방향을 설정한다. 주형상의 형상특성을 고려하여 새로운 고정구의 종류를 결정한다.
- 4) 입력정보의 나머지 형상들에 대해 주 형상에 포함되는지 여부를 확인한다.
- 5) 주형상에 포함된다면 다음과 같은 과정으로 수정한다: 먼저, 주형상의 고정구계획에 추가되어야 할 부분이 있는지 확인한다. 다음으로, thr_hole과 같이 해당축의 공구빠짐 여유(draft)를 고려해야하는지 확인하고 고려해야 한다면 해당 고정구를 추가한다.
- 6) 만일 주 형상에 포함되지 않는다면 독자적으로 고정구 계획을 수립하고 이것을 새로운 고정구 계획에 대한 사례로서 저장한다.

3. 적용 예

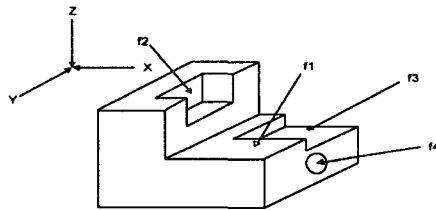
다음에서 두개의 사례를 가지고 검색과정을 통해 가장 유사한 사례를 선택하는 과정을 보인다. 가공기계와 부품의 대표형태, 가공작업에 대한 특징비교단계를 거쳐 두개의 사례로 후보를 정하고 형상의 개별특성 비교를 통한 종합비교단계로 가장 유사한 하나의 사례를 선택한다.

입력되는 부품은 그림 6과 같이 네 개의 형상으로 구성된 각주형 부품이다. 작업은 수평형 machining center에서 이루어지며 공작물의 착좌면은 -z방향으로 주어진다. 형상에 대한 정보는 도표에서처럼 각 형상에 대한 가공작업과 공구 외부 접근 방향으로 주어진다.

그림 7과 그림 8의 두 가지 사례는 특성 비교단계를 거쳐 선택된 사례들이다. Index matching에 의하여 선택된 두 개의 사례에 대하여 형상의 개별 특성에 대한 종합 비교를 통하여 가장 유사한 사례를 선택하게 된다. 사례는 각각 부품에 대한 정보와 사용되는 고정구 요소, 그리고 고정방향으로 표현된다.



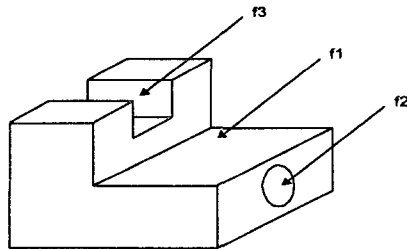
<그림 5> 사례의 적응



<그림 6> 입력부품

<표 3> 입력부품의 정보

	feature	작업	Tool_EAD
f1	step	peripheral_milling	(1,0,1,1,1,0)
f2	blind_slot	end_milling	(1,0,0,0,1,0)
f3	blind_step	end_milling	(1,0,0,1,1,0)
f4	blind_hole	drilling	(1,0,0,0,0,0)



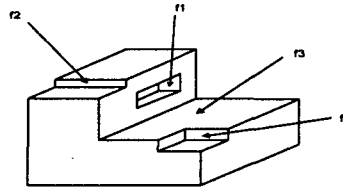
<그림 7> 사례부품 1

<표 4> 사례부품 1의 정보

	feature	작업	Tool_EAD	Fix-direction
f1	step	peripheral_milling	(1,0,1,1,1,0)	(0,1,0,0,0,0)
f2	hole	boring	(1,1,0,0,0,0)	(0,0,1,1,1,0)
f3	slot	end_milling	(1,1,0,0,1,0)	(0,0,1,1,0,0)

고정구 요소 [OF04, OE01, OE02, OE03, EE02, EE04]

고정 방향 (1,1,1,1,1,0)



<그림 8> 사례부품 2

<표 5> 사례부품 2의 정보

	feature	작업	Tool_EAD	Fix-direction
f1	pocket	end_milling	(1,0,0,0,0,0)	(0,1,1,1,1,0)
f2	step	end_milling	(1,1,1,0,1,0)	(0,0,0,1,0,0)
f3	step	peripheral_milling	(1,0,1,1,1,0)	(0,1,0,0,0,0)
f4	blind_step	end_milling	(1,0,1,0,1,0)	(0,1,0,1,0,0)

고정구요소 [OF02, OE01, OE02, OE03, EE02, EE04]

고정 방향 (1,1,1,1,1,0)

사례 1에 대한 검색은 다음과 같다. s_{ij} 행렬은 표 6에, S_i 값은 표 7에 표시되었다.

<표 6> 유사성 척도행렬 1

	f1	f2	f3
f1	0	0.90	0.95
f2	0.51	0.95	0.32
f3	0.47	1.00	0.32
f4	0.86	0.26	0.95

<표 7> 사례부품1의 SM

S_1	0
S_2	0.32
S_3	0.32
S_4	0.26
SM	0.90

$$N_0 = 1 (S_1), \quad N_t = 1 (S_4), \quad TS = 1.23$$

사례 2에 대한 검색은 다음과 같다. s_{ij} 행렬은 표 8에, S_i 값은 표 9에 표시되었다

<표 8> 유사성 척도행렬 2

	f1	f2	f3	f4
f1	0.63	0.29	0	0.47
f2	0.27	0.32	0.47	0.16
f3	0.32	0.32	0.47	0.34
f4	0.95	1.00	0.86	0.95

<표 9> 사례부품 2의 SM

S ₁	0
S ₂	0.16
S ₃	0.32
S ₄	0.86
SM	1.34

$N_0 = 1 (S_1), N_t = 1 (S_2), TS = 1.34$

유사성 척도 검사 결과 사례 1이 사례 2의 경우보다 그 값이 작게 나온다. 이는 사례 1이 입력부품과 가장 유사하다는 것을 의미한다. 따라서 사례 1을 선택하여 입력부품에 대한 고정구 계획을 수립해 나간다. 사례의 적용은 4장에서 제시한 기본적 과정을 거쳐 이루어진다. 각 단계에서 사례의 고정구 계획을 수정하기 위한 알고리즘을 현재 연구중이다.

사례부품 1에 대한 적용의 결과로 입력부품에 대한 고정방향과 사용되는 고정구 요소가 아래와 같이 결정되었다. 적용의 과정은 앞장에서 제시한 적용 알고리즘에 따라 실행되었으며 결과에 따라 입력부품에 사용되는 고정구는 팰릿에 구멍부착 편면 앵글플레이트, 로케이트 핀, 조임쇠, 지지바, 받침대, 구멍 플레이트 등이다.

- 1) 고정구 요소: [OF04, OE05, OE01, OE02, OE03, EE04]
- 2) 부품에 대한 고정방향: (1,0,1,1,1,0)

4. 결론

본 연구는 사례 기반 추론의 개념을 이용하여 자동화된 고정구 계획 시스템을 수립하고자 그 방법과 모델을 제시하였다. 과거의 유사한 경험을 찾고자 사례를 검색하는 것에는 형상의 각 특성에 대하여 그 차이를 고려하는 것으로 검색의 기준을 마련하였다. 선택된 사례의 고정구계획을 입력부품의 고정구계획으로 전환하는 과정은 사례 적용의 단계에서 이루어진다. 입력부품의 고정구 계획으로 수정하기위한 알고리즘은 형상의 특성과 가공조건이 고정구의 결정에 미치는 결과에 근거하여 만들어 졌으며 대응하는 형상이 없어서 새로운 고정구의 결정과 고정방향 등을 사용자가 결정하게 되는 경우 이를 새로운 사례로서 저장하여 미래에 사용할 수 있도록 한다. 이러한 시도는 고정구의 표준화 및 합리적 관리가 제대로 이루어지고 있지 못한 현실에 자동화된 고정구계획 시스템을 도입함으로써 공정계획에서의 시간비용 절감과 가공불량의 감소를 기대할 수 있다는 의의가 있을 것이다.

參 考 文 獻

[1] 이덕만; "CBR 개념을 이용한 CAPP 시스템 구축에 관한 연구", 석사학위 논문, 인하대학교, 1997.

- [2] Hiram E. Grant, JIGS AND FIXTURES, 성안당, 1991.
- [3] T. C. Chang, Expert Process Planning for Manufacturing, Addison-Wesley Publishing Company, Inc. 1990.
- [4] Janet Kolodner, Case-Based Reasoning, Morgan Kaufmann Publishers, Inc. 1993.
- [5] Shu Huang Sun, Jahau Lewis Chen; "A Modular Fixture Design System Based on Case-Based Reasoning", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 10: 389-395, 1995.
- [6] A. Willy, J. P. Sadler, R. D. Schraft; "Automated Fixture Design", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 10: 27-35, 1995.
- [7] Bijan Shirinzadeh, Yong Tie; "Experimental Investigation of the Performance of a Reconfigurable Fixturing System", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 10: 330-341, 1995.
- [8] Zone-Ching Lin, Chine-Been Yang; "An Expert System for Fixturing Design for Face Milling Using Modular Fixture", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 10: 379-388, 1995.

* 본 연구는 인하대학교 1997년도 연구비 지원에 의하여 수행되었음.