

# 사례기반추론을 이용한 사출금형 공정계획시스템

## Intelligent Injection Mold Process Planning System Using Case Based Reasoning

최형림\* , 김현수\* , 박용성\*\*

\* 동아대학교 경영정보학과 교수

\*\* 동아대학교 경영정보학과 석사과정

### 요 약

사출금형 공정계획이란 금형설계를 완료한 후에 설계된 금형을 경제적, 효율적으로 생산하기 위하여 수행해야 할 제조공정에 대한 계획이다. 이러한 공정계획은 전문가의 경험에 의존함은 물론 많은 시간이 소요된다. 그리고 사출금형 공정계획은 현장경험을 토대로 완전수작업에 의존하고 있으므로 공정계획전문가의 경험과 숙련 등에 따른 변동, 공정설계용 데이터의 부정확 등에 의한 공정계획 그 자체가 갖고 있는 부정확도에 따라 많은 문제점이 있다. 이러한 문제점과 함께 공정계획 전문가의 부족현상, CAD/CAM시스템의 보급 및 생산형태의 다품종소량화 현상에 따라 공정계획의 자동화가 필요하게 되었다.

본 논문에서는 사출금형 공정계획을 자동화하기 위해 사례기반추론(Case Based Reasoning)을 이용하였다. 사출금형의 공정계획은 성형품의 종류에 따라 다양하고 복잡하기 때문에 지식으로서 접근하는데는 한계가 있었다. 그래서 본 논문에서는 전문가들의 경험지식을 이용한 사례기반추론을 이용한 공정계획시스템인 IIMPPS(Intelligent Injection Mold Process Planning System)를 개발하였다. 사례기반추론 공정계획 시스템을 개발하기 위해 과거 공정계획을 적합한 사례로서 표현 및 구성하고, 적절한 공정계획을 수립하기 위한 사례의 검색 및 조정방법을 제안하였다.

본 시스템은 차후에 가상생산 에이전트(최형림 등, 2000) 중에서 공정계획 에이전트의 엔진으로서 역할을 수행할 것이다.

주요어 : 사출금형 공정계획, 공정계획전문가, 사례기반추론, 사출금형 공정계획시스템 (IIMPPS)

## I. 서 론

최근 국내의 금형제조업을 포함한 기계공업은 다소의 양적인 발전을 보이고 있으나, 아직도 노동집약적인 가공중심적 수준에서 크게 벗어나지 못하고 있는 실정이다.

금형공업의 경우 각종 수치제어 공작기계의 도입에 의한 하드웨어적 기반을 구축되어 있으나 이의 효율적인 운용을 위한 소프트웨어 구축은 미약한 단계이며, 일부 도입된 CAD/CAM시스템도 적용대상에 대한 데이터베이스의 구축이 되어 있지 않으므로 막대한 투자의 회수가 늦어지고 있는 실정이다. 또한 금형생산 있어서 설계단계와 제조단계를 연결하는 교량역할인 공정계획설계는 현장경험을 토대로 완전 수작업에 의존하고 있으므로 공정계획전문의 경험과 숙련 등에 따른 변동, 공정설계용 데이터의 부정확 등에 의한 공정계획 그 자체가 갖고 있는 부정확도에 따라 많은 문제점이 있다.

그리고 공정계획을 수립하는 데는 생산가공기술과 작업방법 및 생산설비 등 많은 지식과 경험이 요구된다. 따라서 공정계획 전문가는 금형에 관한 전문적인 지식뿐만 아니라, 다년간의 현장경험이 요구되기 때문에 그 양성이 쉽지 않다. 미공군의 연구보고에 의하면, 전형적인 공정계획전문가는 현장에서 많은 경험을 쌓은 40세이상의 기술자라야 한다고 보고 있다. (금성사, 1989)

그리고 공정계획 전문가의 양성이 어려운 만큼 그 수가 적어서 일부 기업체에서만 보유하고 있을 뿐 대부분의 중소기업체에서는 공정계획전문가를 보유하지 못하고 있다. 그래서 대부분의 중소기업체는 공정계획에 따른 생산이 이루어지지 않기 때문에 경제성이나 효율성 측면에서 많은 문제점을 가지고 있다. 이러한 수작업에 의한 문제, 전문가의 양성의 어려움과 부족현상과 함께 CAD/CAM시스템의 보급 및 생산형태의 다품종소량화 현상에 따라 공정계획의 자동화가 필요하게 되었다.

공정계획자동화에 대한 연구 및 시스템 개발은 주로 국외에서 기계가공부품을 대상으로 150여 시스템이 개발되었으나(Althing과Zhang, 1989), 설계가 복잡하고 가공하는데 많은 시간이 소요되는 금형을 대상을 하는 연구는 드물다. 국내에서 전문가의 지식을 이용하여 사출금형 공정계획 자동화에 접근한 연구가 있으나(조규갑, 1996 ; 금성사, 1989), 금형은 전형적인 다품종소량생산 상품으로 성형품의 종류에 따라 그 특성과 구조가 매우 다양하고, 금형은 많은 부품들이 조립되어 이루어지는 제품이기 때문에 각 부품들의 특성도 함께 고려해야 하는데 이러한 금형의 특성들을 모두 지식으로서 표현하는데는 한계가 있었다. 그래서 본 연구에서는 사출금형 공정계획자동화를 위해 전문가의 지식이 아닌 과거에 수립된 공정계획을 이용하는 사례기반추론(Case Based Reasoning)을 통하여 접근하였다.

사출금형이라는 제품은 금형의 종류와 구조 등에 따라 공정계획이 매우 다양하게 수립되지만, 성형품의 용도나 품명이 같은 경우에는 공정이 거의 유사하여, 과거에 수립된 공정계획이 새로운 금형의 공정계획에 매우 유용하게 사용될 수 있다. 또한 실제 현장의 공정계획 전문가들도 과거의 공정계획을 새로운 공정계획의 출발점으로 이용하고 있다.

본 연구의 목적은 사출금형 공정계획을 자동화하는 시스템을 개발하는 것으로 사례기반추론을 이용한 사출금형 공정계획시스템, IIMPPS(Intelligent Injection Mold Porcess Planning System)를 개발하였다. 이 시스템은 이전에 수립하였던 공정계획을 사례로서 표현하여 사례베이스에 저장하였다가 새로운 공정계획 수립 시 사례베이스에 저장되어 있는 공정계획 사례 중에서 가장 유사한 사례를 추출하고, 이 사례를 조정 및 수정하여 새로운 공정계획을 수립하는 시스템이다.

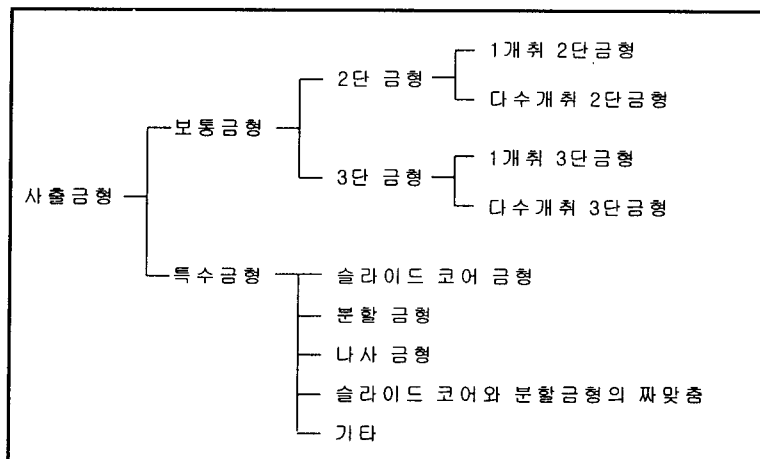
본 논문은 총 4절로서 구성되어 있다. 제 2절에서는 본 연구의 도메인인 사출금형 공정계획에 대해 살펴보고, 3절에서는 본 연구에서 IIMPPS를 개발하기 위한 사례의 표현과 구성,

검색 및 조정방법에 대해 살펴보고, 4절에서는 본 연구의 의의와 한계 및 향후 연구방향을 제시한다.

## II. 사출금형 공정계획

### 1. 사출금형의 개요

사출성형은 열가소성 수지(熱可塑性 樹脂)로 일정한 형상의 성형품을 성형하는 작업으로 이러한 사출성형품을 생산하기 위한 수단으로 사용되는 것이 사출금형이다. 일반적으로 금형이란, 동일형상의 제품을 성형할 경우 사용하는 주로 금속재료로 구성된 “형” 또는 “틀”이라 정의한다. 사출성형용 금형은 극히 작은 성형품을 성형하는 소형으로부터 텔레비전 및 컴퓨터 케이스를 성형하는 대형에 이르기까지 다양하게 있다. 이 밖에 사출금형은 성형품의 종류, 재질, 성형방법, 금형의 구조, 수량, 정밀도 등에 따라 다양하게 분류할 수 있으나 일반적으로 아래의 <그림 1>와 같이 분류한다. (이창호, 1999)

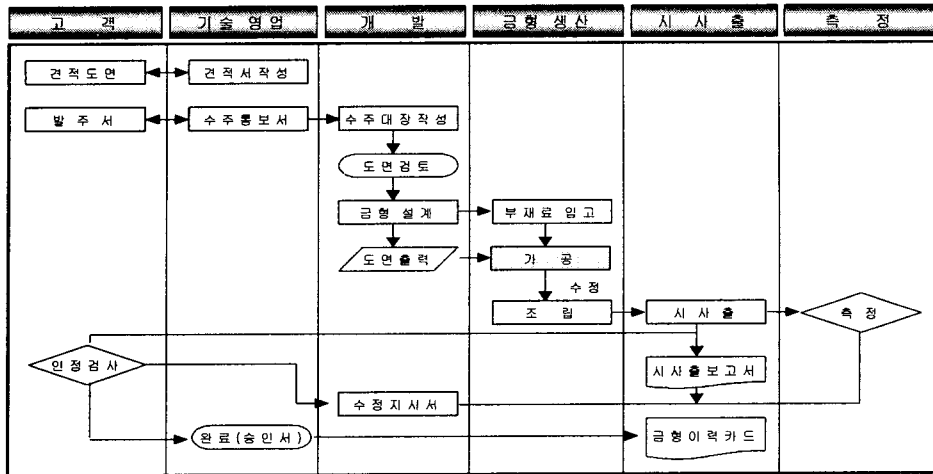


<그림 1> 사출금형의 분류

### 2. 사출금형의 공정계획

제품설계를 완료한 후에 설계된 제품을 경제적, 효율적으로 생산하기 위하여 수행해야 할 제조공정에 대한 계획 즉, 설계에서 작성된 금형 부품의 기하학적 형상과 치수, 가공 등을 기본적으로 하여 제작에 필요한 제조공정을 결정하는 생산기술정보의 처리에 관한 계획을 공정계획이라 한다.(조규갑, 1996 ; 금성사, 1989) 이러한 공정계획은 설계와 제조를 연결시키는 역할 수행하므로 제품의 전체생산 흐름에서 중요한 부분을 차지하고 있다.

아래의 <그림 2>는 고객의 주문에서부터 금형의 설계와 공정과 그리고 성형품에 대한 측정에 이르기까지의 금형생산의 전체적인 흐름이다. 공정계획은 이러한 금형생산의 전체적인 흐름 중에서 금형생산 부분의 가공부분에서 수립된다. 즉, 금형의 설계가 이루어지고 난 후에 설계에 따라 금형을 생산할 때 수립되는 것이다.



<그림 2> 금형생산의 전체적인 흐름

사출금형의 공정계획을 수립한다는 것은 사출금형을 구성하는 각 부품들을 생산하기 위해 서 적합한 공정과 공수를 할당하는 것이다. 사출금형은 코어, 캐비티, 고정측/가동측 형판 등과 같은 여러 가지 부품들이 조립되어 생산되는 제품이기에 금형자체를 생산하기 위한 공정계획이 아니라 금형을 구성하는 부품들에 대한 공정계획이 수립된다. 그리고 공정을 할당한다는 것은 공정을 수행할 기계를 할당하는 것과 같은 의미이다.

사출금형을 구성하는 모든 부품들이 공정계획에 고려되는 것이 아니라, 주요부품만을 고려하여 공정계획이 수립된다. 주요부품을 제외한 부속부품인 핀류와 나사류와 같은 부품들은 직접 제조되기보다는 표준화된 것을 구매하여 사용하기 때문에 공정계획의 수립 시 제외된다. 아래의 <표 2>와 <표 3>은 사출금형을 구성하는 부품을 주요부품과 그 외 부속부품으로 나눈 것이다.

고정측 부착판	이젝트 플레이트 上	고정측형판
가동측 부착판	이젝트 플레이트 下	가동측형판
스트리퍼 플레이트	스페이서 블록	코어
받판	이젝터 핀	러너 스트리퍼플레이트
러너 이젝터 핀	분할형 블록	이젝트 슬리브
로킹블록		

<표 1> 사출금형의 주요부품

로케이트 링	스프루 부시	가이드 핀
가이드 핀 부시	스프루 록 핀	리턴 핀
스톱핀	이젝트플레이트 가이드 핀	이젝터 로드
서포트 핀	서포트	스톱 볼트
플러 볼트	체인	러너 록 핀
고정나사	안장링크	앵글러 핀
스토퍼	코일 스프링	

<표 2> 사출금형의 부속부품

### 3. 사출금형 공정계획의 자동화

사출금형 공정계획을 자동화하기 위해 전문가의 지식을 이용한 전문가시스템을 연구가 이루어졌지만, 사출금형은 성형품의 종류에 따라 다양한 구조와 특성을 가지며, 또한 사출금형은 CAVITY, CORE, PLATE 등과 같은 부품으로 구성되어 있어서 각 부품에 대한 특성들까지도 고려가 되어야 하기 때문에 한계가 있었다.

그래서, 이러한 한계를 과거의 사례를 이용하는 사례기반추론으로서 극복하였다. 사출금형은 용도와 품명이 같은 제품은 그 공정이 유사하여 새로운 공정계획을 수립하는데 매우 유용하게 사용될 수 있으며, 또한 실제 현장의 공정계획전문가들도 과거의 공정계획을 새로운 공정계획 수립의 출발점으로 사용하고 있다.

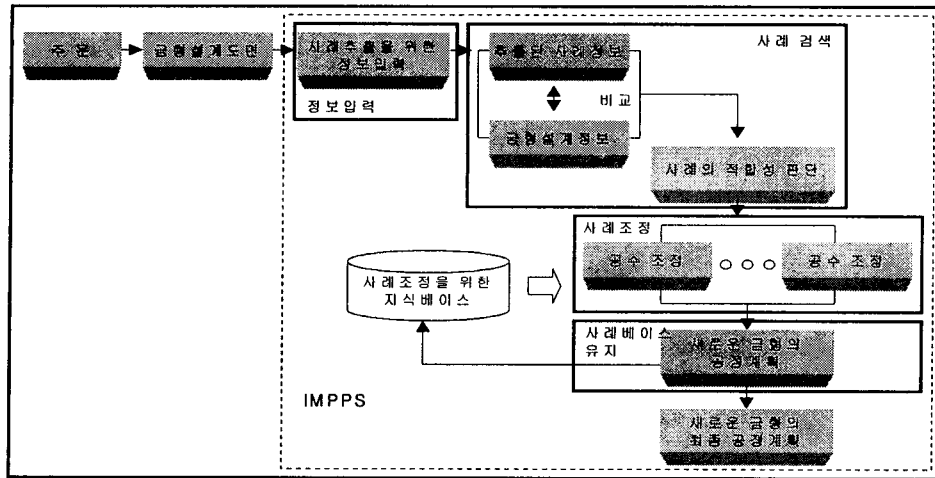
사례기반추론은 과거에 유사한 문제를 해결한 경험을 기초로 새로운 문제에 대한 해를 구하는 기법으로서 실제 인간의 추론과정과 유사하다는 장점 때문에 개념이 잘 정의되어 있지 않거나 규칙을 추출하기 어려운 분야의 문제 해결에 특히 유용하게 사용될 수 있다. 사례기반추론은 예측, 설계, 진단 등의 분야에 적용되고 있는데, 설계분야에서는 열연제품의 과거의 설계를 활용하여 새로운 설계를 수립하는 부분에서 적용되었고, 진단분야에서도 제품의 다양하고 수많은 고장사례를 규칙으로 표현할 수 없어서 사례로 표현하여 문제를 해결하려고 하였다.

사례기반추론 시스템은 우선 문제의 특성이 입력되면 메모리에 저장되어 있는 유사사례를 검색한다. 만약 정확하게 매칭되는 사례가 발견되면 직접적인 문제 해결에 사용되지만, 유사한 사례가 발견된 경우에는 입력된 문제를 해결할 수 있도록 변환시키는 과정이 필요하다. 이러한 과정을 조정(adaptation)이라고 하는데, 이 과정을 거쳐 문제를 해결하며, 그리고 이 해결방안은 새로운 사례로써 사례베이스에 저장된다. 사례기반추론 시스템의 개발과정은 크게 사례표현(case representation), 색인 및 검색(indexing and retrieval), 조정(adaptation), 유지(retain)와 같이 4단계로 구성되어 있다. (Kolodner, 1991)

## III. IMPPS (Intelligent Injection Mold Process Planning System)

본 연구에서 제시한 IIMPPS (Intelligent Injection Mold Process Planning System)는 사례기반추론을 이용하여 사출금형의 공정계획을 수립하는 시스템으로, 사출금형 특성인 용도, 품명, 모델, 공정기간, 금형크기, 금형구조, 부품수와 그 금형의 부품 특성인 부품명, 재질, 부품크기를 입력받아 이러한 특성과 가장 유사한 과거의 사출금형의 공정계획을 사례베이스에서 추출하여 그 사례를 이용하여 새롭게 주문된 사출금형의 공정계획을 수립하는, 즉 각 부품들을 생산하기 위해서 적합한 공정과 공수를 할당하는 시스템이다. 추출된 과거의 사례가 새로운 사출금형의 공정계획과 같으면 그대로 적용하고, 유사한 경우에는 적절한 조정과정을 거친다.

## 1. 전체적인 시스템의 구조



<그림 3> 시스템의 전체적인 흐름

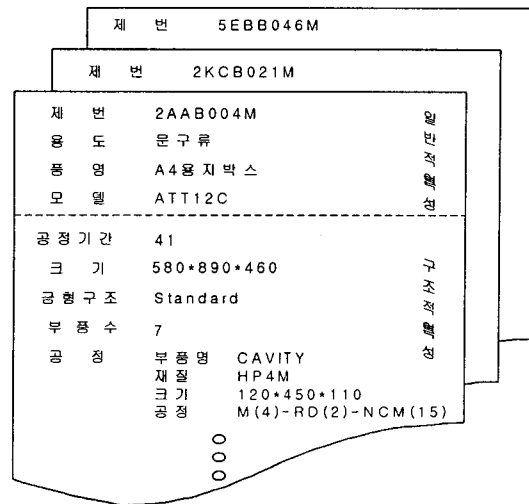
[그림 3]은 IIMPPS의 전체적인 구조와 흐름을 보여주고 있다. IIMPPS는 크게 네 개의 모듈로 구성되어 있다. 공정계획을 위한 정보를 입력받는 입력모듈, 사례를 검색하는 검색모듈, 사례의 조정이 필요한 경우 사용되는 조정모듈, 그리고 마지막으로 사례베이스를 유지하기 위한 유지모듈이다. 입력모듈에서는 유사한 사례를 추출하기 위해 새로운 주문금형의 일반적인 특성과 구조적인 특성을 입력받는다. 그리고 검색모듈에서는 입력된 정보와 사례베이스에 저장되어 있는 사례들을 차례대로 검색하면서 유사도를 측정하여 가장 유사한 사례를 추출한다. 그리고 조정모듈에서는 추출된 사례에 대해서 조정이 필요한 경우 이를 위한 사례조정 지식베이스를 이용하여 사례를 수정, 보완한다. 마지막으로 유지모듈에서는 과거의 사례를 통해서 새로운 금형의 공정계획이 수립된 후 이 사례를 사례베이스에 다시 저장하는 모듈이다.

## 2. 사례기반추론(CBR)을 이용한 공정계획

### 2.1 사례(Case)의 표현

사례기반추론(CBR)에서의 문제해결은 현재 주어지 있는 문제와 과거의 유사한 문제를 찾아 그 문제의 해결방안으로부터 새로운 문제의 해결방안에 대한 단서를 얻고자 하는 것으로 사례는 항상 문제와 답을 가지고 있도록 설계되어야 한다. 사출금형의 공정계획문제에서는 여러 가지 용도와 구조적 특성을 지닌 금형이 '문제'이며, 그 금형을 생산하기 위하여 수립된 공정계획이 '답'이 된다.

사례의 표현에는 일반적으로 객체지향방식, 프레임(frame)기반 방식 등이 많이 사용되나, 본 시스템의 사례표현방식은 프레임기반 방식을 채택하고 있다. <그림 4>에서 보는 바와 같이 각 사례는 제번, 용도, 품명, 모델, 공정기간, 크기, 금형구조, 부품수, 공정 슬롯(slot)으로 구성되어 있다. 제번, 용도, 품명, 모델 슬롯들은 금형의 일반적인 특성을 나타내는 것이며, 공정기간, 크기, 구조, 부품수 슬롯은 금형의 구조적인 특성을 나타내는 것이다. 이러한 슬롯들은 모두 금형의 공정계획에 영향을 미치는 요인들로서, 특히 용도, 품명 그리고 금형구조는 각각의 사례들을 대표하는 주요 요인(Key Attribute)이 된다. 또한 이 주요 요인들은 사례를 분류하는 척도로서 활용된다.



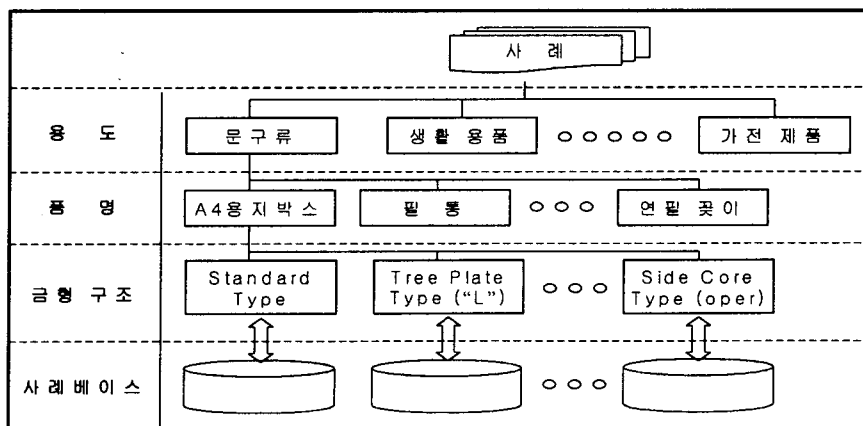
<그림 4> 공정계획 사례의 표현

## 2.2 사례의 검색

### 1) 사례베이스의 구조

사례기반추론(CBR)에서 문제해결을 위하여 모든 사례들을 하나씩 검색해야 하는 사례베이스 구조를 가지면, 그 크기가 방대해 질수록 그 효율성이 저하된다. 그래서 본 시스템의 사례베이스 구조는 검색의 효율성을 높이기 위하여 사례들이 사례를 대표할 수 있는 주요 요인(Key Attribute)인 '용도', '품명', '금형구조'로서 분류되어 있다.

본 시스템의 검색방법은 사례를 대표할 수 있는 주요 요인으로서 분류하는 귀납적 방법과 분류된 사례들을 다시 항목값의 순서에 따라 순차적으로 배열하고 검색하는 최근사법(Nearest Neighborhood Approach)를 혼합하여 사용하고 있다. 즉, <그림 5>에서와 같이 문제해결을 위하여 금형의 특성 중에서 같은 용도를 가진 그리고 같은 품명과 금형구조를 가진 그룹을 검색하고 그 그룹 내에서 사례들의 슬롯값을 비교하여 가장 유사한 사례를 찾는 트리형태의 검색구조를 가지고 있다.



<그림 5> 사례베이스의 구조

## 2) 유사성 척도 함수

과거의 사례와 주어진 주문조건과의 유사성의 비교는 각 사례에 대해 항목 대 항목의 비료로써 이루어지며 이때 전체 항목의 유사성을 종합하여 사례의 유사정도를 평가한다. IIMPPS에서는 금형의 크기와 부품의 크기에 가중치를 부여하고, 이 항목에 대해서 유사성을 측정한다. 이때 각 항목간의 유사한 정도를 나타내는 유사성매칭함수(Matching Function)는 현재사례의 항목과 과거 사례의 항목이 가지는 값에 따라 다른 두 가지 형태의 함수를 적용한다. (고영관, 1997)

$$SM(\text{prob}, \text{case}_i) = \frac{\sum_{k=1}^n \text{weight}_k \times MF(\text{attr}_{\text{prob},k}, \text{attr}_{i,k})}{\sum_{k=1}^n \text{weight}_k}$$

SM(prob, case<sub>i</sub>) : 주어진 problem과 case<sub>i</sub>간의 유사성 계수

prob : 주어진 문제

case<sub>i</sub> : 사례베이스에 저장된 i번째 case

weight<sub>k</sub> : case의 k번째 항목의 가중치

MF(attr<sub>prob,k</sub>, attr<sub>i,k</sub>) : problem의 k번째 항목과 case<sub>i</sub>의 k번째 항목의 Matching Function값

### ■ 점비교함수 (Point Matching Function)

항목의 값이 최소값이나 최대값 등 중 하나만을 가지는 경우 같은 최대값끼리, 혹은 같은 최소값끼리 비교할 때 이용된다. 주어진 두 값이 얼마나 유사한가를 차이 값의 범위에 따라 0과 1사이의 값으로 평가하는 함수이다.

### ■ 구간비교함수 (Interval Matching Function)

이는 과거 사례의 항목 값이 일정한 구간을 가지는 값일 때 이용되는 것으로, 현재 사례의 항목과 과거 사례의 항목의 두 구간이 겹치는 부분(r)이 과거 사례의 범위(R)중 현재 주문을 보증할 수 있는 범위라는 의미이다. 즉, 두 항목의 유사한 정도는 r/R이 된다.

현재 사례의 값이나 과거 항목의 값이 구간의 값을 가진다는 의미는 만들어진 공정계획이 그 구간 내에서 한 값을 가지게 된다는 것을 의미하며, 공정계획이 특정한 목표값에 적응할 확률이 얼마만큼 인지를 나타낸다.

## 2.3 사례의 조정(Adaptation)

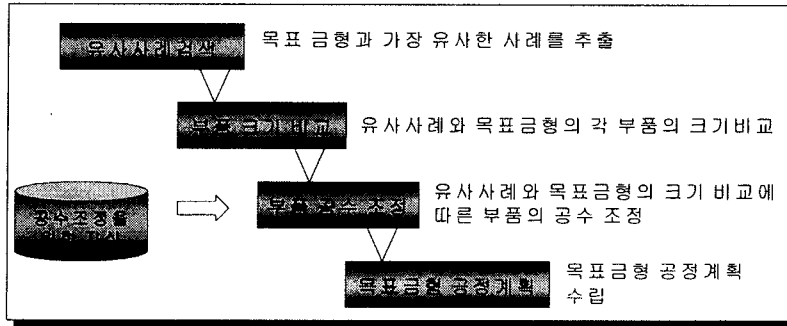
사출금형업체에서는 같은 성형품을 생산하기 위한 금형을 만드는 경우도 있지만, 그렇지 않은 경우도 있다. 즉 과거에 생산한 사출금형과 똑같은 금형을 생산할 경우에는 과거의 공정계획을 새로운 금형의 공정계획으로서 바로 적용할 수 있지만, 금형의 구조와 부품의 크기 등과 같은 특성이 다른 경우에는 과거의 공정계획을 그대로 적용할 수 없다. 따라서 정도의 차이는 있지만 공정계획의 차이를 보정해 주기 위한 일련의 과정을 거쳐야만 비로소 새로운 금형생산에 적용할 수 있는 공정계획이 된다.

IIMPPS에서는 부품별 공수에 대해 조정과정을 거친다. 금형의 용도와 품명, 금형구조 등



이 유사한 사례는 부품의 종류와 각 부품별 형상이 거의 유사하다. 예를 들어 A4용지박스 사출금형을 생산함에 있어 크기가 다른 A4용지박스를 생산하는 사출금형은 이전의 A4용지박스 사출금형의 공정계획과 공수에서만 차이가 날 뿐, 부품의 종류와 형상이 거의 유사하다는 것이다. 그리고 각 공정의 공수에는 부품의 크기와 형상이 영향을 미치나, 위에서 설명한 것과 같이 유사한 사례일 경우 부품의 형상이 유사하기 때문에 부품의 크기만을 고려하여 사례의 조정과정을 거친다.

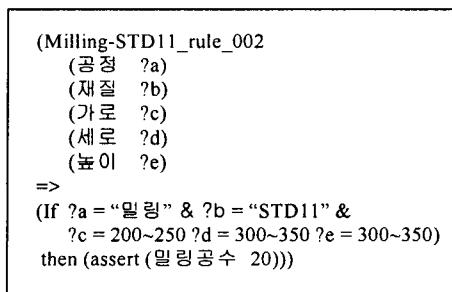
이러한 사례의 조정과정은 아래의 <그림 7>과 같다.



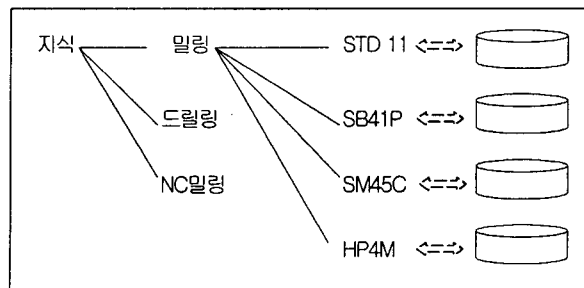
<그림 7> 사례조정의 단계

- Step 1) 새로운 사출금형의 부품과 유사 사례의 부품크기를 비교한다.
- Step 2) 비교한 결과가 같으면, 공수를 그대로 적용하고,
- Step 3) 비교한 결과가 다르면, 부품크기에 따른 공수를 나타내는 지식을 추출하기 위해 지식베이스를 검색한다.
- Step 4) 적절한 지식을 선택한다.
- Step 5) 부품의 공정에 적절한 공수를 할당한다.

사례의 조정은 공수를 조정하기 위한 지식으로 이루어지며, 이러한 지식은 부품의 크기별 공정의 공수로서 아래의 <그림 8>과 같이 IF-THEN 구문으로 표현된다. 이러한 지식은 실제 현장에서 사용하고 있는 공정별 표준시간 테이블과 표준시간 산출공식 및 실제 공정시간에 대한 측정 등을 기반으로 IIMPPS에 적절한 지식으로 변환하였고, 습득된 지식을 전문가와의 면담과 함께 실제 측정을 통해 검증하였다. 지식베이스도 사례베이스와 같이 검색의 효율성을 위해 각 공정과 원재료의 재질별로 분류되어 구성되어 있다. 지식의 표현과 지식베이스의 구조는 아래의 <그림 9>와 같다



<그림 8 > 지식의 표현



<그림 9 > 지식베이스의 구조

### 3. Prototype

본 연구에서 개발한 IIMPPS 시스템을 평가하기 위해 "CASPIAN" 이라는 Case Based Reason Tool을 사용하여 prototype을 개발하였다. "Cake-Box"를 생산하는 금형에 대해서 실험을 하였다. 그 과정은 설명하면 다음과 같다.

Step 1. 먼저 시스템 내부에 "Cake-Box"와 관련된 공정계획 사례들을 구성한다. <표 3>은 공정계획사례들을 구성하기 위하여 실제로 현장에서 이루어진 공정들을 역추적하여 작성한 공정계획표이다. 이 공정계획표의 내용이 사례로서 표현 및 구성된다.

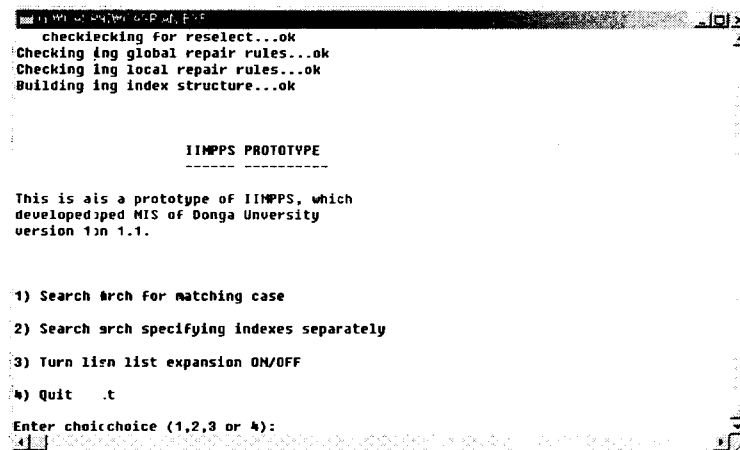
제 번	AJ-117	준비작업기간	15일	담당자
품 명	Cake-Box	조립작업기간	2일	최장군
도면번호	AJ-C238	제작기간	35-40일	

부품명	기계명(공수)	기계명(공수)	기계명(공수)	기계명(공수)	기계명(공수)	기계명(공수)	기계명(공수)
가동측형판	LM(18)	RD(20)					
고정측형판	LM(17)	RD(10)					
이젝트판	MM(6)	RD(2)					
고정측/가동측 설치판	MM(6)	RD(2)					
가동측코어	MM(4)	RD(7)	NCM(19)	ES(4)	SF(10)		
고정측코어	MM(4)	RD(8)	NCM(25)	ES(4)	SF(10)		
스트리터 판	MM(22)	RD(4)	ES(3)	SF(5)			

<표 3> "Cake-box" 공정계획표

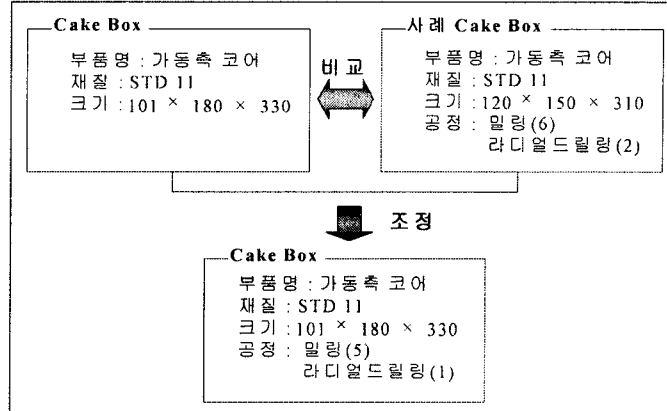
Setp 2. CASPIAN으로 구현된 "IIMPPS"을 실행시킨다. <그림 10>은 IIMPPS가 실행된 화면을 나타낸다.



<그림 10> IIMPPS 실행화면 (CASPIAN)

Step 3. 저장되어 있는 "Cake-Box" 금형과 용도가 같은 "Cake-Box" 금형의 특성을 도면을 보면서 차례대로 입력한다.

Setp 4. 저장되어 있는 사례들을 검색하여 가장 유사한 사례를 추출하고, 조정지식에 의해서 사례를 조정한다. 시스템 내부에서 수행되는 조정과정을 사용자는 볼 수 없기 때문에 "Cake-Box" 의 부품인 '가동축 코어'의 조정과정을 <그림 11>으로 보여준다. 아래의 그림을 보면, 새로운 주문사출금형의 부품크기가 추출된 사례의 크기보다 작기 때문에 그에 따라 공수를 조정해야 한다. 즉, 크기가 작아짐에 따라 공수가 적게 할당이 된 것을 확인할 수 있다.



<그림 11> "Cake-Box" 사례조정과정

Step 5. 모든 과정을 마치면 아래의 <표 4>과 같은 공정계획표가 작성된다.

제 번	AJ-238	준비작업기간	15일	담당자
품 명	Cake-Box	조립작업기간	2일	최장균
도면번호	AJ-C498	제작기간	40-45일	

부품명	기계명(공수)	기계명(공수)	기계명(공수)	기계명(공수)	기계명(공수)	기계명(공수)	기계명(공수)
가동축형판	LM(25)	RD(17)					
고정축형판	LM(14)	RD(19)					
이젝트판	MM(10)	RD(5)					
고정축/가동축 설치판	MM(12)	RD(9)					
가동축코어	MM(5)	RD(9)	NCM(23)	ES(10)	SF(10)		
고정축코어	MM(9)	RD(12)	NCM(3)	ES(13)	SF(13)		
스트리터 판	MM(31)	RD(8)	ES(9)	SF(13)			

<표 4> 최종 수립된 공정계획표

IIMPPS 시스템의 결과를 검증하기 위해서 최종적으로 수립된 공정계획표를 실제 금형산업체의 전문가에게 제시하여 타당성을 입증 받았다. 그리고 이러한 정성적인 평가와 함께 실제로 같은 금형에 대해 전문가에게 공정계획을 의뢰하여 IIMPPS와 비교하였더니, 전문가의 공정계획 수립시간은 40분 정도였고, IIMPPS는 15분 정도였다. 이러한 검증결과로써 IIMPPS에 대한 타당성과 효율성을 입증할 수 있다.

## IV. 결론

본 논문은 사출금형 공정계획의 자동화를 위해 사례기반추론을 이용한 IIMPPS를 개발하였다. IIMPPS는 과거의 공정계획을 사례로서 표현하여 이를 사례베이스에 저장하고, 새로운 금형의 공정계획의 수립 시 가장 유사한 사례를 사례베이스에서 추출 및 조정하여 새로운 금형의 공정계획을 수립하는 시스템이다. 이 시스템을 통하여 공정계획 전문가들은 좀더 효율적인 공정계획을 작성할 수 있으며, 공정계획 수립 시간 단축시킬 수 있다. 그리고 공정계획 전문가의 부족으로 인해 공정계획 전문가를 보유하지 못하고 있는 중소기업업체에서도 이 시스템을 통해 공정계획을 수립할 수 있으며, 수립된 공정계획에 의해 효율적으로 제조공정을 수행할 수 있으며, 또한 효율적인 공정수행으로 인해 비용을 절감시킬 수 있다.

그리고, 실질적으로 생산하지 않아도 공정계획을 수립할 수 있기 때문에 IIMPPS에 의해 수립된 공정계획과 현재 자사의 설비상태와 로드된 작업에 따라 새로운 주문에 대한 수락여부를 판단할 수 있는 자료가 된다. IIMPPS에 나타난 공수를 판단하여 현재 로드된 작업과 함께 수행했을 때, 주문을 적절하게 수행하지 못하면 주문을 받아들이지 않을 것이고, 그 반대의 경우라면, 주문을 받아들일 것이다. 이는 중소기업업체들이 아무런 계획 없이 또는 무리하게 주문을 받아들여 도리어 손해를 보는 경우를 없애 줄 것이다.

본 연구의 기여점은 지금까지 국내외적으로 연구가 드문 사출금형 공정계획의 자동화를 위해 사례기반추론이라는 새로운 방법을 통해 접근하여 자동화 시스템을 개발하고, 이를 검증한 것이다. 그리고 이 시스템은 사출금형업체에게 많은 이익을 가져줄 것이라 확신한다.

IIMPPS는 충분한 사례들을 기반으로 수행되기 때문에 앞으로 좀 더 효율적이고 지능적인 시스템이 되기 위해서는 이러한 사례들을 도면파일에서 자동적으로 표현 및 구성할 수 있는 부분을 추가로 개발을 하여야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 조규갑, 오정수, 임주택, 노형민, "사출금형부품 가공을 위한 공정계획 전문가시스템의 개발사례", 한국전문가시스템학회지, 제2권, 1호, 1996.06, pp.27-44
- [2] 고영관, 박상혁, 서민수, 임여중, "사례기반추론을 이용한 열연제품 품질설계지원 시스템", 한국전문가시스템학회지, 제3권, 1호, 1997, pp.101-109
- [3] 이재식, 전용준, "사례기반 추론에 근거한 설비이상 진단 시스템", 한국전문가시스템학회지, 1995, pp.85-102
- [4] 이재식, 김영길, "규칙 및 사례기반의 하이브리드 고장진단 시스템", 한국전문가시스템학회지, 제4권, 1호, 1998.06, pp.115-131
- [5] 이창호, 전자상거래 환경하에서의 가상생산 에이전트 설계 및 구현 방안 연구, 석사학위논문, 동아대학교 경영정보학과, 1999
- [6] 황하진, "사례기반추론을 이용한 컴퓨터지원설계시스템의 개발", 1996
- [7] 일본플라스틱가공기술협회, 역 홍명웅, "사출금형의 기본과 응용", 기전연구사, 1995
- [8] 유병열, "사출금형설계입문", 12판, 성안당, 2000
- [9] 금성사, "금형공정설계의 자동화시스템 개발(II)", 1989
- [10] Schank, R.C., "Inside Case-based Reasoning", Lawrence Erlbaum Associates, 1989
- [11] Alting, L. and Zhang, H., "Computer Aided Process Planning : The state-of-the-art survey", International Journal of Production Research, Vol.27, No.4, 1989, pp.553-585
- [12] Eversheim, W. and Schneewind, J., "Computer-Aided Process Planning-State of the Art and Future Development", Robotics & Computer-Integrated Manufacturing, Vol.10, No. 1/2, 1993, pp.65-70
- [13] Karen Ketler, "Case-based reasoning : an introduction", Expert Systems With applications, Vol.6, 1993, pp.3-8
- [14] Kolodner, J., "Case-Based Reasoning", Morgan Kaufman Publishers, 1993  
Kolodner, J., "Improving Human Decision Making through Case-Based Decision Aiding", AI Magazine, Vol.12, No.2, 1991, pp.52-68
- [15] Center for Intelligent Systems, "Creating a Case-Base using CASL: CASL description document v2", UW Aberystwyth, 1996
- [16] Center for Intelligent Systems, "An Introductory Guide to Caspian: Caspian document v2", UW Aberystwyth, 1996
- [17] Barletta, R., "An Introduction to Case-Based Reasoning", AI Expert, Vol.6, No.8, 1991, pp.42-49