

## 사례기반추론을 이용한 조립공정 설계

서운호<sup>1\*</sup>, 이규형<sup>1</sup>, 신동복<sup>2</sup>, 김태운<sup>3</sup>

<sup>1</sup>울산대학교 산업정보경영공학부

\*(052-259-2287, yhs@mail.ulsan.ac.kr)

<sup>2</sup>울산대학교 조선해양공학부

<sup>3</sup>경성대학교 산업공학과

### Abstract

This paper introduces a method to automate process design using Case Based Reasoning technique. A case is represented hierarchically through functional requirement, behavioral model, and process mechanism model. Specifically, a case retrieval algorithm to use function and behavior, case adaptation method to use hierarchical case representation, and a machine selection method are presented.

### 1. 서론

제품의 설계가 완성된 후 제품을 생산하기 위하여 제품 및 부품 생산의 방법을 명시한 공정설계가 필요하다. 공정설계란 제품의 설계사양을 구현하기 위한 가공 또는 조립 방법과 순서 그리고 그에 따른 여러 제약들을 고안하여, 최적의 계획을 수립하는 제조 단계로 정의될 수 있다. 특히 새로운 제품의 생산을 위하여 그 제품 생산을 담당 할 제조 시스템 또는 라인을 새로이 설계 및 설치하여야 하는 특징을 가진 제조업에서, 제품마다의 특성에 따른 공정설계는 그 자체로 공정 생산성에 영향을 미칠 뿐만 아니라 제조 시스템 설계의 기초 자료가 되기 때문에 매우 중요하다.

공정설계는 다른 설계영역과 마찬가지로 인간의 독창성과 경험의 축적 및 활용을 필요로 하는 분야이기 때문에, 이를 자동화하기 위하여 공정설계 전문가의 경험 및 지식을 컴퓨터가 해독할 수 있는 형태로 표현하여야 할 필요가 있는 것이다. 본

논문에서는 공정 자동설계방법을 제시하기 위하여 사례기반추론 (Case-Based Reasoning, 이하 CBR)기법을 도입하였다. 사례기반추론이란 현재 문제를 해결하기 위해 유사한 과거 사례를 탐색하고, 그 사례에 대한 해법을 수정 및 보완하여 현재 문제에 대한 해를 찾는 인공지능의 한 분야이다. 공정설계 문제에 있어서 사례란 가공 또는 조립공정과 그 공정에 포함된 부품 정보를 의미하며, 구하고자 하는 해는 공정설계를 의미한다. 과거의 공정설계 결과들을 사례로 기술하기 위하여는 공정명, 해당 공정을 수행하기 위한 세부작업, 세부작업 시간 및 작업을 수행할 장비, 그리고 세부작업 간의 관계를 표현하여야 한다.

조립계획(Assembly Plan) 제품, 공정, 생산시스템을 고려하기 때문에 제품정보로부터 조립라인을 설계하는 것은 이 분야에 속한다. Rampersad는 그의 논문[2, 3]에서 로봇 조립계획의 한 방법인 "concentric design method"를 발표하였으며, Laperriere와 ElMaraghy는[4, 5] 조립순서의 생성, 제거, 평가가 단일 프로세스에 의하여 이루어지는 통합 조립 계획 시스템 GAPP을 개발하였다. 또한 Fan과 Liu는 조립계획 상에서 제품의 제약을 정의하기 위한 측정치로 제약비(constraint ratio)를 정의 제시하였다 [6]. Homem de Mello와 Sanderson은 조립공정의 AND/OR 그래프 표현을 통하여 조립순서를 나열하기 위한 엔진을 개발하였으며, 제품 분해 순서 및 방법을 구함으로 조립순서를 구하는 방법을 제시하였다[7, 8]. Homem de Mello와 Sanderson의 AND/OR 그래프 표현법은 부품의 수가 증가함에 따라 가능한 조립방법의 수가 기하급수적으로 증가하기 때문에 문제의 사이즈가 큰 경우 활용이 어렵다. Zha et al.은 Petri Net을 이용하여 조립을 표현하고, 그 가능한 부조립에 대하여

추론 및 분해 방법을 통하여 조립방법의 수를 줄이는 방법을 제안하였다[9].

지금까지의 사례기반추론에 대한 연구는 이론적인 논문[1][2]과 응용논문으로 구분될 수 있으며, 응용 분야로는 원형 제품에 대한 공정계획 시스템 개발[13], BOM생성과정에 사례기반 이용가능성 제시[16], 기계설계에의 이용[3][4][5][12] 그리고 문제영역이 상이한 제품의 설계[11]에의 이용 등을 들 수 있다. 지금까지의 관련 연구와는 다르게 본 논문이 대상으로 하는 문제는 완제품 생산을 위하여 각 단계에서 조립되어야 할 공정명이 주어지면, 이 공정명과 가장 유사한 사례를 탐색하여 이를 사례재사용 방법에 따라 그 부품의 조립에 가장 적합한 부속장비 선정 및 공정시간을 구하는 것이다. 본 연구에서 공정설계를 공정을 수행하는데 필요한 부속장비의 선택과 각 공정의 공정시간을 계산하는 임무에 국한하고 있으며, 본 논문에서 제시한 방법은 일반적인 공정설계 문제에 적용가능하다.

구체적으로 본 논문에서는 사례를 기능요구, 공정행위, 공정기구를 모델링하여 표현하였다. 기능요구를 설계하고자하는 공정기구로 변환하기 위한 사례검색, 초기해 제시, 사례수정 등에 대한 알고리즘을 제시하였다. 본 논문에서 제시한 방법론은 공정명이 주어지면 유사한 공정을 추출하고 유사공정의 행위를 이용하여 새로운 공정의 세부작업을 제시한다. 그런 다음 case adaptation knowledge를 이용하여 새로운 공정에 대한 공정시간을 산출하고 지식기반 시스템을 이용하여 새로운 공정을 수행할 해당 장비를 선정할 수 있다.

이 방법은 방대한 지식을 지식기반(knowledge base)화하여야 하는 종전의 지식기반 공정설계방법에 비하여, 초기에 사례기반의 구축이 용이하다. 또한 사례를 축적하기 때문에 사례기반 시스템은 자연적인 학습효과가 있으며, 이는 사례기반(case base)이 자연적으로 확장되는 효과가 있다.

## 2. 문제 기술

자동차, 가전, 전자제품 등은 일련의 조립공정을 통하여 최종제품이 생산되며, 조립라인은 그 공정을 수행할 수 있는 기기로 이루어져 있다. 설계된 조립공정은 조립시스템을 설계하기 위한 중요한 정보를 제공한다. 본 논문의 조립공정 설계는 조립라인 설계하기 위한 부시스템이다. 조

립라인설계는 다음과 같은 4단계 과정을 거쳐 이루어 진다.

1. 조립 계획 : 제품의 접착정보를 가진 조립선그래프로부터 조립공정도를 유도한다.

2. 조립공정 설계 : 조립공정도의 각 공정에 대한 조립공정을 설계한다. 설계된 공정을 조립기구(assembly mechanism)라 하며, 조립기구는 각 공정을 담당할 수 있는 장비, 로봇, 보조도구, 로봇 프로그램 및 장비의 예정공정시간을 포함한다.

3. 조립라인 설계 : 설계된 일련의 조립기구를 배치하고, 물류장비를 추가하여 조립라인 설계대안을 생성한다.

4. 조립라인 평가 : 시뮬레이션을 통하여 조립라인 설계대안을 평가한다. 설계대안의 성능이 원하는 값 이상일 경우 그 설계대안을 선택하고, 그렇지 못한 경우 단계 3, 4를 반복한다.

조립시스템을 설계하기 위한 첫째 단계는 부품 접착정보를 표현하는 조립선그래프로부터 조립공정도를 유도하는 것이다. 부품의 조립구조는 조립선 그래프로 표현되며, 조립공정 구조도는 AND/OR 그래프를 이용하여 표현할 수 있다 [7, 8]. 일반적으로 조립선 그래프는 부품을 의미하는 노드와 부품 사이의 조립관계를 표현하는 아크로 구성되어 있으며, 아래 그림1은 부품 a, b, c, d, g 5개 부품으로 이뤄진 제품의 간단한 조립선 그래프의 예를 도시한다.

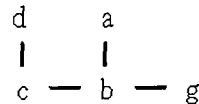


그림 1. 조립선 그래프의 예

부품 조립선 그래프를 조립공정 구조도로 변환하기 위하여 모든 가능한 조립공정을 AND/OR그래프에 표현한 조립공정도로 변환하여야 한다. 그림 2(a)의 트리구조는 조립공정도를 표현하는 예이다. 이 조립공정도는 조립공정을 표현하는 노드  $\alpha, \beta, \delta, \dots$  와 조립 부품의 관계를 표현한 아크로 이루어져 있으며, 단말노드 a, b, c, ...는 최종 부품을 의미한다. 예를 들어 노드  $\alpha$ 는 부품 a, b가  $\alpha$ 공정에 의하여 조립되어 중간조립품 {A}를 생산하는 것을 표현하고 있다. 조립공정함수  $F_{\alpha}$ 는 입력부품 리스트 (a, b)를 출력부품리스트 {A}로 변환함을 의미한다고 정의하자. 그러면 그림 2(a)의 모든 공정은 아래 식(1)과 같이 표현

될 수 있다.

$$F_{\alpha}(a, b) = \{A\}, \forall \alpha \in T. \quad (1)$$

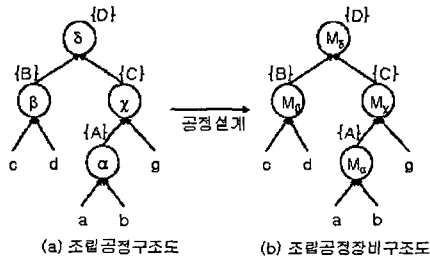


그림 2. 조립 공정 트리

식(1)의 공정명, 입력부품리스트, 출력부품리스트는 조립공정을 설계하기 위한 기능요구가 된다. [10, 11] 본 논문에서 공정설계를 유도된 조립공정  $\alpha$ 를 수행할 수 있는 조립기구  $M_{\alpha}$ 를 생성하는 것이라고 정의한다. 식(1)에 의하여 주어진 조립공정 함수식은 조립공정을 설계하기 위한 기능요구이다. 따라서 공정설계는 조립공정 가능성, 장비 P와 보조 장비 A, 프로그램 N 및 가상모델 V 등을 포함한다. 본 논문에서 공정설계는 공정 함수  $F_{\alpha}$ 를 입력으로 필요한 조립기구  $M_{\alpha} = \{P_{\alpha}, A_{\alpha}, N_{\alpha}, V_{\alpha}\}$ 를 유도하는 변환 공정으로 간주될 수 있으며, 다음 식 (2)에 의하여 정의된다.

$$\text{공정설계: } F_{\alpha} \rightarrow M_{\alpha}, \forall \alpha \in T, \quad (2)$$

이 단계에서는 조립설을 설계하기 위하여 여러 제약 조건들을 고려하여야 한다. 즉 연간 생산량, 자동화 정도, 투자 한도, 조립공법 및 활용가능 기술 등이 있다. 또한 조립 공정을 기반으로 조립설을 설계하기 위하여는 공정 및 조립설의 표준화가 선행되어야 하며, 쉽게 접근이 가능한 형식으로 컴퓨터에 저장되어 있어야 한다. 공정 계획 단계는 부품 정보로부터 기본적으로 필요한 조립공정을 유도하였기 때문에 과공정의 작업량이 균등하게 배분되어 있다고 보기 어렵다. 따라서 공정 묶음과 공정 분해 기법을 통하여 각 조립설의 작업부하를 균등히 분배하기 위한 작업이 필요하다.

### 3. CBR 공정설계 모형

사례기반추론이란 주어진 문제를 해결

하기 위해 과거 사례를 검색하여 유사한 사례를 선택하고, 그 해법을 수정 및 보완하여 주어진 문제에 대한 해를 찾는 인공지능의 한 분야이다.

사례기반추론의 문제해결 과정은 그림 3과 같이 크게 사례검색과 사례재사용 과정으로 나뉘어 진다. 사례검색 과정은 다시 유사사례 선택과 선택된 유사사례를 수정하여 초기해를 제시하는 단계로 분해 될 수 있다. 사례재사용은 사례수정과 사례평가 단계를 통하여 이루어진다.

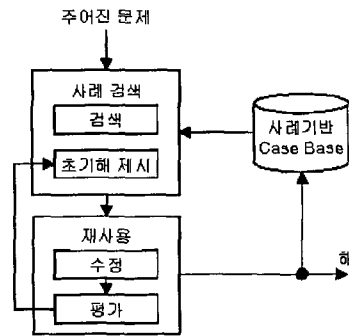


그림 3. 사례기반추론 단계

사례기반추론에서는 다음과 같은 점을 고려해야 한다. 첫째, 사례는 과거의 문제 풀이 기억을 저장하고 있는 지식으로 간주 될 수 있다. 따라서 사례에는 기본적으로 사례가 발생한 상태를 설명하는 문제와 그 문제를 풀기위해 사용되었던 해답 등을 포함하고 있어야 한다. 둘째, 과거에 경험했던 유사한 사례들 중 현재의 문제와 가장 유사한 사례를 가장 빠른 시간에 찾기 위해서는 과거의 사례를 어떻게 인덱스(index) 할 것인가 하는 부분이다. 셋째, 인덱스 한 항목과 더불어 효율적인 사례 검색 방법을 지원하기 위해서는 사례베이스를 어떻게 구성할 것인가 하는 부분이다. 넷째, 사례 검색 과정에서 과거의 사례와 새로운 문제가 얼마나 유사한 지를 어떻게 평가할 것인가 하는 부분이다. 마지막으로 재사용 단계에서 검색된 사례가 현재의 문제와 충분히 유사하지 않을 때에는 검색된 사례에 저장된 해결 방법을 새로운 문제 상태에 맞게 어떻게 수정할 것인가 하는 부분이다[1][2].

#### 3.1. 사례표현

본 연구에서 사례  $C_i$ 는 공정설계에 대한 기능적 요구  $F_i$ , 그 공정을 수행하는 세부공정도  $B_i$ , 각 세부공정을 담당하는 공정기구  $M_i$ 으

로 이루어진 제층구조로 구성된다.

$$C_i = \{F_i, B_i, M_i\}. \quad (3)$$

기능적 요구  $F_i$ 는 공정을 설계하기 위하여 요구되는 공정명  $\alpha_i$ , 입력부품 리스트  $I_i$ , 출력부품 리스트  $O_i$ 와 기술적 제약요인  $T_i$ 로 구성되어 있다. 기능요구는 사례 검색을 위한 열쇠가 될 수 있으며, 사례 중에서 문제를 기술하는 부분에 해당된다.

$$\text{기능적 요구 } F_i = \{\alpha_i, I_i, O_i, T_i\}, \quad (4)$$

- $\alpha_i$  = process function,
- $I_i$  = a list of input parts,
- $O_i$  = a list of processed parts,
- $T_i$  = a set of technical constraints.

공정기구  $M_i$ 는 공정설계의 결과로 설계된 주장비  $P_i$ , 보조장비  $A_i$ , 프로그램  $N_i$ 와 가상모델  $V_i$ 로 구성된다.

$$M_i = \{P_i, A_i, N_i, V_i\}. \quad (5)$$

공정의 행위는 세부공정도로 표현될 수 있다. 세부공정도는 단위공정을 정점으로 단위공정간 연결관계를 간선으로 표현한 방향성 그래프이다. 정점에 간선이 연결되는 방법은 아래 그림 4와 같이 (a)정점과 정점 사이를 화살표로 연결하여 순서관계를 표현한 경우, (b)정점에 연결된 간선을 모두 거쳐야 하는 AND 관계 그리고 (c) 정점에 연결된 간선 중 1개만 거쳐야 하는 OR 관계의 세 가지로 표현된다고 하자.

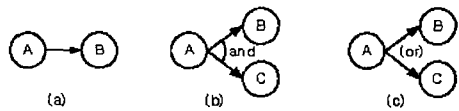


그림 4. 세부공정간 연결관계

단위공정 간 연결관계는 선·후행공정적으로 표현되며(즉, <선행공정, 후행공정>), predicate and와 or를 이용하여 표현될 수 있다. 그림 3(a, b, c)의 세 가지 연결관계에 대한 표현은 각각 다음과 같다.

- <A, B>
- <A, and(B,C)>
- <A, or(B, C)>

따라서 세부공정도  $B_i$ 는 단위공정 집합  $u_i$  단위공정 간 연결관계 집합  $r_i$ 의 집합으로 정의될 수 있으며, 다음과 같이 표현된다.

$$\text{세부공정도 } B_i = \{u_i, r_i\}, \quad (6)$$

$$u_i = \{u_{ij} | \forall j = 1 \dots \text{단위공정 수}\},$$

$$r_i = \{r_{ij} | \forall j = 1 \dots \text{relation 수}\}.$$

세부공정  $u_{ij}$ 는 다시 세부공정명  $\delta_{ij}$ , 입력부품 리스트  $UI_{ij}$ , 출력부품 리스트  $UO_{ij}$ , 공정시간  $t_{ij}$ , 장비  $MT_{ij}$ , 해당 프로그램  $NS_{ij}$ , 해당 가상모델  $VS_{ij}$ 로 구성되어 있으며 다음과 같이 표현된다.

$$u_{ij} = \{\delta_{ij}, UI_{ij}, UO_{ij}, t_{ij}, MT_{ij}, NS_{ij}, VS_{ij}\} \dots \dots \dots (7)$$

이때 모든 단위공정에 대한 장비는 주 장비와 보조장비를 포함하며 다음 식(8)과 같이, 모든 단위공정에 대한 해당 프로그램의 합은 공정 프로그램을 의미하며 다음 식(9)과 같이, 단위공정에 대한 해당 가상모델의 합은 가상모델과 같으며 다음 식(10)과 같이 각각 표현될 수 있다.

$$PUA = \cup MT_i, \quad (8)$$

$$N = \cup NS_i, \quad (9)$$

$$V = \cup VS_i. \quad (10)$$

### 3.2 유사사례 선택

설계가 요구되는 새로운 공정설계의 기능요구가 주어지면 사례기반으로부터 가장 유사한 사례를 찾는 것은 매우 중요하다. 앞서 언급한 바와 같이 공정의 작업방법은 세부공정도로 표현된다.

유사사례를 선택하기 위하여 두 공정간의 유사정도를 나타내는 공정유사도를 다음과 같이 정의한다. 즉 두 공정설계 기능요구  $F_i, F_j$  간에 공정유사도  $\alpha_{ij}$ 는 부품유사도  $\alpha_{pij}$ 와 작업유사도  $\alpha_{wij}$ 의 곱으로 표현될 수 있으며, 부품유사도  $\alpha_{pij}$ 는 두 공정함수 간에 동일한 부품을 공유하고 있는 비

을을, 작업유사도  $\sigma_{wij}$ 는 두 공정함수 간에 공유하고 있는 단위공정의 비율을 각각 의미하며 다음 식(11~13)에 표현되어 있다.

$$\sigma_{ij} = \sigma_{pij} \cdot \sigma_{wij} \quad (11)$$

$$\sigma_{pij} = \frac{(I_i \cap I_j) + \xi(I_i \cap I_j)^T}{(I_i \cup I_j)} \quad (12)$$

$$\sigma_{wij} = s(\alpha_i, \alpha_j) \frac{u_i \cap u_j}{u_i \cup u_j} \quad (13)$$

$\alpha_{ij}$ : 두 공정  $i, j$  간의 공정유사도

$\sigma_{pij}$ : 두 공정  $i, j$  간의 부품유사도

$\sigma_{wij}$ : 두 공정  $i, j$  간의 작업유사도

$\xi$ : 가중치.

$s(\alpha_i, \alpha_j)$ : 공정  $\alpha_i$ 와  $\alpha_j$ 의 유사가중치

$I_i \cup I_j$ : 공정  $i$ 와  $j$  간 상이한 부품수.

$I_i \cap I_j$ : 공정  $i$ 와  $j$  간 동일한 부품수.

$(I_i \cap I_j)^T$ : 공정  $i$ 와  $j$  간 부품형은 동일 부품ID가 상이한 부품수.

구체적인 사례선택 알고리즘은 다음과 같다.

#### Case Retrieval

input: 새로운 문제  $F_n = \{\alpha_n, I_n, O_n, T_n\}$ ;

output: selected case  $C_s = \{F_s, B_s, M_s\}$ ;

begin

for each case in Case Base

    새로운 문제와 유사도를 계산.

    최대 유사도를 갖는 사례를 선택.

    선택된 case는  $C_s = \{F_s, B_s, M_s\}$ ;

    문제  $F$ 를 선택된  $F_s$ 에 대체하고

$F_s$ 를 저장한다.

end

#### 3.3. 초기해 제시

선택된 사례가 주어진 문제와 동일한 경우 선택된 사례는 문제에 대한 해이다. 그렇지 않은 경우 선택된 사례로부터 초기해를 작성하여야 한다. 초기해는 문제의 기능요구와 선택된 기능요구 사이의 상이한 점을 해소하는 방향으로 이루어진다.

#### Solution Proposal

input:  $C_s$  와  $F_s$ ;

output: proposed case  $C_p = \{F, B_p, M_p\}$ ;

Begin

if ( $I_n = I_s$ ),  $C_s$ 는 최종 solution.

for each part  $p_i$  in  $I_n$

    for each part  $p_j$  in  $I_s$

        if 동일 ID, 건너편다.

        if 동일 형,  $M_s$ 의 parameter 수정.

        if  $I_s$ 에만 포함,  $B_s$ 와  $M_s$  관련 노드 제거

        if  $I_n$ 에만 포함,  $B_s$ 와  $M_s$ 에 관련 노드 추가

$T_n$ 와  $T_s$ 를 비교하여  $B_s$ 와  $M_s$ 를 수정한다.

End

#### 3.4. 사례수정

사례선택과정에서 제시된 해는 과거에 주어진 문제와 가장 비슷한 공정설계를 이용하여 부품과 세부공정의 차이를 수정한 해이다. 이 해는 아직 공정기구에 해당하는 장비, 프로그램, 가상모델 등의 타당성 여부를 점검하지 못한 해이다. 따라서 사례선택과정에서 선택된 사례가 주어진 문제에 대한 해로 사용되기 위하여 적절히 수정되어야 한다.

사례 수정과정은 아래 그림 5와 같이 장비수정, 단위공정수정, 프로그램수정의 3 단계를 거쳐 완성된다.

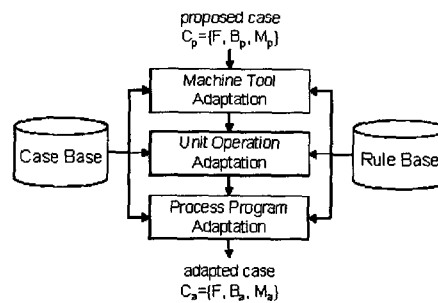


그림 5. 사례수정과정

#### Case Adaptation

input: proposed case  $C_p = \{F, B_p, M_p\}$ ;

```

output: adapted case  $C_a = \{F, B_a, M_a\}$ ;
Begin
for each  $u_i$  in  $B_p$ 
 $\delta_i$ 와  $U_i$ 를 가지고 MT DB 검색
if (동일한 사례가 있다) END
else if  $\delta_i$ 와  $U_i$ 를 가지고 유사사례 선택
for all part attribute (1~n)
if (part attribute가 다른 경우),
attribute i에 해당하는  $MT_i$ ,
 $NS_i$ ,  $VS_i$  수정
else 새로운 장비  $MT_i$ 를 설계하고,
 $NS_i$ ,  $VS_i$ 를 작성한다.
for each  $r_j$ 에 대하여
 $NS_i$ ,  $VS_i$ 를 연결, MT DB에 추가.
End
    
```

### 3.5. 사례 평가

사례평가를 위하여 상용 virtual manufacturing modeler와 작성된 virtual model을 이용한다. 상용 virtual manufacturing modeler로는 Deneb사의 ENVISION이나 Technomatix사의 ROBCAD 등을 들 수 있다. 작성된 virtual model V를 이용하여 공정의 적절성, 기술적 타당성, 공정시간 등을 평가하여 최적의 공정설계라고 판단되면 MT DB를 갱신한다.

### 4. 구현

본 논문의 자동 공정설계 프로그램은 Visual C++ 6.0과 Microsoft SQL 7.0을 이용하여 구현하였다.

그림 6은 사례기반 추론을 이용한 공정설계 프로그램의 초기 화면으로 사용자는 설계하고자 하는 공정명과 입력 부품을 입력하여 데이터베이스로부터 필요한 정보를 가져와 공정설계의 기능요구를 구성한다.

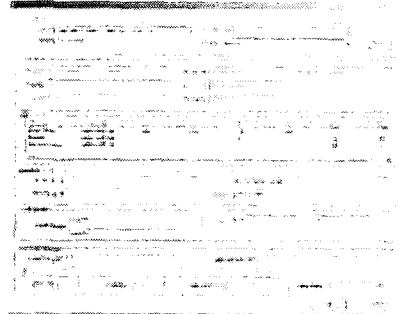


그림 6. 공정 설계의 기능요구

이와 같이 문제와 가장 유사한 사례를 찾기 위하여 사례기반의 사례들과 유사도를 계산하여 가장 유사한 사례를 검색한다. 그림 7은 사례기반의 사례와 문제와의 유사도를 계산한 화면이다.

유사도가 가장 높은 사례를 찾아 문제에 대한 초기해로 삼는다. 선택된 유사사례에 대한 예가 그림 8에 도시되어 있다.

Case ID	Similarity	Other Metrics
Case 1	0.85	...
Case 2	0.72	...
Case 3	0.68	...
Case 4	0.55	...
Case 5	0.42	...
Case 6	0.38	...
Case 7	0.25	...
Case 8	0.18	...
Case 9	0.12	...
Case 10	0.08	...

그림 7. 유사도 계산

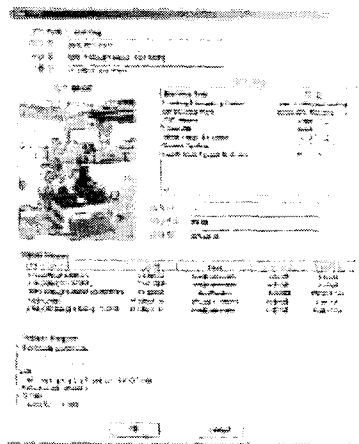


그림 8. 유사사례 선택화면

사례적용 과정을 거쳐 그 공정의 수행을 IGRIP을 통하여 검증한다. 그림 11은 수정된 가상모델을 IGRIP에서 형상화하였으며, 그림 9는 공정의 가능성을 점검하는 화면이다.

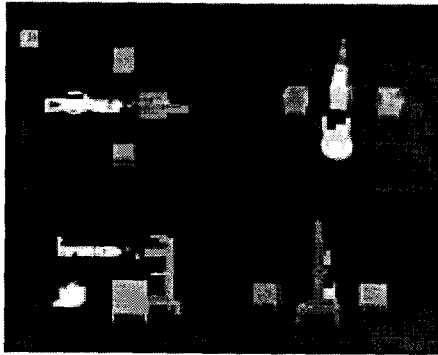


그림 9. 가상 모델

가상모델을 통하여 공정의 기술적 가능성, 공정시간 등을 검증할 수 있다. 아래 그림 10에 가상모델을 통한 공정 평가 예를 나타낸다.

## 5. 결론

본 연구는 사례기반 추론을 이용하여 공정설계를 자동화하는 방법에 대하여 논하였다. 특히 사례 표현하기 위하여 기능요구, 공정 행위 및 공정기구 상호간의 연관관계를 모델링 하였으며, 유사사례를 검색

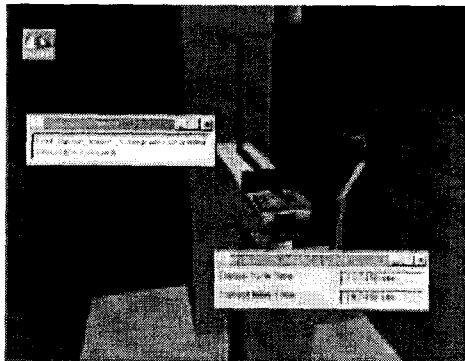


그림 10. IGRIP을 통한 설계공정의 검증

하기 위하여 공정명과 공정방법 그리고 부품의 유사정도에 따른 유사 사례 유도방법

을 제시하였다. 또한 사례의 기능요구, 공정행위와 공정기구 간의 연관관계를 이용하여 사례 재사용을 위한 사례적용과정을 제시하였다.

이 방법은 초기 사례기반의 구축이 용이하며, 사례의 축적을 통하여 자연스럽게 사례기반(case base)을 확장할 수 있다.

그러나 복잡한 조립공정이나 새로운 조립공정이 도입될 경우 적용에 한계가 있다고 할 수 있다. 그리고 유사사례 선택 시 공정명과 공정 방법이 상이한 경우에는 세부공정을 설계자가 직접 작성해야 한다.

## 참고문헌

- [1] Aamodt, A and Plaza, E., 1994, Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approach, AI Communications, IOS Press, Vol. 7, No. 1, 39-59.
- [2] Alexandre, F. et al., 1995, Case-Based Reasoning and Neural Networks Integration, Technical Report IMAG&INRIA, MIX project deliverable D3.
- [3] Bardasz, T. and Zeid, I., 1993, DEJAVU: Case-Based Reasoning for Mechanical Designs, Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing, Vol. 7, No. 2, 111-124.
- [4] Faltings, B. and Kun Sun, 1996, FAMING : Supporting innovative mechanism shape design, Computer-Aided Design, Vol. 28, No. 3, 207-216.
- [5] Faltings, B., 1997, Case Reuse by Model based Interpretation, in M.L.Maher and P.Pu(ed), Issues and Applications of Case-Based Reasoning in Design, Lawrence Erlbaum Association, London, pp. 39-60.
- [6] Karsal, G., Andersen, K., Cook, G.E., and Barnett, 1992, Neural network methods for the modeling and control of welding processes, Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 3, 229-235.
- [7] Keuneke, A. M., 1991, Device Representation : The Significance of Functional Knowledge, IEEE Expert, Vol. 6, No. 2, 22-25.

한국경영과학회/대한산업공학회 2003 춘계공동학술대회  
2003년 5월 16일-17일 한동대학교(포항)

- [8] Knapp, G.M., and Wang, H.,1992, Acquiring, storing and utilizing process planning knowledge using neural networks, Journal of Intelligent Manufacturing, Vol.3., 333-344.
- [9] Laurene F., 1994, Fundamentals of Neural Networks, Prentice Hall International, Inc.
- [10] Lee, H., Malave, C.O.,and Ramachandran, S.,1992, A Self-organizing neural network approach for the design of cellular manufacturing systems, Journal of Intelligent Manufacturing ,Vol.3, 325-332
- [11] Qian, L. and Gero, J.S., 1996, Function-behavior-structure paths and analogy-based design, Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing, Vol. 10, 289-312.
- [12] Sun, S.H. and Chen, J.L.,1995, A Modular Fixture Design System based on Case-Based Reasoning, International Journal Advanced Manufacturing Technology, Vol.10, 389-395.
- [13] Yang, H. , Lu, W.F. and Lin, A.C, 1994,PROCASE: a case-based process planning system for machining of rotational parts, Journal of Intelligent Manufacturing , Vol. 5, 411-430.
- [14] Vellanki, M., and Dagli, C.H.,1993, Artificial neural network approach in printed circuit board assembly, Journal of Intelligent Manufacturing, Vol.4.,109-119.
- [15] 김대수, 1998, 신경망 이론과 응용(1), pp.91-144.
- [16] 서윤희, 김용태, 1998, 사례기반 추론을 이용한 BOM의 자동설계, 대한 산업공학회/한국 경영 과학회 '98 춘계 공동학술대회 논문집