

## 터치 스크린 기반 금속 주조 공정 관리 시스템 개발

# Development of the Metal Casting Process Management System Based on Touch Screen

김정숙\*<sup>†</sup> · 김재형\*\* · 정준호\*\* · 정장영\*\*

Jung-Sook Kim<sup>†</sup>, Jae-Hyeong Kim, Jun-Ho Jeong, Jang-Young Chung

\*김포대학교 멀티미디어과

\*\*동국대학교 컴퓨터공학과

<sup>†</sup> Dept. of Multimedia, Kimpo College

\*\*Dept. of Computer Engineering, Dongguk University

### Abstract

본 논문에서는 스마트 금속 주조 공정 관리 시스템을 사례 기반을 적용해 윈도우 환경에서 개발하였다. 금속 주조는 가장 일반적인 주조 공정이다. 이러한 금속 주조 공정은 복잡하고 각각의 해당 작업에 따라 작업 공정이 변하는 특성을 가진다. 특히 금속 주조 산업의 특성은 다양한 종류의 제품을 생산한다. 따라서 본 논문에서 개발한 스마트 금속 주조 생산 공정 관리 시스템은 복잡한 공정 과정을 사례에 기반한 추론을 통해 지능적으로 공정 단계를 생성하는 시스템이다. 따라서 본 논문에서 이들을 효과적으로 해결할 수 있는 금속 주조 생산 공정 관리 시스템을 터치스크린을 기반으로 개발하였다. 시스템에 대한 실험 결과는 수작업으로 하던 공정 관리보다 더욱 생산성이 향상되었다.

**키워드** : 금속 주조 공정 관리 시스템, 공정 과정, 터치스크린, 윈도우즈 기반 사용자 인터페이스

In this paper, we describe the smart metal casting processing management system, in which we applied case-based reasoning on the window environment. Metal casting is one of the most common casting processes. The metal casting processing is complex and variable depends on a kind of metal casting products. Especially, the metal casting industry has a feature which produces small quantities but produces a lot of different types of metal casting products. And we developed the smart metal casting processing management system which could show the processing route according to the product cases intelligently using the result of case-based reasoning. The experimental result shows that our metal casting processing management system schemes achieves more productivity than manual management schemes.

**Key Words** : Metal Casting Process Management System, Process Route, Touch Screen, User Interface Based on Windows

## 1. Introduction

금속 주조는 용융 금속을 주형에 주입하여 응고시킨 후 소요 형상으로 만드는 공작법이다. 한 번의 공정으로 원하는 형태의 제품을 만들 수 있으며 거의 모든 금속을 원하는

모양의 최종 제품으로 만들 수 있다. 재료와 공정을 적절히 조절하면 균일한 성질을 갖는 제품을 생산할 수 있으며 주조 공정의 목표는 결함이 없고 강도, 치수 정확도 및 표면 정도를 만족하는 제품을 생산하는 것이다. 금속 주조 공정은 주형을 제작하고 용융 금속을 주입한 후 응고시킨 후 주형을 제거하는 과정으로 구성된다. 여기서 사용되는 주조 공정의 구성요소는 모형설계 및 제작을 하는 주형공동부와 적절한 온도와 저렴한 가격과 충분한 품질을 가진 용탕, 그리고 주입을 할 수 있는 통기 및 수축 여유와 결함을 고려한 주형설계와 제품 제거를 한 후 슛블라스팅과 같은 마무리 작업으로 이루어진다. 그런데 이때 제품 소요 형상에 따라서 또는 사용되는 용융 금속의 혼합 비율과 성질에 따라 주조 생산 공정 과정이 변화하고, 소요되는 기간도 다양하다. 그리고, 제조 분야에서 생산공정관리시스템이 출현하게 된 배경은 먼저 계획시스템과 생산현장의 실제정보와의 차이가 발생하며, 생산현장 작업에 필요한 정보제공 및 수집에 대한 한계가 발생하고, 현장의 순간적인 변화에 대한 유연한 대응능력의 필요하며, 특히 다품종 소량생산체제의 적용 시스템이 필요하다 [1]. 특히 금속 주조 생산품은 복잡한

접수일자: 2013년 3월 31일

심사(수정)일자: 2013년 4월 7일

게재확정일자: 2013년 5월 20일

<sup>†</sup> Corresponding author

본 논문은 본 학회 2013년도 춘계학술대회에서 선정된 우수 논문입니다.

본 논문은 2012년도 중소기업청의 산학연공동기술개발 사업(과제번호: C0028922)의 지원을 받아 수행되었습니다.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

생산 공정을 거치거나 생산되는 생산품의 양은 대부분 소량을 생산하고 소비자가 원하는 생산품은 다양한 크기와 종류를 가진 제품을 제조해야 한다. 또한 금속 주조 제조 현장은 소음이 많이 발생하고 먼지가 많이 발생하여 이러한 환경을 고려해야 하고, 작업자가 사용하기 편리한 공정 관리가 이루어져야 한다. 그러나 현재 금속 주조 생산 공정마다 작업자가 작업 공정을 다 파악하고 이를 기억하고 있으면서 각 공정을 제어하여 제품을 생산하고 있다. 따라서 작업자의 세심한 노력이 많이 필요한 작업이며, 혹 작업자가 작은 실수를 하게 되면 많은 생산 비용이 소요되고, 생산 제품의 오류 발생 가능성이 매우 크다. 뿐만 아니라 작업자가 공정 관리 시스템을 능숙하게 운영하기가 어려운 실정이다. 따라서 이러한 복잡한 금속 주조 생산 공정 관리를 효과적으로 처리할 수 있는 시스템 개발이 필요하다. 이에 본 논문에서는 금속 주조 생산 공정 관리를 체계적으로 하기 위해 사례에 기반한 [2, 3] 공정 과정을 지능적으로 나타낼 수 있으며, 터치 기반 시스템 환경에서 효율적인 금속 주조 공정 관리 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 주조 공정에서 사용되는 다양한 입력 요소들로 구성된 작업 지시서와 용해 작업 및 각 공정마다 소요되는 공정들을 효과적으로 관리할 수 있다. 특히 터치스크린을 기반으로 개발된 시스템이며, 윈도우 기반에서 작동하여 시스템을 처음으로 사용하는 초보 운영자도 쉽게 사용이 가능하도록 사용자 인터페이스를 구성하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서 간단하게 관련 연구들을 살펴보고, 3장에서는 터치스크린 기반 주조 생산 공정 관리 시스템 개발을 기술한다. 그리고 4장에서는 개발된 시스템의 결과를 설명하고, 마지막으로 5장에서 결론을 내리고 향후 연구 방향을 제시한다.

## 2. 관련 연구

생산 관리 시스템(manufacturing execution system)이란 생산 현장에서 생산을 수행하기 위한 제반활동(스케줄링, 작업지시, 품질관리, 작업실적집계 등)을 지원하기 위한 관리시스템으로 생산방법과 절차, 그리고 생산현장에서 발생하는 각종 데이터를 더욱 유용하고 체계적으로 제공해 정형화하는 통합정보시스템을 말한다. 생산관리시스템이 출현하게 된 배경은 먼저 계획시스템과 생산현장의 실제정보와의 차이가 발생하며, 생산현장 작업에 필요한 정보제공 및 수집에 대한 한계가 발생하고, 현장의 순간적인 변화에 대한 유연한 대응능력의 필요하며, 특히 다품종 소량생산체제의 적용 시스템이 필요하다. 따라서 이들을 반영한 생산관리시스템의 주요 기능은 다음과 같다.

- 자원할당 및 상태정보(Resource Allocation and Status)

기기, 도구, 작업자 숙련도, 자재 및 문서와 같은 다른 작업자에 가용한 사항들을 포함한 자원을 관리한다. 자원할당 및 상태관리 기능은 자원의 상세한 이력을 제공하고 장비의 상태를 실시간으로 제공하여, 장비가 잘 일에 적절히 설치(Setup)되었는지를 확인한다. 이 같은 자원관리는 작업 일정 목표에 부합하기 위한 예약 및 분배를 포함한다.

- 작업/상세 계획(Operations Detail Scheduling)

작업 및 상세일정 관리 기능은 적절히 순서가 정해졌을 때 Setup을 최소화하는 작업에 있어서, 특별한 생산 단위와 연관된 처방, 우선순위, 속성 및 특성에 기초한 순서를 제공

한다. 일정관리란 유한성을 띠며, 정확한 시간, 장비적 및 시프트(Shift) 유형 등을 상세히 계산하기 위한 중복/병렬 작업과 대안을 파악한다.

- 생산단위의 분산(Dispatching Production Units (Dispatching))

배치(Batch), 로트(Lot) 및 작업 지시서(Work Order) 등과 같은 작업 형태에 있어서 생산 단위의 흐름을 관리한다. 분배 정보는 공장 현장에서 사건이 발생함으로써 수행되어야 할 작업과 실시간적인 변화의 순서에 의해 제공된다. 재작업과 재처리(Salvage) 공정은 버퍼(Buffer) 관리와 함께 모든 시점의 제공 제어 능력에 따라 가능하다.

- 문서관리(Document Control)

문서제어 기능은 작업지시, 처방, 도면, 표준 작업절차, 부분 프로그램, 배치 기록, 기술적 변경 요구사항, 조(Shift)와 조간 의사소통 및 “계획된 것”(As Planned)과 “이루어진 것”(As Built) 정보에 대한 편집능력을 포함하여, 생산 단위와 함께 관리되어야 할 기록형태를 제어한다. 문서제어 기능은 작업자에게 데이터를 제공하거나 장치제어에 대한 처방을 제공함으로써, 작업지시를 현장으로 하달한다. 또한 환경의 제어 및 통합과 건전하고 안전한 규정 및 올바른 행동절차와 같은 ISO 정보를 포함한다.

- 데이터수집(Data Collection/Acquisition)

데이터 집계 및 취득 기능은 생산단위에 연계된 기록과 형태를 대중화하는 데이터와 내부 작업 생산을 얻기 위한 I/F 연결을 제공한다. 위 데이터는 공장 현장에서 수동적이거나 장비로부터 분단위 구조까지 자동적으로 수집될 수 있다.

- 작업자 관리(Labor Management)

근로관리 기능은 분단위 시간구조의 개개인의 상태를 제공한다. 시간대별 출석보고, 검증추적 및 행위에 기초한(Activity-based) 비용 기준으로서 자재 및 공구 준비작업과 같은 간접적인 행위의 추적능력을 포함한다. 위의 기능은 최적의 할당을 결정하기 위한 자원할당과 상호 작용할 수 있다.

- 품질관리(Quality Management)

품질관리 기능은 지표상의 품질제어를 확인하기 위해서나 문제를 구분하기 위해서, 제조현장으로부터 수집된 측정치들의 실시간 분석을 제공한다. 그것은 원인을 결정하기 위한 징후, 행동 및 결과에 대한 상호작용을 포함하여 문제를 수정하기 위한 행동양식을 제공한다.

- 공정관리(Process Management)

공정관리 기능은 생산을 감시하고 진행중인 작업항상을 위해 작업자들에게 의사결정 지원을 제공하거나 자동적으로 수정한다. 이 같은 행위들은 내부적으로 작용하거나 하나의 작업에서 다음 작업으로 공정을 추적하며, 감시되거나 제어되는 또한 내부 작용하는 기기 및 장비에 특별히 초점을 맞추고 있다. 이것은 외부적으로 수용 가능한 오차범위의 공정변경을 작업자 개개인에게 인식시켜주기 위한 경보관리를 포함할 수 있다. 이것은 지능적인 장비와 MES간 I/F를 제공하고, 데이터 집계/취득 기능을 가능하게 한다.

- 유지보수관리(Maintenance Management)

생산과 일정관리의 능력을 확인하기 위해 장비와 도구를 유지보수하기 위한 행위를 지시 및 추적한다. 이것은 새로운 문제를 진단하는데 도움을 주기 위해 과거사건 및 문제제에 대한 이력을 유지한다.

- 제품추적 및 계통(Product Tracking and Genealogy Product Historian)

작업의 위치와 어느 곳에서 상시 작업이 이루어지는지를 보여준다. 상태정보는 누가 작업을 하고 있는지, 공급자의 요소자재, 로트나 일련번호, 현재의 생산조건, 경보상태, 재작업 또는 생산과 연계된 다른 예외사항들을 포함한다. On-line 추적기능은 최종 생산품 각각의 사용법과 요소들의 추적능력을 부여하는 이력 기록을 생성한다[4].

### 3. 금속 주조 공정 관리 시스템

#### 3.1 시스템 개요

본 논문에서 개발한 금속 주조 공정 관리 시스템은 생산 관리 시스템에서 필요로 하는 기능들을 대부분 포함하고 있다. 먼저 각각의 제품을 개발하기 위해 필요한 자원 할당 및 상태 정보와 작업 상세 계획의 공정 및 생산 단위의 분산 공정을 관리할 수 있는 작업 지시서 모듈을 개발하였다. 그리고 문서 관리 공정을 위해서는 문서 관리 모듈을 개발하였으며, 데이터 수집 공정은 다양한 센서와 측정 장비들과 연동되도록 확장할 예정이다. 또한 작업자 관리 공정은 본 시스템을 로그인 하면서 관리자 권한과 작업자 권한이 각각 부여되며 또한 작업자의 작업 시간 등을 확인할 수 있는 공정 모듈을 개발하였다. 여기에 품질 관리를 위해서 후처리 공정 모듈이 개발되었으며, 유지 보수와 제품 추적 및 계통 기능도 개발되었다. 자세한 기능은 시스템 개발 결과에서 자세하게 기술한다.

#### 3.2 DataBase 스키마

금속 주조 공정을 효율적으로 관리하기 위해 많은 정보와 데이터를 저장하기 위해 데이터베이스를 설계한다. 데이터베이스 구성에 필요한 테이블은 8개로 구성되며, 자세한 내용은 다음 그림1에 보여주고 있다.

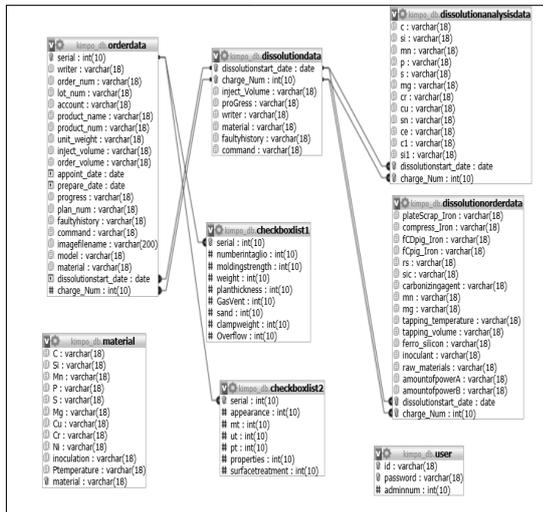


그림 1. DB 스키마  
Fig. 1. DB Schema

### 4. 구현과 실험 결과

본 논문에서 개발한 금속 주조 생산 공정 관리 시스템은 윈도우즈 기반에서 C#[5] 프로그래밍 언어를 사용하였고, 제조 공정에서 사용되는 재료 정보와 공정 정보를 관리하기 위하여 관계형 데이터베이스를 사용하여 시스템을 개발하였다. 시스템 구성 모듈은 주조 공정에서 사용되는 다양한 재료들을 체계적으로 관리할 수 있는 작업 지시서와 용해 및 후처리 공정 과정으로 구성되어 있다. 여기에 각 주조 공정을 자세하게 알 수 있는 정보를 제공하는 기능과 데이터베이스와 연결하는 모듈로 구성되어 있다. 다음 그림 2는 관리자 권한으로 로그인하면 자동으로 기본페이지로 설정되며, 선택시 작업 지시서 목록 페이지로 이동한다.

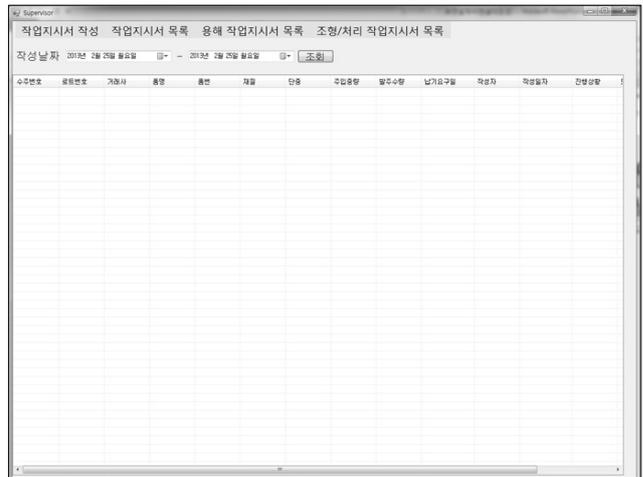


그림 2. 작업 지시서 입력  
Fig. 2. Input of Work Order

다음 그림 3은 금속 주조 공정에서 해당 작업에 필요한 정보들을 다 입력할 수 있으며, 또한 만들어야 할 제품의 도면도 함께 입력할 수 있는 작업 지시서의 대화화면이다. 입력된 다양한 정보들과 데이터는 데이터베이스에 저장된다. 자세한 기능을 요약하면 다음과 같다. 먼저 해당 작업의 재질을 선택하고, 선택된 재질의 세부 내용 값이 화면에 출력된다. 그리고 해당 작업의 도면을 찾을 수 있는 이미지 입력력 화면으로 이동하여, 도면 이미지를 불러 올 수 있으며, 이를 화면에 출력한다. 그리고 해당 작업의 주요 불량 이력과 업체의 요구사항 및 변경된 지시사항을 입력할 수 있다. 또 다른 입력 항목은 해당 작업의 조형/합형 검수 목록을 선택할 수 있고, 해당 작업의 처리반 검수 목록을 선택할 수 있으며, 'Clear' 버튼을 클릭하면 입력 또는 선택 값들을 초기화 할 수 있다. '작성 완료' 버튼을 클릭하면 작업 지시서 내용이 데이터베이스에 저장된다.



그림 3. 작업 지시서  
Fig. 3. Order Dialog

아래의 그림 4는 용해 작업을 수행하기 위한 용해반 작업자들이 로그인하면 해당 용해 작업 목록이 오른쪽 리스트 상자에 트리 형태로 출력해준다. 이는 작업자의 관리와 더불어 해당 작업의 용해 일지 작성 페이지로 이동할 수 있으며, 또한 해당 작업의 용해 성분 분석 일지 작성 페이지로 이동할 수 있다. 그림 5는 용해 일지 작성을 위한 대화상자이며, 여기에 필요한 정보를 다 입력하면 해당 작업은 노란색으로 즉시 표시된다. 이는 해당 작업이 용해 공정이 마무리되어, 후처리 공정 작업 과정으로 이동할 수 있음을 나타낸다.

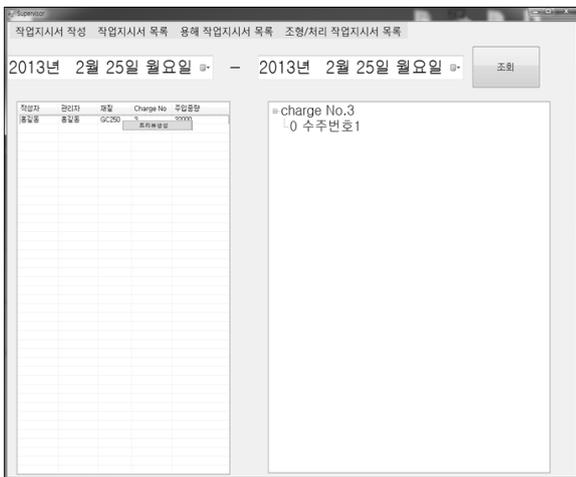


그림 4. List of Melting  
Fig. 4. 용해 목록

다음 그림 5는 용해일지 작성을 위한 대화상자이다. 먼저 선택된 용해작업의 작업자, 재질, 용해작업번호, 주입중량, 진행상황, 주요 불량이력, 요구사항 및 용해 작업 목록을 출력할 수 있다. 그리고 해당 용해 작업에 사용된 첨가물들을 화면 우측 숫자판을 터치하여 값을 입력할 수 있다. 또한 화면 오른쪽의 숫자판에서 '초기화' 버튼은 입력된 값

을 초기화할 때 사용하며, '삭제' 버튼은 입력된 데이터 중 하나의 숫자만을 지운다. 'Yes' 버튼을 누르면 해당 용해 작업이 데이터베이스에 저장되며, 'No' 버튼을 누르면 해당 용해작업을 저장하지 않고 용해작업 목록으로 이동한다.



그림 5. 용해 공정 대화상자  
Fig. 5. Melting process dialog

아래 그림 6은 금속 주조의 검수 작업 공정으로 품질 관리를 위해 선택된 작업의 지시서 내용을 출력할 수 있다. 그리고 선택된 작업의 도면을 출력할 수 있으며, 해당 작업 지시서에서 각각의 제품에서 필요로 하는 공정을 사례별로 검수 목록을 빨간색 버튼으로 활성화시키고 공정에서 필요하지 않으면 버튼을 회색으로 비활성화시켜 화면에 보여준다. 작업이 완료되면 모든 버튼이 초록색으로 변화되고, 이때 '완료'를 알리는 버튼이 생성된다.

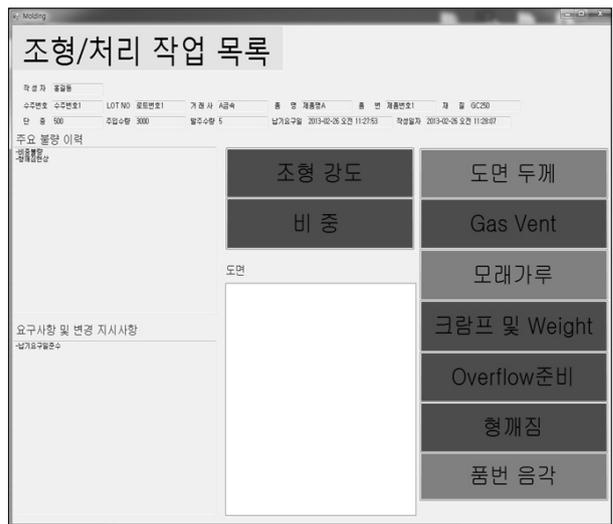


그림 6. 검수 공정 대화상자  
Fig. 6. Inspection Process dialog

그림 7은 검수 공정에서 해당 작업에서 처리되어야 할 후처리 공정이 완료되면 그림 6과 같이 빨간색으로 되어 있던 공정들이 초록색으로 변화되어 있음을 보여준다.

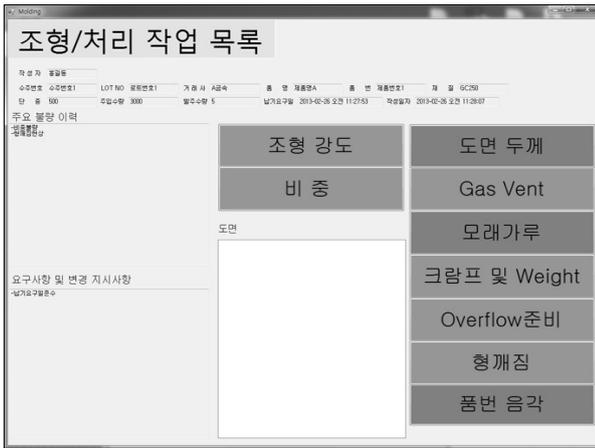


그림 7. 검수 완료  
Fig. 7. Completion of Inspection

### 5. 결론 및 향후 연구과제

금속 주조 공정을 효과적으로 관리하여 제품의 오류 발생률을 줄이기 위해 본 논문에서는 금속 주조 생산 공정 관리 시스템을 개발하였다. 각 공정마다 작업자가 수작업으로 관리하던 관리를 자동화할 수 있는 시스템을 개발하여 제품 개발 공정 과정에서 발생한 오류를 획기적으로 줄임으로서 생산성 향상을 가져올 수 있다. 금속 주조 생산 공정 관리는 먼저 주조 해당 작업 생산에 필요한 다양한 재료들을 입력하고 관리 할 수 있는 모듈과 제조 되고 있는 각 제조품들의 용해 작업과 검수 공정을 확인할 수 있는 모듈이 있다. 제조되고 있는 제품을 선택하면 자세한 제품의 공정 과정들을 쉽게 알 수 있는 주조 공정 관리 대화상자가 나타나며, 데이터베이스를 연결하여 테이블을 검색할 수 있는 모듈들로 구성되어 있다. 향후 연구과제는 시스템을 유무선 통신을 이용하여 스마트 기기에서도 이용할 수 있는 생산 주조 공정 관리를 할 수 있는 시스템으로 확장할 예정이다. 뿐만 아니라 금속 주조 공정에서 필요한 다양한 센서 데이터와 정보 및 측정 기기들의 정보와 데이터들을 자동으로 연계할 수 있는 시스템으로 확장하고, 상용화하고자 한다.

### References

[1] MES: Manufacturing Execution System, Available: <http://blog.daum.net/amor4050/4621586> 2010, [Accessed: January 2, 2013].

[2] S. Russell, P. Norvig, *Artificial Intelligence: A modern Approach*, Prentice-Hall, 1995.

[3] Jung-Sook Kim, "Intelligent Dust Chamber Bag Control System using Case-Based Reasoning", *Journal of Korean Institute of Intelligent System*, Vol. 20, No. 1, 48-53, 2010.

[4] InSoo Lee, "Diagnostic system development for state monitoring of induction motor and oil level in press process system", *Journal of Korean Institute of Intelligent System*, Vol. 19, No. 5, pp. 706-712, 2009.

[5] Andrew Stelman, Jennifer Green, *Head First C#, O'REILLY*, 2011.

### 저 자 소 개



**김정숙(Jung-Sook Kim)**

1993년 : 동국대학교 컴퓨터공학과 공학사  
1995년 : 동국대학교 대학원 컴퓨터공학과  
공학석사

1999년 : 동국대학교 대학원 컴퓨터공학과  
공학박사

2000년~ 현재 : 김포대학교 모바일환경공학부  
멀티미디어과 교수

2010년~ 현재 : 한국지능시스템학회 이사

관심분야 : IT 융합, 인공 지능, 유전 및 분산 알고리즘

Phone : +82-31-999-4659

E-mail : kimjs@kimpo.ac.kr



**김재형(Jae-Hyeng Kim)**

2013년 : 동국대학교 컴퓨터공학과 공학사

2013년~ 현재 : 동국대학교 대학원 컴퓨터공  
학과 석사과정

관심분야 : 인증 프로토콜, 데이터 프라이버시, 병렬 암호알  
고리즘, 시큐어 코딩, 영상처리

Phone : +82-2-2290-1415

E-mail : giha.kim@gmail.net



**정준호(Jun-Ho Jeong)**

2007년 : 동국대학교 컴퓨터공학과 공학사

2009년 : 동국대학교 대학원 컴퓨터공학과  
공학석사

2011년 : 동국대학교 대학원 컴퓨터공학과  
박사 수료

관심분야 : 정보보호시스템, 분산처리, 분산/병렬알고리즘,  
클라우드 보안

Phone : +82-2-2290-1415

E-mail : yanyenli@hotmail.com



**정장영(Jang-Young Chung)**

2006년 : 대전대학교 전산정보보호학과 공학사

2009년 : 동국대학교 대학원 컴퓨터공학과  
공학석사

2011년 : 동국대학교 대학원 컴퓨터공학과  
박사 수료

관심분야 : 이미지 보안, 병렬 암호알고리즘, 생체보안

Phone : +82-2-2290-1415

E-mail : sd109@hanmail.net