

# 사례기반추론을 이용한 금형 트라이아웃 보고서 작성시스템

양태호<sup>1</sup> · 최상수<sup>2</sup> · 김건연<sup>3</sup> · 이인석<sup>4</sup> · 김육태<sup>5</sup> · 노상도<sup>6\*</sup>

<sup>1</sup>포스코 ICT 정보기술연구소 / <sup>2</sup>한국생산기술연구원 / <sup>3</sup>성균관대학교 대학원 산업공학과

<sup>4</sup>GM대우자동차 생산기술연구소 금형기술팀 / <sup>5</sup>신흥대학교 치기공과

<sup>6</sup>성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과

## A Tryout Report System of Press Dies using Case-Based Reasoning

Taeho Yang<sup>1</sup> · Sangsu Choi<sup>2</sup> · Gun Yeon Kim<sup>3</sup> · Inseok Lee<sup>4</sup> · Wook-Tae Kim<sup>5</sup> · Sang Do Noh<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Information Technology R&D Center, POSDATA

<sup>2</sup>Korea Institute of Industrial Technology

<sup>3</sup>Department of Industrial Engineering, Sungkyunkwan University

<sup>4</sup>Manufacturing Engineering Center, GM Daewoo Auto and Technology

<sup>5</sup>Department of Dental Laboratory Technology, Shinheung College University

<sup>6</sup>Department of Systems Management Engineering, Sungkyunkwan University

A tryout is one of the most important process in development and production of dies. For automotive press dies, it takes 3 to 4 months during the vehicle development process. Moreover, useful information and knowledge from tryout process is very important to design and production planning of dies. In this paper, we developed a new supporting system for making and managing tryout reports of an automotive press die. The CBDTS(Case-Based reasoning for Die Tryout report System) was developed and applied using case-based reasoning method in order to reduce time and manage knowledge of tryout. It consists of “Class Retrieval Wizard”, “Case Cleansing Module”, and “Case Viewer.” Also, this CBDTS could be a channel to integrate field information with enterprise-wide information management systems as well. The CBDTS was applied to a Korean automotive press die shop, and the results were very satisfied in both quantitative and qualitative manners.

**Keyword:** automotive press die, tryout, case-based reasoning

### 1. 서론

근래에 들어 세계의 제조 기업들은 여러 종류의 정보 시스템을 사용하여, 제품의 라이프사이클 상에 존재하는 데이터와 정보의 통합을 이루기 위해 많은 노력을 하고 있다(CIMdata, 2006). 그러나 자동화하기 어려운 제조 현장과의 직접적인 정보 통합에 관한 연구는 상대적으로 미비한 상황이다. 예를 들

어, 대부분의 제조 기업들이 정보시스템을 통하여 제품 개발 관련 엔지니어링 데이터 관리, 전문가의 지식 관리, 기술 문서 관리, 제조 현장의 생산 관리 등을 수행하고 있으나, 사무실이 아닌 제조 현장에서 업무를 수행하고 있는 현장 작업자가 여러 정보시스템들의 다양한 데이터를 획득하여 직접 업무에 적용하거나, 반대로 현장 작업자의 의사결정 내용이나 정보를 전사 차원의 정보시스템에 직접 등록하는 것이 어려운 상황이

\*연락처 : 노상도 교수, 440-746, 경기도 수원시 장안구 천천동 300, 성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과, Fax : 031-290-7610, E-mail : sdnoh@skku.edu

투고일(2009년 07월 30일), 심사일(1차 : 2009년 11월 11일), 게재확정일(2010년 01월 10일).

다. 특히 현장에서는 업무를 정형화하여 자동화하기 힘든 작업자 중심의 전통적인 업무들이 많으며, 이러한 업무들에 대해 체계화하기 어려운 각종 지식을 관리하여 이를 여러 사람이 사용할 수 있도록 하는 업무 개선과 기술 개발, 그리고 환경과 지원 시스템 구축에 대한 요구가 증가하고 있다(Lee *et al.*, 2005).

본 논문에서는 자동차 프레스 금형 생산을 대상으로, 현장에서 직접 수행되는 트라이아웃(tryout) 보고서 작성 업무의 문제점을 분석하고, 관련 지식의 종합적인 관리와 정보시스템간의 데이터 교환, 그리고 보고서의 작성과 관리가 용이하게 수행되는 사례기반추론 기반의 금형 트라이아웃 보고서 작성 시스템을 설명한다. 트라이아웃은 금형이 납품되기 이전의 마지막 공정으로서, 금형의 최종 품질을 점검하는 공정이다. 이 단계에서는 금형을 프레스 설비에 장착하여 판넬이 취출되는 여부를 확인하고, 양산과정에서의 최적 생산 조건을 확보하는 공정이다(Choi *et al.*, 2009). 이를 위하여 본 논문에서는 연구 대상인 자동차 프레스 금형 공장의 현행 트라이아웃 업무 프로세스의 문제점을 분석하고, 사례기반추론 기반 트라이아웃 보고서 작성 시스템의 개발과 구현, 그리고 국내의 한 자동차 프레스 금형 공장을 대상으로 개발된 시스템을 실제 적용해본 결과를 설명한다.

## 2. 이론적 배경

자동차 회사를 대상으로 수행된 제조 현장의 업무와 기업의 전사 정보시스템과의 통합에 관한 연구로는 자동차 조립공장에서 혼류 생산 시 오류 방지, 복잡한 기계 조립 시 조립 순서의 오류 방지, 자재 부족에 대한 자동 신호 시스템의 구현을 위해서 Radio Frequency Identification(RFID) 기술을 적용하여 제조 현장과 정보시스템 간의 정보교환을 구현한 연구가 있다(Baudin *et al.*, 2000). 또한 여러 종류의 엔진을 한 라인에서 제작할 때 각 엔진에 필요한 부품의 개수를 실시간으로 Enterprise Resources Planning(ERP) 시스템에서 다운로드 받아 현장에서 바로 그 정보를 이용하여 제작에 적용하는 매개체로 RFID 기술을 사용하여 정보 통합의 가능성을 확인한 연구가 있었다(Ashfaq *et al.*, 2005). 그리고 공장, 제조 현장의 정보를 정보 시스템에 전달하는 환경을 구축하기 위해 공장과 사무실, 제조 계획 단계에서 쓰이는 정보 통합에 대한 프레임워크를 개발, 적용한 연구(Qui, 2007) 등이 있었다. 이러한 연구들에서는 현장에서 정보시스템의 정보를 어떻게 사용할 것인지와 실시간 정보를 전사 정보 시스템에 존재하는 다른 정보 객체들과 어떻게 교환하고 사용할 수 있을지에 대해 각자의 관점에 따라 접근, 해결한 것으로 볼 수 있다.

<Figure 1>은 사례기반추론의 일반적인 개념과 단계를 보여준다(Aamodt *et al.*, 1996). 그림에서 알 수 있는 바와 같이, 사례기반추론이란 인공지능의 기계학습 기법들 중 하나로서 시

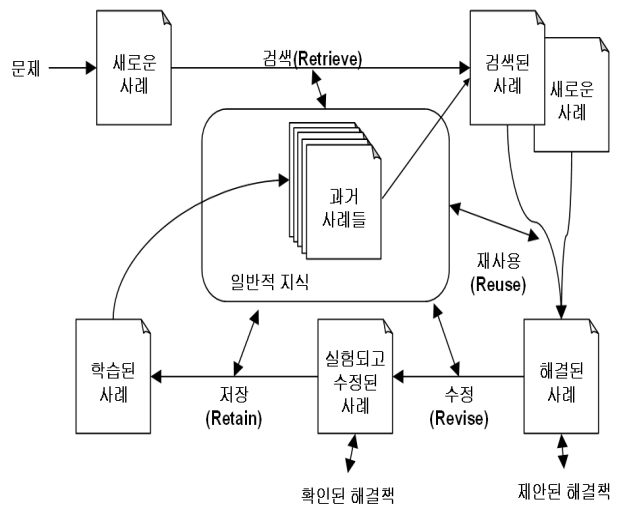


Figure 1. Concept and basic procedure of case-based reasoning (Aamodt *et al.*, 1996)

스템 기억장치에 과거에 이미 해결된 사례들을 저장하여 놓고, 현재에 발생한 새로운 사례를 해결할 때에 기억장치에 저장된 사례들 중 가장 유사한 사례를 찾아 그 사례를 현재 사례에 맞게끔 조정하여 추천하는 것이다(Kolodner, 2001).

사례기반추론은 일반적으로 다음과 같은 장점들을 갖는다(Maher *et al.*, 1995; Watson, 1997).

- ① 과거의 사례들을 바탕으로 문제를 해결하고 새로운 사례들을 계속해서 축적해 나감으로써 지식의 불완전성을 극복할 수 있다.
- ② 문제영역이 잘 정형화 되지 않은 분야와 If-Then의 규칙 형식으로 기술하는 것이 곤란한 경우에 좋은 추론 방식이다.
- ③ 부분일치(partial matching)에 의해서 해답을 주기 때문에 다소 사례베이스의 지식이 부족하더라도 질의 문서에 대해서 가장 근접한 유형을 분류 결과로 제시할 수 있다.
- ④ 데이터베이스를 통해 데이터를 관리함으로써 데이터의 표준화 및 타 시스템과의 연동, 통합의 매개체로 활용할 수 있다.

사례기반추론을 제조 분야에 적용한 연구로는 금형 설계를 위한 공정 설계에 사례기반추론 접근법을 적용하여 금형 제작 비용, 자재, 공정 시간 등을 고려하여 설계자들의 의사결정을 돕는 시스템을 구축한 연구(Kwong *et al.*, 1998), 제품 개발 프로세스 단계 중 설계된 제품의 요구사항에 맞는 재료를 선택해주는 사례기반추론 시스템을 구현한 연구(Amen *et al.*, 2001), 그리고 고장 분석의 가장 중요한 단계인 고장 공정 발견의 업무에 사례기반추론을 적용하여 의사결정 시스템을 구축한 연구(Liao *et al.*, 2000) 등이 있었다. 이상과 같이 사례기반추론은 제조 분야에서 주로 고장 진단, 공정 제어, 엔지니어링 디자인 등의 분야에 적용되어 왔다.

### 3. 금형 트라이아웃과 보고서 작성

#### 3.1 금형 트라이아웃

금형의 현장 트라이아웃 업무는 그 목적에 따라 제작 완료를 위한 트라이아웃, 설계 변경 후 또는 문제 해결을 위한 트라이아웃, 양산을 위한 라인 트라이아웃 등으로 분류할 수 있는데 이들의 방법은 유사하다. <Figure 2>는 금형 트라이아웃 업무의 개념을 보여준다. 즉, 금형 트라이아웃 단계에서 문제가 발생하면 해결을 위한 조치에 따라 금형 설계 변경이나 재제작 등의 이전 단계로 돌아가게 되고, 금형이 트라이아웃 공정의 요구를 만족하게 되면 금형 제작 공정이 마무리되고 금형이 생산에 투입되게 된다.

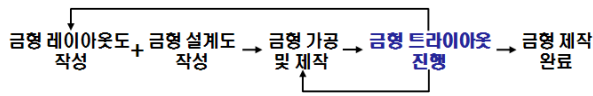


Figure 2. Steps in Die Production

자동차 프레스 금형의 경우, 일반적으로 트라이아웃 업무는 전체 금형 설계 및 제작 기간 중 25% 정도를 차지하고 있다(Lefebvre et al., 1994). 또한 금형 제작의 특성상 트라이아웃 업무 수행 과정에서 상당히 복잡하고 다양한 엔지니어링 문제들이 발생하기 때문에, 금형 설계에서부터 금형의 제작 프로세스, 프레스, 성형판재, 제품에 대한 이해 등 여러 가지 관련된 지식에 대한 포괄적인 이해가 필요하다. 트라이아웃 과정에서 나타난 하나의 문제점을 해결하기 위하여 여러 가지 대책이 필요할 수도 있고, 경우에 따라서는 불량 현상의 중복과 상관관계로 인하여 두 가지의 불량현상을 모두 제거할 수 없는 경우도 있으므로 금형의 조건 및 경제성을 파악하여 가장 바람직한 방향으로 대책을 수립해야 한다(Lee, 2006).

이러한 특징들 때문에 금형의 트라이아웃 업무는 자동화하여 처리하기 어렵고, 몇몇 전문가에게 업무가 의존되고 있으며, 관련 데이터와 지식을 표준화하여 관리하지 못하고 있는 실정이다. 게다가 현장 작업자의 의견과 업무가 큰 비중을 차

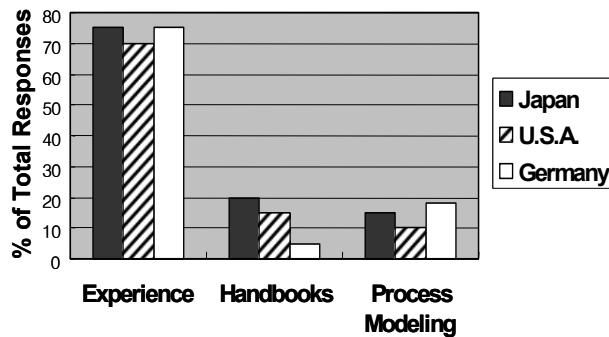


Figure 3. Judgement Criterion for Die Design Modification and Tryout(Fallbohmer et al., 1996)

지하므로 기존의 전사 정보 시스템과의 연동과 통합도 매우 어려운 면이 있다. <Figure 3>은 금형 설계나 트라이아웃 시에 발생하는 설계 변경이나 의사결정의 기준을 조사한 결과물이다. 약 70~75% 정도의 금형 제작 회사에서 교본이나 Finite Element Method(FEM)과 같은 컴퓨터 기반의 시뮬레이션 등과 같은 방법을 이용하지 않고, 전문가의 경험에 의존하여 업무를 진행하는 것을 보여 주는 결과물이다.

#### 3.2 금형 트라이아웃 보고서 작성

금형의 트라이아웃 보고서는 트라이아웃을 시행한 금형의 기본정보, 트라이아웃 공정 시 발생된 문제, 문제를 나타낸 현장 사진, 문제 해결 방안, 해결 방안을 적용한 결과 등의 내용으로 구성된다. 본 연구의 대상이 된 국내의 한 자동차 프레스 금형 업체의 경우, 현재 금형 트라이아웃 보고서는 스프레드시트 파일로 관리되고 있으며, 전체 금형 중 트라이아웃 보고서가 관리되고 있는 금형은 약 40% 정도에 불과한 실정이다.

<Figure 4>와 <Figure 5>는 본 논문에서 대상으로 한 국내의 한 자동차 프레스 금형 공장에서 사용하고 있는 금형 트라이아웃 보고서의 예이다.

<Figure 4>는 A타입 트라이아웃 보고서인데, 문제와 원인(problem & cause), 대안과 해결 방안(counterplan)은 작업자나 프로젝트 관리자에 의해서 문자열을 타이핑하여 입력한다. 그러

#### TRY-OUT REPORT(A)

No.	PROBLEM AND CAUSE	COUNTER PLAN	JUDGEMENT						
			1	2	3	4	5	6	
1	블랭크 홀더 핑거좌면 간섭도피 여유부족	4개소 추가 가공(마킹부 참조)	○						
2	버티밍 마크 강함(피어스 직전)	0.3으로 조정(연마)	○						
3	발란스 블록 심 고정 볼트 누락	심 고정 볼트 체결	○						
4	블랭크재 판넬 게이지 간섭	게이지 조정	○						
5	넥크	하형 'R' 사상	○						
6	다이마트	공정 판넬 확인 후 상형 수사상	○						
7	게이지 좌면 판넬 변형	변형 발생부 메꿈 용접후 사상	○						
8	상형 선행핀이 강하여 판넬 변형 발생	자중식으로 수정	○						
9	상형 센서바 높이 불량	센서바 높이 수정	○						
10	하형 센서바 통과홀 설계 릴리프 과다	블랭크재 끝단보다 +5mm (연장용접)		×	×	○			
11	하류측 메꿈키 설치 누락	금형 출하전 메꿈키 설치			×	○			
12	상형 AUTO CLMP좌면 부족	U-센타에서 75mm확보 (용접 및 사상)				×	○		

Figure 4. Sample of tryout report of die(Type A)

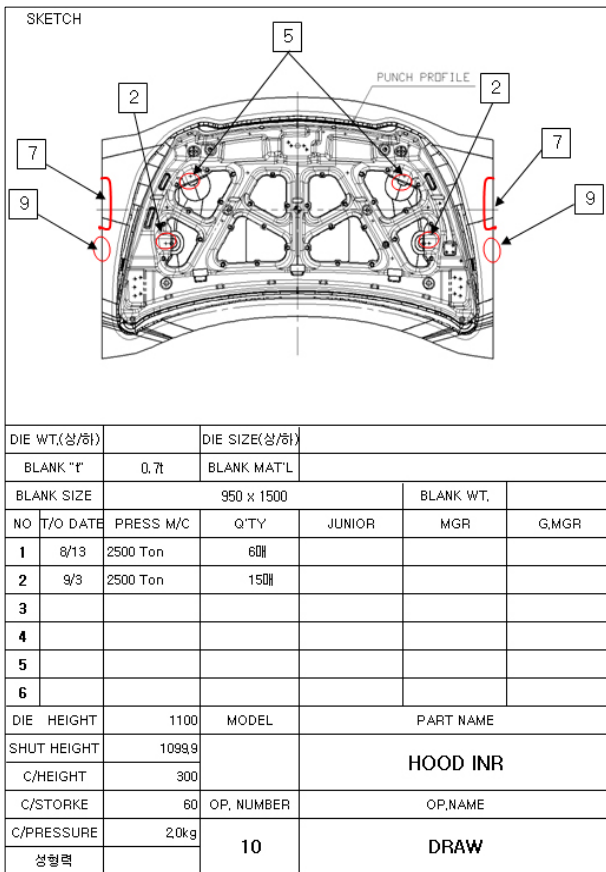


Figure 5. Sample of tryout report of die (Type B)

나 자유형식의 문자열로 여러 명의 작업자에 의해 입력, 작성되므로 우리말, 영어의 혼용 등 용어 표준화가 이루어지지 않고, 띄어쓰기, 표준어 오류, 오타 발생 등의 문제점이 발생하고 있다. 이러한 입력 정보의 오류 및 비 표준화는 작업자와 프로젝트 매니저와의 효율적 의사전달에 장애가 되고, 나아가 축적된 정보와 데이터를 효과적으로 사용할 수 없는 가장 큰 원인이 되고 있다.

<Figure 5>는 B타입 트라이아웃 보고서로, 금형의 일반 정보와 레이아웃도가 포함된다. 하나의 금형에 대해 A타입과 B타입이 합쳐져 하나의 트라이아웃 보고서가 된다. <Figure 5>에 포함되는 각종 정보와 레이아웃 도면은 모두 대상 금형 공장의 전사 정보시스템인 생산관리 시스템, 문서관리 시스템에서 이미 관리되고 있는 정보들이지만, 정보의 연동이나 통합은 이루어지지 않고 있어 개선이 요구되었다.

### 3.3 현행 금형 트라이아웃 보고서 작성, 관리체계

<Figure 6>은 현재의 금형 트라이아웃 보고서 작성, 관리 체계를 관련된 하드웨어, 소프트웨어 측면의 배치 다이어그램으로 정리한 것이다. 실제 트라이아웃이 수행되는 제조 현장과 정보 관리, 엔지니어링이 수행되는 사무실 인트라넷에 접속하지 못하는 것을 볼 수 있다. 이로 인해서, 작업자가 금형 트라이

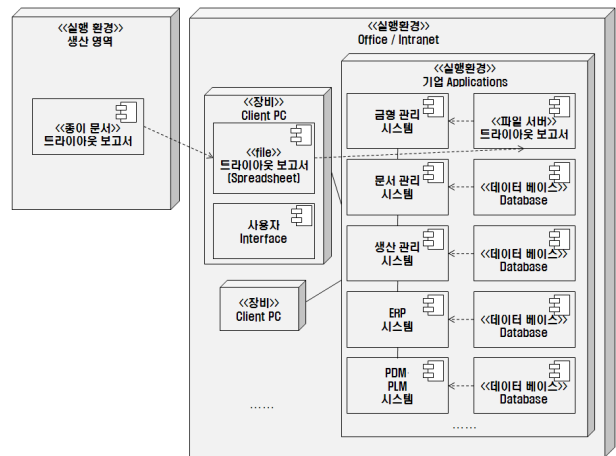


Figure 6. Deploy diagram of current die tryout report system

아웃 보고서 작성을 위해서 트라이아웃 공정 시 현장에서 문제가 발생하면 작업자는 문제해결을 위해서 전문가의 조언, 사무실에서 데이터베이스, 관련 파일들을 열람하여 문제 해결을 위한 정보를 얻거나, 많은 문서들을 통해 정보를 얻는다. 이러한 과정은 여러 차례 반복되므로, 작업자는 사무실과 현장을 오가며 문제 해결을 위한 많은 노력이 필요하다. 이러한 문제점 때문에 프로젝트 매니저는 업무시간의 대부분을 현장에서 직접 문제해결을 하거나, 현장작업자가 문제를 해결 할 수 있도록 조언 해주는데 할애하고 있다.

따라서 체계적인 금형 트라이아웃 보고서의 작성, 관리와 타 전사 정보시스템과의 효율적인 연동을 통하여 필요한 데이터를 활용할 수 있는 새로운 프로세스의 적용을 위해서는 금형 트라이아웃 보고서의 작성과 관리를 위한 새로운 프로세스와 구현 방법, 문제 해결 지원 시스템이 요구되었다.

## 4. 사례기반추론을 이용한 금형 트라이아웃 보고서 작성지원시스템

### 4.1 CBDTS의 설계

본 논문에서는 사례기반추론을 이용하여 금형 트라이아웃 보고서 작성을 지원하는 시스템인 CBDTS(Case Based reasoning for Die Tryout report System)를 개발, 적용하였다. 개발된 CBDTS는 금형 트라이아웃 보고서와 관련된 전체 시스템의 구성에서 기존 정보시스템과 제조 현장간의 실시간 연동을 통한 보고서의 효과적인 작성과 기존 지식의 활용을 가능하게 한다.

CBDTS는 크게 실제 추론기능을 수행하는 사례기반추론엔진과 트라이아웃 사례를 체계적으로 관리, 저장하는 사례 데이터베이스로 나뉜다. 사례기반 추론엔진은 현장 작업자의 트라이아웃 업무 수행 중 문제가 발생할 경우, 기존에 구축된 사례들을 통해서 그 문제에 가장 적합한 해결책을 제시해주는 트라이아웃 보고서 작성 지원 기능을 수행한다. 사례 데이터

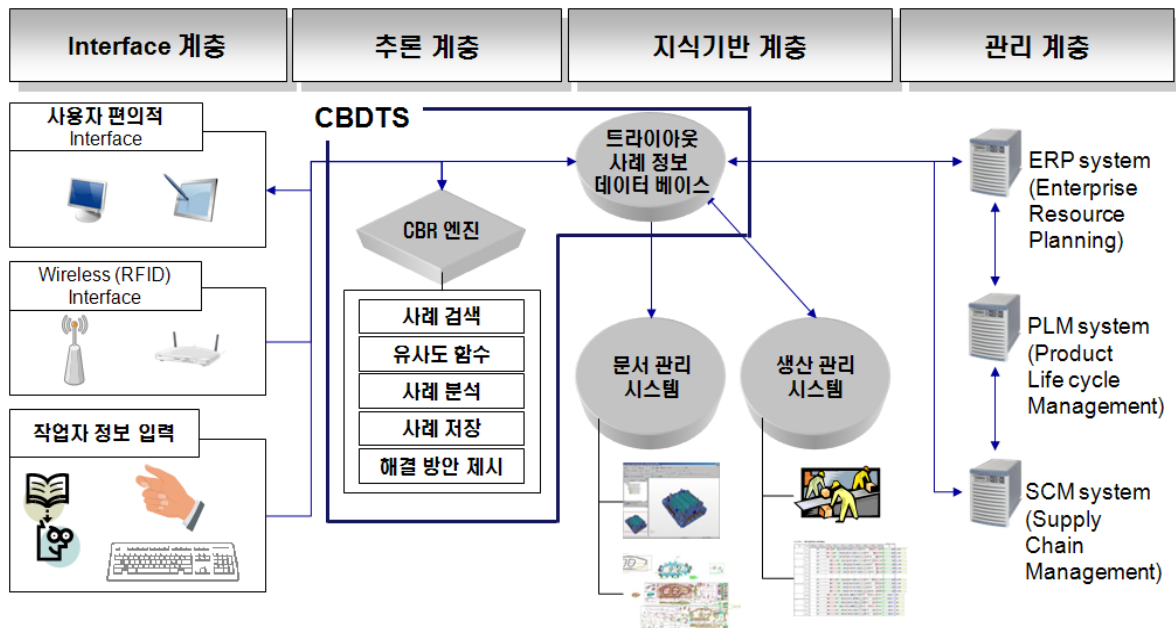


Figure 7. Organization of the CBDTS system

베이스는 트라이아웃 업무에서 생기는 문제와 이에 대한 해결책에 대한 사례들을 체계적으로 저장하고 관리하며, 실시간으로 획득되는 현장의 정보와 기존 전사 정보시스템이 보유하고 있는 각종 정보를 통합, 연동하여 사용할 수 있는 기반이 된다.

<Figure 7>은 전체 금형 관리 시스템을 구분하여 정리하고 (Li et al., 2008), 시스템 구성에서 본 논문에서 구현된 CBDTS의 역할을 보여주고 있다.

<Figure 8>은 본 논문에서 구축, 적용한 CBDTS를 적용한 금형 트라이아웃 보고서 작성 체계를 나타낸 다이어그램이다. CBDTS를 통해서 기존의 전사 정보시스템을 생산 현장에서 접근할 수 있는 환경으로 변화되었음을 보여준다. 현장에서 정보시스템의 정보가 접근이 용이해지고, 또한 현장 정보가 직접 정보 관리시스템에 등록되어 관리된다. 이를 기반으로 현

장 정보와 전사 정보시스템의 정보 격차와 정보 오류의 제거가 가능하다. 또한, 현장 작업자뿐만 아니라, 관리자가 실시간 정보 획득이 가능해지고, 현장과 타 정보시스템과의 연동을 실현할 수 있게 된다.

(1) 사례의 정의

CBDTS에서 정의한 금형 트라이아웃 보고서에서의 사례는 <Figure 9>와 같다.

본 논문에서 제시한 사례는 본 논문에서 사례기반추론 기능을 적용한 트라이아웃 과정에서 발생한 문제(Problem)와 대안/해결방안(Counterplan/Solution)을 중심으로 사례가 어느 범주에 속하는지 나타내주는 기본 정보인 프로젝트 명(Car program), 제품(Product), 공정(Operation)과 문제점, 해결책의 결과로 나타나는 해결책의 적합도인 Judgement로 이루어진다. 각 구성요소들의 데이터 형은 괄호 안에 나타내었다.

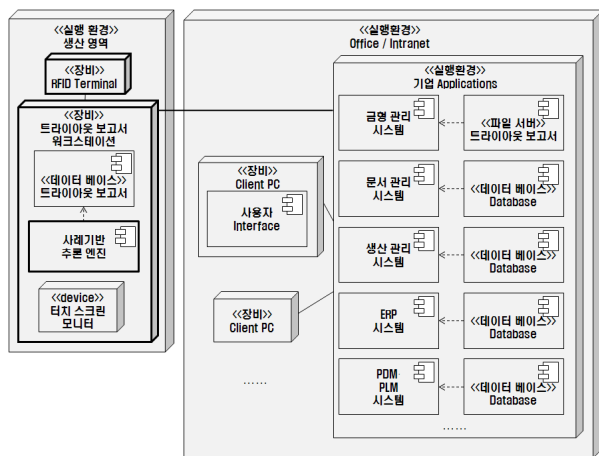


Figure 8. Deploy diagram of the die tryout report system using CBDTS

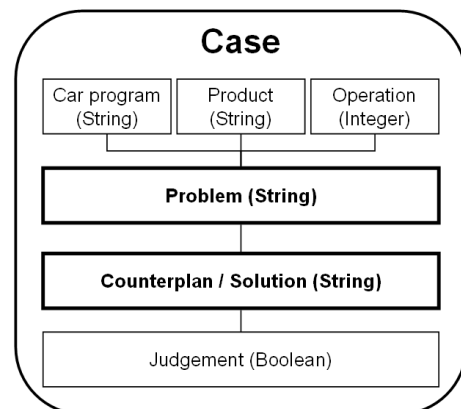


Figure 9. Elements and data types of a case

(2) 사례의 검색 및 재사용

본 논문에서 구현된 CBDTS에서 사례의 검색 및 재사용은 아래와 같은 순서의 절차에 따라 진행 된다. 유사도 함수에 의한 유사도 측정 단계에서 어떤 유사도 함수를 사용하느냐가 사례 기반 시스템이 적합한 사례를 검색하여 제시하는데 가장 큰 영향을 준다. 따라서 정의한 사례의 특성에 맞는 유사도 함수를 적용해야 하는 것이 중요하다.

- ① 새로운 사례(문제) 입력
- ② 사례 객체 분류
- ③ 유사도 함수에 의한 유사도 측정
- ④ 사례 베이스의 사례들과 유사도 비교
- ⑤ 도출된 사례 결과와 유사도 표시

본 논문에서 정의한 사례는 표준화되지 않은 국, 영문의 단어들로 이루어진 길지 않은 문장(5~10개의 단어로 구성)이므로 문서나 문자열 비교, 단어 집합의 비교에 적합한 코사인 유사도 함수를 통해 유사 사례를 검색 하였다(Liao *et al.*, 1998).

$$\frac{a}{\sqrt{(a+b)(a+c)}} \tag{1}$$

식 (1)은 코사인 유사도 측정 방법에 대한 것을 보여준다. 문장 A와 B의 유사도를 비교한다고 했을 때, a, b, c는 각각  $a = n(A \cap B)$ ,  $b = n(A - (A \cap B))$ ,  $c = n(B - (A \cap B))$ 이다. 유사도 값은 0에서 1의 범위를 갖는다. 유사도 측정을 위해서 문장의 구성요소를 구분해야 하는데, 본 논문에서는 한글, 영어의 띄어쓰기를 기반으로 구성요소를 구분한 방법인 Whitespace과 문자 하나하나를 구성요소로 구분한 방법인 Character를 사용하였다. <Figure 10>은 두 문장의 유사도 분석의 예제이다.

(3) 사례의 수정 및 저장

CBDTS에서는 사례의 수정과 저장을 위하여 사례 베이스에 새로운 사례 저장, 새로운 사례를 통한 학습, 사례의 정제(case cleansing), 그리고 유지보수를 수행한다. 사례기반추론의 학습이란 새로운 사례가 사례 베이스에 축적됨으로써 실제 표본수가 늘어나고 이를 통하여 사례기반추론 기능의 신뢰도, 해결능력의 향상을 가능케 해주는 기본 기능이다. 새로운 사례를 통한 학습의 효과를 높이기 위해서 본 논문에서는 사례의 수

- A : 부평 금형기술팀 직원(입력)  
 B : 부평 자동차 기술 연구원(저장된 사례)

	$a = n(A \cap B)$	$b = n(A - (A \cap B))$	$c = n(B - (A \cap B))$
Whitespace	1 (부평)	2 (금형기술팀, 직원)	3 (자동차, 기술, 연구원)
Character	5 (부, 평, 기, 술, 원)	4 (금, 형, 팀, 직)	5 (자, 동, 차, 연, 구)

Figure 10. example of similarity analysis between sentences

정 및 저장 단계에서 사례의 정제를 실행하였다. 사례의 정제란, 오류가 있거나 중복된 사례를 올바르게 수정하거나, 삭제하는 것을 말한다.

본 논문에서 적용한 사례의 정제 단계를 요약하면 다음과 같다.

- ① 사례 베이스에서 사례를 추출한다.
- ② 필요 속성에 입력된 속성 값에 오류가 있는 사례, 타 사례와 중복된 사례를 삭제한다.
- ③ 미리 구축해 둔 금형 표준 용어집 데이터베이스의 사례 용어 자동변환기능을 통하여 잘못된 단어들을 표준화된 단어로 바로 잡는다.
- ④ 수정된 사례로 사례 베이스를 업데이트한다.

우리나라의 금형 산업은 영어문화권에서 발전하였고 일본을 통하여 우리나라에 도입된 탓으로 금형업계 현장이나 연구기관, 학교에서 사용하는 용어가 각기 다르게 표현되고 있다. 예를 들어 “Ejector Pin”을 표기할 때 이젝터핀, 에젝터핀, 밀핀 등 여러 가지 용어로 사용되고, 이로 인하여 많은 혼란이 야기되어 사례기반추론을 적용하기 위해서는 금형용어의 표준화가 우선적으로 필요하게 되었다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 한국 산업 규격 금형 표준 용어집인 KS B4920를 기반으로 입력된 사례의 용어들을 자동 정제하는 기능을 구현하여 적용하였다. 사례의 속성 값에 오류가 있거나 중복될 경우 전체 사례 분석에 어려움을 주고 통계 분석의 결과 값이 왜곡된다. 게다가 표준화 되지 않은 용어를 기반으로 한 사례 베이스는 사용자와 사례기반추론엔진 모두에게 학습의 효율을 떨어뜨리고 타 시스템과의 연동, 통합 시 걸림돌이 된다. 구현된 자동 정제 기능은 이와 같은 문제점을 해결할 수 있다.

4.2 CBDTS의 개발환경 및 주요기능

CBDTS는 Windows XP Professional 운영체제와 Oracle 9i 데이터베이스, Visual Basic .Net을 프로그래밍 언어로 하여 구현되었으며, 주요 기능으로는 “사례 검색 마법사”, “사례 정제 모듈”,

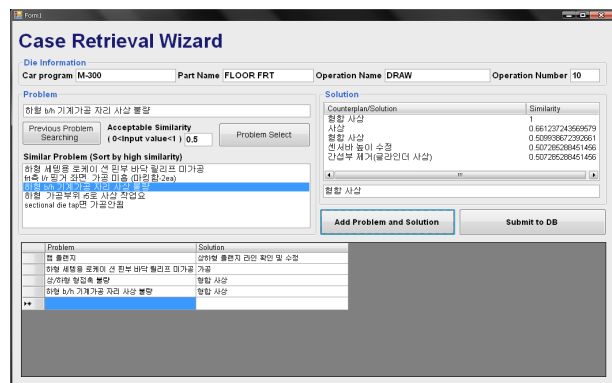


Figure 11. Screen shot of the case retrieval wizard(Yang *et al.*, 2009)

“사례 탐색기”가 있다.

<Figure 11>은 구현된 “사례 검색 마법사”의 실행 화면을 보여준다. “사례 검색 마법사(case retrieval wizard)”는 기본 정보인 해당 금형의 분류(자동차 모델, 금형 제품, 공정 등)를 선택한 후 발생한 문제를 입력하면, 과거 사례 중 입력된 문제에 가장 유사, 적합한 순서대로 사용자에게 해결책을 추천한다. 이는 사례기반추론의 검색 → 재사용 단계에 해당한다. 특히 이 기능에서는 사용자 편의를 위해 입력되는 문자열에 자동완성기능과 키워드 기반 검색을 적용하여 사용자가 쉽게 사례를 찾을 수 있게 하였다.

“사례 정제 모듈”에는 사례의 용어를 표준화 하고, 데이터가 불충분하거나 중복된 사례를 제거하는 “사례 표준화 기능”, “사례 최적화 기능”이 있다. “사례 표준화(case standardization) 기능”은 금형 표준 용어집을 데이터베이스화 한 후 저장된 사례의 용어를 금형 표준 용어집 데이터베이스와 비교하여 표준 용어로 변환 시켜 사례를 표준 기반의 용어로 수정, 정제한다. 본 논문에서는 국, 영문 혼용체로 표현 되어있는 전체 사례들을 금형 표준 용어집을 기반으로 국문 위주의 사례가 될 수 있도록 영문으로 표현된 용어를 국문으로 수정하는 기능을 통해 사례의 용어 표준화를 실행하였다.

CBDTS의 마지막 주요기능인 “사례 탐색기(case viewer)”는 현재 사례를 관리하고 있는 데이터베이스의 전체 데이터를 CBDTS를 통해서 바로 확인할 수 있게 해준다. <Figure 12>은 본 논문에서 구현된 “사례 탐색기”의 실행 화면을 보여준다.

### 5. 개발 시스템의 적용 및 평가

본 논문에서는 국내의 한 자동차 프레스 금형 공장을 대상으로, 트리아아웃 업무 과정에서 실제로 작성, 사용되는 트리아아웃 보고서에 대하여 개발된 CBDTS를 적용하고, 그 성능과 결과를 분석하고 평가하였다.

#### 5.1 정량적 평가

본 논문에서는 대상 사례로 6개 종류의 금형에 대해서 일반 사례 324개와 예외 사례 46개를 수집, 적용하였다. 일반사례란 본 논문에서 정의한 사례의 구성요소를 모두 갖춘 사례를 의

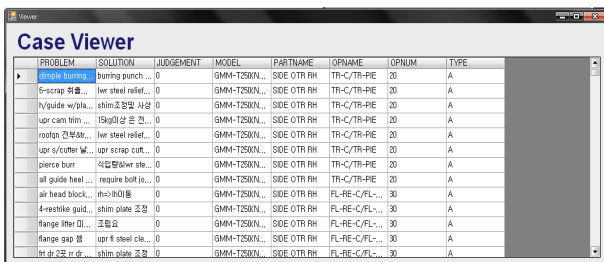


Figure 12. Screen shot of the case viewer

미하고, 예외 사례란 구성 요소를 모두 갖추지 못한 요소 불충분 사례를 나타낸다. 실제 금형 트리아아웃 보고서의 경우 사례의 구성요소들이 누락된 경우가 있었지만, 트리아아웃 보고서 작성 지원을 위해서는 금형의 문제점과 해결책의 관계가 주요한 요소이므로 문제점-해결책에 대한 데이터가 존재하고 다른 데이터가 부족할 경우에는 예외 사례로 구분하여 사례로 이용하였다.

#### (1) CBDTS의 학습력 평가

CBDTS의 학습, 훈련의 결과를 확인하기 위해서 수집한 사례들 중 100개의 사례를 초기 학습, 훈련을 위해서 사용하고, 나머지 270개의 사례를 실험 대상으로 30개씩 차례대로 총 9번의 해결책 예측력에 대해서 실험하였다. 실험 방법은 270개의 사례가 가진 문제점을 CBDTS에 입력하였을 때 그 사례가 가진 본래의 해결책과 CBDTS가 제안하는 해결책이 일치하는가를 판단하는 방식을 취했다. CBDTS가 제안하는 해결책은 유사도가 0.5 이상인 대안을 대상으로 하였다. 정밀도(Precision)는 답이 제시 되었을 때 그 답이 옳은 답이었을 경우의 비율, 정확도(Accuracy)는 답이 제시되지 않을 경우까지 포함하여 옳은 답을 CBDTS가 제시할 경우의 비율을 나타낸다.

<Figure 13>에서 확인할 수 있듯이 CBDTS는 입력되는 사례를 통한 학습으로 사례가 늘어갈 수록 정밀도, 정확도는 증가하는 추세인 반면에 무 응답률은 감소하는 추세를 보여 반비례관계를 확인할 수 있다. <Figure 13>를 자세히 살펴보면, 사례베이스의 총 사례 수가 130개, 190개, 310개 일 때 무 응답률이 상승하는 추세를 보인다. 이는 기존에 관리되던 사례 베이스에서 다루지 않은 새로운 금형에 대한 사례가 입력됐음을 확인할 수 있었다. 하지만 새로운 금형에 대한 사례들도 저장되고, 학습되면 무 응답률은 새로운 사례들이 입력됨에 비례하여 감소하게 될 것으로 보인다.

#### (2) CBDTS의 정확도 평가

TREC(Text REtrieval Conference)의 시스템 평가방법인 MRR (Mean Reciprocal Rank)을 사용하여 CBDTS의 정확도에 대한 성능을 평가 하였다(Voorhees, 2006). MRR은 각 문제에 대한 실제

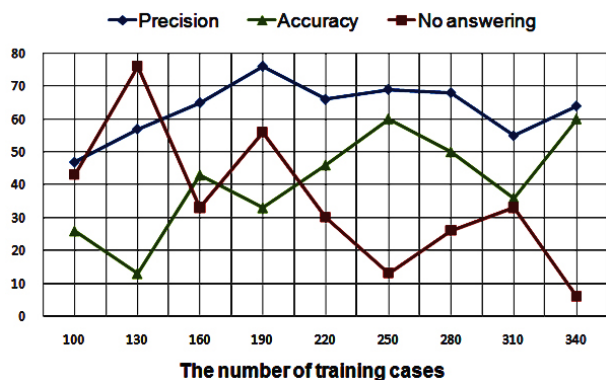


Figure 13. Experiment results of the CBDTS

정답이 평가 시스템이 제안한 결과순위에서 몇 번째 인지를 구한 후 이의 역수를 구하여 계산한다. 모든 문제에 대해 이와 같은 방법으로 역수를 구한 다음 이들의 평균을 구한 것이 MRR이다. 가장 높은 결과는 항상 제안된 정답이 시스템 결과 순위에서 1위일 경우로 값 1을 갖고, 가장 낮은 결과는 시스템이 정답 자체를 제안하지 못하는 경우로 값 0을 갖는다. MRR을 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$MRR = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{rank_i}}{n} \quad (2)$$

식 (2)에서 rank<sub>i</sub>는 i번째 문제에 대한 정답의 순위이고, n은 MRR 테스트를 적용한 총 질문의 개수이다. <Table 1>은 CBDTS에 대해 MRR 평가를 실행한 결과이다. 평가 결과 MRR값은 0.627로서, 입력된 사례의 수가 370여 개에 불과한 것을 고려하면 비교적 높은 신뢰도 값을 나타내는 것을 확인 할 수 있다. 특히 1순위로 제안된 해결책이 옳은 답인 경우가 옳은 답이 상위 5위안에 제안되었을 경우보다 압도적으로 많았으며, 이를 통하여 금형 트라이아웃 보고서의 경우에 문제점이 다양하더라도 그에 대한 해결책은 상대적으로 고정적이고 유한함을 확인할 수 있었다.

5.2 정성적 평가

본 논문에서는 개발된 CBDTS의 평가를 위해서 현업의 작업자와의 인터뷰를 실행하였고 이를 기반으로 기대효과를 정리하였다.

(1) 시간 단축 측면

기존의 업무 프로세스에서는 과거 사례나 관련 정보를 얻기 위해서는 사무실과 현장을 오가거나 전문가인 프로젝트 매니저에게 조언을 구해야 하므로 업무 동선의 효율이 떨어졌다. CBDTS 적용을 통하여 업무 동선의 단축을 얻을 수 있고, 더불어 전문지식을 쉽게 획득, 사용하여 작업자를 도와 전체 트라이아웃 공정의 리드타임을 줄이는 것이 가능하다.

(2) 인력 활용의 측면

금형의 담당 프로젝트 매니저가 트라이아웃 보고서 작성 시에는 다른 업무에 투입되지 못하고 계속해서 현장에 있어야

하는 경우가 많아 인력낭비가 발생했다. CBDTS의 경우에 일정 부분 전문가를 대체할 수 있고, 입력결과를 바로 사무실에서 프로젝트 매니저가 확인, 수정하는 통로를 만들어 전체적인 인력 활용의 측면에 여러 장점을 얻을 수 있다.

(3) 전사 정보시스템 활용의 측면

CBDTS는 데이터베이스 기반으로 금형 트라이아웃 보고서 정보를 관리하여 기존의 파일 기반의 관리 방법에 비해서 유지보수가 쉽고, 타 전사 정보시스템(문서관리 시스템, 생산관리 시스템, ERP, PLM 등)과의 연동, 통합되는 기반을 마련하였다. 더불어 데이터베이스로 관리되는 정보를 각종 데이터마이닝 기법을 사용 통해 분석하여 지금까지 블랙박스로 남아있던 금형 불량 정보를 좀 더 체계적으로 관리하는데 가능성을 얻을 수 있었다. 이는 불량, 트라이아웃 정보 관리의 최종 목표인 금형 설계시의 가이드라인 제시 및 문제 최소화를 위한 설계 방법을 제안으로 발전할 수 있다.

(4) 입력 정보의 표준화 측면

현재의 문자열 입력 방식을 완벽하게 표준화 시키는 것은 매우 어려운 일이지만, CBDTS가 제안한 자동완성기능은 사용자에게 과거의 사례를 통해 입력 방법을 제안하여 사용자가 자연스레 거부감 없이 과거 사례와 동일, 유사한 방법으로 입력하게 유도할 수 있다. 이 방법 외에 현재 국가 표준인 KS의 금형 용어집을 기반으로, 영문 표현을 국문으로 바꾸는 사례 변환 기능을 추후 더 발전된 방안으로 고려할 수 있다.

6. 결론 및 추후 연구과제

본 논문에서는 현장에서 수행되는 금형 트라이아웃 보고서 작성 시 작업자의 효율적인 업무 수행을 지원하는 CBDTS를 개발, 적용하였다. 새로운 업무 프로세스를 정립하고, 이를 지원하는 CBDTS를 개발함으로써, 금형 트라이아웃 보고서 작성 시간을 줄이고, 전문가 지식을 쉽게 축적, 사용할 수 있게 되었고, 관련 정보를 표준화하여 타 시스템의 정보와 연동, 통합, 관리할 수 있는 기반을 마련하였다.

본 논문에서는 CBDTS의 문장, 문자열의 유사도를 도출 할 때 문장과 단어 고유의 의미나 중요도를 고려하지 않았다. 이러한 약점 해결을 위해서 추후 온톨로지 측면의 접근이나 키워드 분석, 단어 분석, 형태소 분석 등 지식관리 측면, 언어학적 측면의 연구가 필요할 것으로 보인다.

참고문헌

Aamodt, A. and Plaza, E. (1996), Case Based Reasoning : Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches, *Artificial*

Table 1. MRR Experiment Results of the CBDTS

	The number of cases
First suggestion was correct solution	131
All suggestions were wrong	12
Rank of suggestions was not in Top 5	31
Rank of suggestions was in Top 5	25
MRR	0.627



- Intelligence Communications*, 7(1), 9-13.
- Amen, R., and Vomacka, P. (2001), Case-based reasoning as a tool for materials selection, *Material and Design*, 22, 353-358.
- Ashfaqe, A., Murali, S., and Venkatech, N. (2005), A Case for RFID in Indian Automotive Industry, *Society of Automotive Engineers*.
- Baudin, M. and Rao, A. (2000), RFID applications in manufacturing, *Manufacturing Management & Technology Institute*[Online], Available form : [http://www.mmt-inst.com/RFID%20applications%20in%20manufacturing%20Draft%207\\_.pdf](http://www.mmt-inst.com/RFID%20applications%20in%20manufacturing%20Draft%207_.pdf) [Accessed 1 December 2009].
- Choi, S. S., Yang, T., Noh, S. D., Jin, H., Lee, Y. H., Lee, I., and Kwon, S. (2009), Tryout Management System for Press Dies Production using Ubiquitous Technology, *Transactions of the society of CAD/CAM engineers*, 14(5), 314-322.
- CIMdata (2006), Manufacturing Goes Digital, *CIMdata White Paper*, CIMdata, Inc.[Online], Available form : [http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/wmg/ftmsc/content\\_store/dmm-site/context/manufgoesdigital.pdf](http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/wmg/ftmsc/content_store/dmm-site/context/manufgoesdigital.pdf) [Accessed 10 December 2009].
- Fallbohmer, P., Altan, T., Tonshoff, H., and Nakagawa, T. (1996), Survey of die and mold manufacturing industry, *Journal of Materials Processing Technology*, 59(1-2), 158-168.
- Kolodner, J. (1993), *Case-Based Reasoning*, San Francisco: Morgan Kaufman Publishers Inc.
- Korean Industrial Standards B4920 (1995).
- Kwong, C. and Smith, G. (1998), A computational system for process design of injection moulding : combining blackboard-based expert system and case-based reasoning approach, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 14(5), 350-357.
- Lefebvre, D., Haug, E., and Hatt, F. (1994), Industrial applications of computer simulation in stamping, *Journal of Materials Processing Technology*, 46(3-4), 351-389.
- Lee, J. (2006), Die design and production, Seoul, Mechanical and Electronic Research Inc., 271-279.
- Lee, K. K., Noh, S. D., Lee, I., and Song, M. W. (2005), A Study on the Fault Management of Press Dies using Web and Mobile Technologies, *IE Interfaces*, 18(1), 88-94.
- Li, Z., Li, F., Gao, L., and Fan, Y. (2008), Concurrent Intelligent Manufacturing Based on RFID, *Advanced Design and Manufacture to Gain a Competitive Edge*, London : Springer, 521-530.
- Liao, T., Zhang Z., and Mount, C. (1998), Similarity Measures for retrieval in case-based reasoning systems, *Applied Artificial Intelligence*, 12(4), 267-288.
- Liao, T., Zhang, Z., and Mount, C. (2000), A case-based reasoning system for identifying failure mechanism, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 13, 199-213.
- Maher, M., Balachandran, M., and Zhang, D. (1995), *Case-Based Reasoning in Design*, Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates. Inc.
- Yang, Taeho, Jeong, Younkyung, Choi, Sang Su, Lee, Inseok, and Noh, Sang Do (2009), A development of application of CBR for die tryout report, *Proceedings of 2009 Annual Conference of Korean Society of CAD/CAM*, 4-6 February 2009, Pyeongchang, Korea, 74-77.
- Qiu, G. (2007), RFID-enabled automation in support of factory integration, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 23, 677-683.
- Watson, I. (1997), *Applying Case-Based Reasoning : Techniques for Enterprise Systems*, Morgan Kaufman Publishers Inc.
- Voorhees, E. M. (1999), The TREC-8 question answering track report, *Proceedings of the 8th Text Retrieval Conference*, 17-19 November 1999, Gaithersburg, Maryland, 77-82.



### 양태호

성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과  
학사, 석사

현재 : 포스코 ICT 정보기술연구소 기반  
기술팀

관심분야 : PLM, Interoperability, Simulation and  
Modeling



### 최상수

울산대학교 조선해양공학과 학사, 석사  
성균관대학교 산업공학과 박사수료  
INOPS CAX팀 연구원

(재)그래픽스연구원 VR/CAD팀 선임연구원  
현재 : 한국생산기술연구원 생산성혁신지원  
센터연구원

관심분야 : CAD/PLM, Product Data Exchange,  
Virtual Reality, Digital Virtual  
Manufacturing

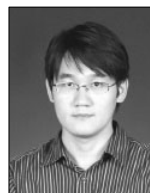


### 김건연

성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과  
학사

성균관대학교 대학원 산업공학과 석사  
현재 : 성균관대학교 대학원 산업 공학과  
박사과정

관심분야 : Concurrent and Collaborative  
Engineering, 디지털 가상생산,  
CAD/CAPP/CAM/PLM



### 이인석

서울대학교 공과대학 기계항공공학부 학사  
서울대학교 대학원 기계설계학과 석사

현재 : GM Daewoo Auto and Technology  
생산기술연구소 금형기술팀 대리

관심분야 : 가상생산, 정보시스템,  
CAD/CAM/PLM



**김 옥 태**

부산가톨릭대학교 보건과학대학  
치기공학과 학사  
인제대학교 대학원 산업의학과 석사, 박사  
현재 : 신홍대학 치기공과 조교수  
관심분야 : CAD/CAM, FEM, Biomaterials



**노 상 도**

한국과학기술원 기계공학과 학사  
서울대학교 기계설계학과 석사, 박사  
고등기술연구원 생산기술센터 선임연구원  
현재 : 성균관대학교 공과대학 시스템경영  
공학과 부교수  
관심분야 : Concurrent and Collaborative  
Engineering, 디지털 가상생산,  
CAD/CAPP/CAM/PLM