

# A Design for Realtime Monitoring System and Data Analysis Verification TA to Improve the Manufacturing Process Using HW-SW Integrated Framework

Kim Jae Chun<sup>†</sup> · Jin Seon A<sup>\*\*</sup> · Park Young Hee<sup>\*\*\*</sup> · Noh Seong Yeon<sup>\*\*\*\*</sup> · Lee Hyun Dong<sup>\*\*\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

Massive data occurred in a manufacturing place is able to fulfill very important roll to improve the manufacturing process. Domestic manufacturing business has been making an multilateral effort to react the change of manufacturing circumstance, but it undergoes many difficulties due to technical weakness. Coatings is a type of paint. It protect products by forming a film layer on the products and assigns various properties to those. The research of coatings is one of the fields studied actively in the polymer industry. The importance of the coatings in various industries is more increased. However, the industry still performs a mixing process in dependence on operator's experiences. In this paper, we propose a design for realtime monitoring system and data analysis verification TA to improve the manufacturing process using HW-SW integrated framework. Analysis results from the proposed framework are able to improve the coatings formulation process by collecting more quantitative reference data for work and providing it to work place. In particular, the framework may reduce the deterioration and loss cost which are caused by absence of a standard data as a accurate formulation criteria. It also may suggest a counterplan regarding errors which can be occurred in the future by deriving a standard calibration equation from the analysis using R and Design of Experiments about an error data generated in the mixing step.

**Keywords :** Data Analysis, Framework, Coatings Mixing Process, Technical Architecture

## HW-SW 통합 프레임워크를 활용한 제조공정 개선을 위한 실시간 모니터링 시스템과 데이터 분석검증 TA설계

김재천<sup>†</sup> · 진선아<sup>\*\*</sup> · 박영희<sup>\*\*\*</sup> · 노성여<sup>\*\*\*\*</sup> · 이현동<sup>\*\*\*\*\*</sup>

## 요약

제조현장에서 발생하는 대량의 데이터는 제조공정의 개선 등을 위해서 매우 중요한 역할을 수행한다. 국내 제조업은 제조환경의 변화에 대응하기 위하여 다각적인 노력을 하고 있으나 구조적, 기술적 취약성으로 인해 많은 어려움을 겪고 있다. 코팅제는 도료의 일종으로 제품에 피막층을 형성하여 제품을 보호하고 다양한 특성을 부여하는 고분자 산업에서 활발하게 연구되는 분야 중의 하나이다. 코팅제는 다양한 산업 분야에서 중요성이 더욱 커지고 있으나 실제 제조업체에서는 여전히 작업자의 경험에 의존하여 배합공정을 수행하는 실정이다. 본 논문에서는 HW-SW 통합 프레임워크를 활용한 제조공정 개선을 위한 실시간 모니터링 시스템과 데이터 분석검증 TA설계를 제안한다. 제안된 프레임워크를 통한 분석 결과는 보다 정량적인 작업 기준 데이터를 확보하고 작업 현장에 제공함으로써 코팅제 배합 공정을 개선시킬 수 있다. 특히 정확한 배합 기준이 되는 표준 데이터의 부재로 인한 품질 저하와 원가 손실을 감소시키고, 배합 공정에서 발생한 오차 데이터에 대하여 R과 실험 계획법을 이용한 분석을 통하여 표준 보정 관계식을 도출함으로써 차후 발생 가능한 오차에 대한 대응 방안을 제시한다.

**키워드 :** 데이터 분석, 프레임워크, 코팅제 배합공정, 기술구조

## 1. 서론

제조현장에서 발생하는 대량의 데이터는 활용하기에 따라 매우 중요한 역할을 수행할 수 있다. 특히 제조공정의 개선 등을 위해서는 데이터에 대한 적절한 분석 기술과 분석 결과를 현장 및 경영자에게 빠르고 효율적으로 전달할 필요가 있다. 국내 제조업은 급속도로 변화하는 제조환경의 변화에 대응하기 위하여 다각적인 노력을 하고 있으나 구조적, 기

※ 본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2014년도 산학연협력 기술개발사업 (No. C0219239)의 연구수행 결과물임.

<sup>†</sup> 준 회 원 : ㈜나라시스템 대표이사

<sup>\*\*</sup> 정 회 원 : ㈜나라시스템 기업부설연구소 선임연구원

<sup>\*\*\*</sup> 비 회 원 : 한국폴리텍대학 정보통신시스템과 조교수

<sup>\*\*\*\*</sup> 정 회 원 : 동명대학교 향만물류시스템학과 교수

<sup>\*\*\*\*\*</sup> 정 회 원 : ㈜나라시스템 기업부설연구소 연구소장

Manuscript Received : July 31, 2015

Accepted : August 24, 2015

\* Corresponding Author: Hyundai Lee(hyun4class@hanmail.net)

술적 취약성으로 인해 많은 어려움을 겪고 있다. 국내 제조업체의 경우, 최종 조립업체에서는 협력사들의 제품에 대한 품질 확보를 위하여 품질인증제도 등을 도입하여 적용하고 있으나 1차 협력사에 부품을 공급하고 있는, 국내 제조업체의 대부분을 차지하는 2, 3차 협력사의 경우 업체의 규모 및 장비의 영세성에 따라 작업자의 수작업과 육안 검사에 의해 품질 검사를 진행하는 경우가 대부분이다. 또한, 공정 품질 검사 역시 LOT별 샘플링 검사, 관리도 작성 등의 전통적이고 기본적인 방법을 통해 품질관리가 이루어지고 있는 실정이다. 제조업체의 품질관리 및 공정에 대한 개선을 위하여 제조공정에 대한 데이터의 분석과 검증, 예측 기술을 적용한 생산정보 통합 데이터 모델링 기술은 각 기업의 공정 개선을 위하여 중요한 기술적인 기반이 될 수 있다. 현장에서 생산되는 데이터를 분석, 검증하여 작업자 또는 경영자에게 의미 있는 의사결정을 위한 데이터로 변환/제공하기 위하여, 통계 및 기계학습을 기반으로 데이터를 분석하고, 잘 구성된 시각화 기능을 적용하여 현장에서의 자원 및 정보의 흐름에 기반을 둔 실시간 관리를 지원하는 시스템의 구축과 시스템을 활용하기 위한 잘 정리된 콘텐츠가 요구되고 있다.

코팅제는 도료의 일종으로 피막층을 형성하여 제품을 보호하고 다양한 특성을 부여하는 고분자 물질이다. 코팅제에 대한 연구는 고분자 산업에서 가장 활발하게 연구되는 분야 중의 하나이다[1]. 코팅제는 자동차 및 다양한 전자부품의 첨단화에 따라 전자산업, 의료, 광학 분야 등에서 그 중요성을 인정받고 있으며, 코팅제에 대한 성능과 정밀도 향상이 요구되는 등 기술적인 요구사항이 점차 증가하고 있는 추세이다. 다양한 산업 분야에서 코팅제의 중요성은 더욱 커지고 있으나 국내 제조업의 상당수를 차지하고 있는 영세한 중소 제조업체에서는 여전히 작업자의 경험과 수작업에 의존하여 배합공정을 수행하는 실정이다. 이에 더욱 효율적인 배합공정을 위해 보다 지능화되고 자동화된 코팅제 처리 기술의 필요성이 대두되고 있다[2-3].

본 논문에서는 데이터 분석 기술을 기반으로 분석, 개발용 프레임워크를 개발하고, 개발된 프레임워크를 이용하여 코팅제 배합 공정을 분석한다. 분석된 결과를 이용하여 코팅제 배합 비율에 대하여 최적화된 배합 기준 데이터를 계산하였다. 개발된 프레임워크를 통한 분석 결과는 보다 정량적인 작업 기준 데이터를 확보하고 그 결과를 작업 현장에 제공함으로써 코팅제 배합 공정을 개선시킬 수 있다. 특히 정확한 배합 기준이 되는 표준 데이터의 부재로 인해 발생하는 품질 저하와 원가 손실을 감소시키고, 배합 공정에서 발생한 오차 데이터에 대한 분석을 통하여 표준 보정 관계식을 도출함으로써 차후 발생 가능한 오차를 감소시키기 위한 기준 기술구조(Technical Architecture, TA)를 도출하여 코팅제 배합공정 현장에 제공하고자 한다.

본 논문에서는 이러한 목표를 위하여 HW-SW 통합 프레임워크를 활용한 제조공정 개선을 위한 실시간 모니터링 시스템과 데이터 분석검증 TA 설계 모델을 제시한다. 제안 모델은 크게 생산정보 통합 데이터 분석/예측 인터페이스 개발,

실시간 공정 데이터 연계 데이터마이닝 기반 공정개선 분석, 검증, 예측 기술개발, 스마트 공장 구축을 위한 공정 개선 분석 관리 통합 시스템 개발, 그리고 공정개선 관리 통합을 위한 스마트공장 모델 구축의 과정을 거쳐 연구하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 본 논문과 관련된 연구와 배경 지식을 소개하고 3절에서는 데이터 분석 기반의 프레임워크를 설계 및 제시한다. 4절에서는 제시한 프레임워크를 이용하여 실제 코팅제 배합작업 데이터를 분석하고 최적 값을 도출한다. 도출된 분석 결과를 이용하여 코팅제 배합공정 분석용 TA를 설계한다. 마지막으로 5절에서는 결론과 향후 연구에 대하여 논의한다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 데이터 분석

데이터란 변수의 질적 또는 양적 특성을 나타내는 변수 또는 정보 그룹의 세트를 의미한다. 데이터는 사물 또는 현상에 대한 다양한 사실을 나타내는 수치로 표현된다.

이러한 데이터가 가지는 정보를 다양한 방법으로 분석하여 유용한 의미를 밝혀내는 활동을 데이터 분석이라고 하며 데이터 처리 및 분석을 통한 데이터의 활용은 생산성의 향상과 고부가가치 및 고용의 창출 등 경제적 가치 창출을 위한 핵심기술로 평가받고 있다. 기업체들은 자사의 경영 전략에 데이터 분석을 도입하여 수익 증대를 실현할 수 있으며, 데이터 분석을 공공영역에 도입할 경우에는 높은 사회적·경제적 효과가 발생할 것으로 기대하고 있다.

데이터 분석은 통계학을 기반으로 하는 분석 기법과 데이터마이닝을 기반으로 하는 분석 기법이 있으며 최근에는 빅데이터 분석을 대상으로 하는 데이터마이닝 기반의 분석 기법이 주목받고 있다. 대표적인 분석 모델로는 선형회귀분석, 군집분석, 시계열분석 등을 들 수 있다.

선형회귀분석은 선형성을 가지는 독립변수와 종속변수의 관계를 설명하거나 두 변수의 관계성을 이용하여 데이터의 변화를 예측하는 통계방법이다. 즉 회귀분석에서 독립변수에 따라 종속변수의 값이 일정한 패턴으로 변해가는데, 이러한 변수 간의 관계를 나타내는 회귀선이 직선에 가깝게 나타나는 경우를 선형회귀분석이라고 한다[4]. 독립변수가 하나인 경우를 단순회귀분석, 여러 개인 경우를 다중회귀분석이라고 한다.

군집분석이란 데이터의 군집을 찾는 방법이다. 데이터 간의 유사도를 정의하고 그 유사도에 가까운 것부터 순서대로 합쳐가는 방법으로, 유사도의 정의에는 거리나 상관계수 등 여러 가지가 있다. 군집분석에는 차례대로 합쳐가는 계층적 방법 이외에, 요인 분석 등으로 미리 군집을 예상하여 합쳐가는 비계층적 방법도 있다[5]. 군집을 찾아내기 위해서는 각각의 군집에 개별 데이터를 할당하여야 하는데 어떤 할당 방법이 최선인지 알 수 있는 정의된 방법은 아직까지 존재하지 않는다. 이에 이러한 데이터의 할당은 다음의 3가지 방법을 주로 사용한다[6].

- kmeans와 같은 알고리즘을 사용하여 사용자가 군집의 수를 설정한 후 분할하는 방법
- 분리된 개별 개체를 클러스터링 기법을 사용하여 하나로 묶는 계층적 방법
- 모든 개체를 하나로 묶은 후 이를 모든 개체가 서로 다른 군집으로 분리될 때까지 나누는 방법

시계열 데이터는 어떤 현상에 대하여 시간의 흐름에 따라 일정한 간격으로 관측하여 기록한 데이터를 의미한다. 일반적으로 동일한 시간 구간으로 나누어진 숫자들로 이루어진 벡터의 형태를 가진다[6]. 시계열 분석이란 시계열 데이터에 바탕을 둔 분석방법으로, 시계열 데이터가 시간에 따라 변화하는 구조 사이에 존재하는 다양한 확률적, 통계적 성질을 파악하고, 이를 바탕으로 확률 현상의 미래 형태를 예측하는 통계분석을 의미한다[7]. 시계열 분석은 트렌드, 연속 의존성, 정상성의 3가지 중요한 개념을 기반으로 한다. 3가지 개념이 가지는 의미는 다음과 같다.

- 대부분의 시계열 분석은 데이터가 트렌드를 가지지 않는다고 가정하며, 데이터가 일정하게 상승 또는 하강하는 트렌드를 가진 경우, 분석 전에 트렌드 제거를 할 수 있다.
- 연속 의존성은 시계열 데이터의 인접한 값 사이에 상관관계가 있을 경우 나타난다.
- 정상성은 기술적인 개념이며 시계열을 어디에서부터 살펴보다더라도 같은 성질을 가지는 경우를 말한다.

본 논문에서는 이상과 같은 다양한 데이터 분석 기법을 기반으로 개발된 프레임워크를 제안하고 제시된 프레임워크를 이용하여 코딩제 배합공정을 분석한다.

### 2.2 R 기반 통계분석

R은 오픈소스 프로젝트의 하나로 통계 분석과 시각화에 효과적인 분석도구이다. 데이터 분석을 위한 입출력과 핸들링, 분석, 그래픽 등 최신 알고리즘과 라이브러리를 제공하며 수많은 사용자에 의하여 충분히 검증된 통계 분석 프로그램이다. In-Memory 컴퓨팅 기술을 통한 빠른 처리속도와 분석 및 시각화를 위한 강력한 그래픽 함수를 지원한다.

본 논문에서 제시하는 FORESTA 프레임워크는 R을 활용하여 다양한 데이터를 분석하고 해당 데이터의 신뢰성을 검증하는 API 셋을 개발한다. 개발하는 API 셋은 본 논문에서 제시하는 FORESTA 프레임워크의 구성요소의 하나인 분석 및 검증 컨테이너(Analysis & Verification Container)에 해당한다.

### 2.3 실험계획법(Design of Experiments, DoE)

실험계획법이란 어떤 방식으로 실험을 수행하고, 데이터를 수집하며, 어떤 통계적 방법을 적용하여 데이터를 분석하면 최소의 실험으로 최선의 결과를 얻을 수 있는가를 계획하는 방법이다.

실험계획법은 랜덤화, 반복, 블록화로 구성된다. 랜덤화는 선택되지 않은 요인이 편향된 실험결과를 만드는 것을 막기 위하여 사용하는 방법이다. 반복은 동일한 조건에서 실험을 두 번 이상 수행하는 것이다. 블록화는 실험을 가능한 한 동질적인 부분으로 나누어 여러 블록으로 구성한 후, 각 블록별로 인자의 효과를 조사하는 것이다.

실험계획법은 요인 배치법, 분할법, 반응표면 계획법, 혼합물 실험 계획법, 로버스트 실험 계획법 등이 있으며 제조업체의 원 재료의 특징 분석을 위하여 수행과정에서는 요인 배치법의 이원 배치법과 혼합물 실험계획법을 실험에 적용하였다.

본 논문에서는 제안하는 FORESTA 프레임워크의 분석 및 검증 컨테이너에서 실험계획법과 기계학습을 포함한 데이터마이닝 기법을 적용한다.

### 2.4 데이터마이닝(Data Mining)

데이터마이닝이란 대용량의 데이터에서 숨어있는 유용한 상관관계와 의미 있는 패턴을 파악하여 데이터를 자동으로 분석, 분류함으로써 미래에 실행 가능한 정보를 추출하고, 예측을 수행하거나 의사결정에 활용하는 기술을 말한다. 데이터마이닝에는 통계 모델링을 기반으로 하는 방법과 기계학습을 기반으로 하는 방법이 있다. 데이터마이닝이 통계분석과 다른 점은 어떤 가설이나 가정에 따른 분석이나 검증이 아니라 존재하는 데이터로부터 유용한 패턴을 찾는 기술이라는 점이다. 데이터마이닝을 구성하는 요소들은 다음과 같다.

- 지식발견(KDD, Knowledge Discovery in Databases) : 지식을 추출하는 전 과정을 의미한다. 데이터의 정제, 통합, 선택, 변환, 마이닝, 패턴평가, 지식 프레젠테이션의 과정을 가지며 데이터 정제부터 변환까지의 과정은 데이터마이닝을 위한 전처리 과정으로 볼 수 있다[8].
- 기계학습(Machine learning) : 데이터를 지능 행위로 변환하는 컴퓨터 알고리즘을 연구하는 인공지능의 한 분야이며 자동적인 학습 기법을 설계 및 구현하는 기술이다[9].
- 패턴인식(Pattern recognition) : 대용량의 데이터를 분석하여 숨어있는 유용한 패턴을 찾아내는 다양한 기법들을 말한다. 데이터수집, 특징선택, 모델선택, 훈련, 평가의 과정을 거친다[10].
- 통계학(Statistics) : 주어진 자료에서 합계나 평균과 같은 필요한 정보를 수집, 정리, 요약하거나, 표본 자료에서 얻은 정보를 이용하여 모집단에 대한 정보를 예측하고 불확실한 사실에 대한 결론을 이끌어내는 학문으로 데이터마이닝의 대부분은 통계학의 이론을 활용한다.

본 논문에서는 기업의 경영자 및 제조현장의 작업자에게 제공하기 위하여 각 데이터에 대한 관계성 분석 결과를 데이터마이닝과 기계학습을 활용하는 프레임워크를 통하여 제공한다.

## 2.5 데이터 시각화(Data Visualization)

데이터 시각화는 메시지를 전달하기 위해서 작성하는 이미지나 다이어그램, 혹은 애니메이션들에 대한 기술로 데이터 분석 결과를 쉽게 이해할 수 있도록 시각적으로 표현하고 전달되는 과정을 말한다[11]. 데이터 시각화의 목적은 도표(graph)라는 수단을 통해 정보 및 메시지를 명확하고 효과적으로 전달하는 것이다. 특히 데이터 시각화의 종류로써 공간자료의 시각화는 보다 효율적인 자료의 탐색과 분석을 위해 매우 중요하다.

데이터 시각화는 최근의 빅데이터 처리기술에서 크게 주목을 받고 있으며 데이터마이닝과 같은 전통적인 데이터 분석기술과 함께 활용되고 있는 빅데이터 처리기법의 한 부분이다. 분석된 데이터를 사용자가 이해하기 쉽게 시각화 처리를 수행하고 있지만 아직까지 객관적 정확성이 부족한 편이다. 엑셀, 구글 차트 API 등을 활용하는 기초적인 수준에서부터 상호작용을 지원하는 GUI 컨트롤과 전문가 수준의 분석도구에 이르기까지 다양한 도구가 개발 및 활용되고 있다. 본 논문에서는 제안하는 FORESTA 프레임워크를 통하여 다양한 시각화 API 셋을 지원한다.

## 2.6 프레임워크

프레임워크란 프로그래밍에서 특정 운영체제를 위한 응용 프로그램의 표준 구조를 구현하는 클래스와 라이브러리의 모임이다. 프레임워크를 개발에 적용할 경우, 기반구조를 그대로 사용하고 애플리케이션만의 비즈니스 로직과 관련된 부분만을 구현하면 되기 때문에 구현 양이 적어지게 되고 보다 빠르게 애플리케이션을 만들 수 있다. 또한 같은 프레임워크가 사용된 애플리케이션은 서로 비슷한 구조를 가지게 되어 관리가 용이해지며, 프레임워크를 재사용하게 되면 기존에 수행된 테스트들도 재사용하게 되는 것이라 애플리케이션의 테스트에 대한 부담을 감소시키고, 프레임워크를 사용하면서 새로 구축한 모듈에 대한 테스트만 수행해도 되므로 테스트에 대한 작업시간을 단축할 수 있는 장점을 가진다.

본 논문에서 제안하는 FORESTA 프레임워크는 데이터 분석을 기반으로 구성되며, IoT 기반의 데이터 수집 디바이스를 통한 환경정보, 작업자로부터 입력되는 작업정보, 코팅제 배합을 위하여 투입되는 원자재정보를 입력받아 분석을 수행하고 그 분석 결과를 이용하여 코팅제 배합공정에 제공하기 위한 기술구조(TA)를 생성하는 기능을 가진다.

## 2.7 코팅제 배합공정

코팅제는 수지, 안료(조색제), 용제, 첨가제로 구성된다. 수지는 코팅제의 기본 성분으로 도막의 기능 중에서 화학적, 물리적 기능을 좌우한다. 안료는 용제에 용해되지 않고 분산되어있는 무기 화합물을 말하는 것으로, 색상 특징을 부여하고, 도막의 기계적 성능을 개선하거나 다양한 효과를 부여한다[12]. 첨가제는 코팅제의 제조에서 시작하여 코팅제가 건조되고 내구성을 가질 때까지 다양한 기능을 가질 수 있도록 해주는 보조적인 기능을 가진다[12]. 단일 안료만으로 구성된 코팅제를 혼합하여 원하는 색상으로 조합하는 작

업을 조색이라 한다. 조색방법은 조색자의 기술 숙련도가 품질 형성에 중요한 역할을 하는 육안조색법과 컴퓨터 매칭 시스템을 사용하는 CCM(Computer Color Matching)[13] 활용 조색법으로 구분된다.

안료는 용제에 용해되지 않고 분산되어있는 무기 화합물을 말하며 조색제라고도 표현한다. 안료는 프라임(prime) 안료와 체질 안료로 구분되며 프라임 안료는 제품에 색깔을 부여하거나 불투명하게 만드는 효과를 주고, 빛에 민감한 수지를 자외선으로부터 보호하는 기능 등을 제공할 수 있다. 체질안료는 도막의 기계적인 성능 개선과 도료의 제조 원가 절감 등의 작용을 한다. 또한 내열성, 방오성과 같은 다양한 기능성 안료도 존재한다[12].

첨가제는 도료 제조 시 도료가 건조되어 내구성을 가질 때까지 다양한 기능을 발휘하도록 하기 위하여 첨가하는 보조적 기능을 가진 물질이다[12].

단일 안료만을 사용하여 제조된 도료를 원색이라 하며 조색이란 원색의 안료들을 서로 혼합하여 원하는 색상으로 조합하는 작업을 말한다. 조색은 육안에 의한 조색법과 CCM(Computer Color Matching)[14]을 활용한 조색이 있다. 육안조색의 경우에는 조색자의 숙련된 기술을 필요로 하며, CCM 활용 조색은 컴퓨터 매칭시스템을 사용하므로 과학적이고 체계적인 조색을 하는 데 유용하다.

## 2.8 기술 구조(TA, Technical Architecture)

기술구조(Technical Architecture)란 세부적인 요구 사항을 충족시키는 적합한 체계(Conformance System)를 보장하기 위하여 체계를 구성하는 부품 또는 요소 간의 배열(Arrangement), 상호작용 또는 상호 독립성을 지배하는 규칙의 최종 집합을 명시한 것으로서, 표준, 규정 및 지침 등으로 구체화된다.

본 논문에서는 앞서 제시된 데이터 분석 기반의 프레임워크를 활용하여 코팅제의 배합공정에서 발생하는 환경정보, 작업정보, 원자재정보로 구성되는 시계열 데이터를 분석하여 공정을 최적화할 수 있는 기술구조를 설계, 제시한다. 제시되는 TA는 코팅제 배합공정에 피드백 됨으로써 배합공정의 기준이 되는 배합 비율표 및 장비의 설정을 갱신하여 최적화된 배합공정 수행을 지원한다.

# 3. 데이터 분석 기반 프레임워크 설계

## 3.1 데이터 분석 기술

본 논문에서는 코팅제 배합공정에서 발생하는 다양한 데이터를 분석하기 위하여 오픈소스 통계 분석 도구인 R을 활용하였고 실제 배합공정에서 수집한 데이터를 대상으로 분석 작업을 수행하였다. 그러나 실제 작업에서는 일반적으로 예측할 수 없는 다양한 환경을 구축할 수 없고, 원자재투입 정보 또한 실제 제조를 위하여 주어진 배합 비율표에 따라 작업이 수행되므로 각 원자재 간의 관계성을 분석하기 위한 충분한 범위의 데이터를 수집할 수 없었다. 또한 이미 숙련



된 작업자가 작업을 진행하고 있으므로 비숙련자에 의한 인적오류의 발생 횟수가 현저히 낮아 데이터의 분석에 의하여 각 변수의 관계성을 구하기 어려웠다. 이러한 이유로 본 논문에서는 실험계획법을 도입하여 실험조건을 정의하고, 정의된 조건에 따른 데이터를 생성하여 분석 작업을 수행한 후 실제 배합공정 데이터의 결과와 비교함으로써 결과의 정확성을 검증하는 방법을 이용하였다.

실험계획법은 실험을 어떻게 수행하고, 데이터를 어떻게 수집하며, 데이터를 어떤 통계적 방법으로 어떻게 분석하면 최소의 실험만으로 최대의 정보를 얻을 수 있을지에 대하여 계획하는 방법을 말한다[15]. 실험에서는 다양한 안료와 첨가제 등 원자재의 배합을 통해 제조되는 코팅제의 특성에 따라 혼합물 실험계획법을 적용하였다. 혼합물 실험계획법이란 여러 개의 성분의 혼합으로 이루어져 있고 각 성분의 혼합비율만이 문제가 되는 경우, 어떠한 성분이 관심이 있는 반응 값에 유의한 영향을 미치며, 반응을 최대 또는 최소로 만드는 최적 혼합비율이 무엇인지 찾고자 하는 실험계획을 말한다[15]. 혼합물 실험계획법을 통하여 생성된 공정 데이터는 회귀분석기법을 기준으로 분석을 수행하였다.

3.2 생산정보 통합 데이터 분석/예측 인터페이스 설계 및 개발

본 논문에서는 코팅제 배합공정에서 발생하는 다양한 데이터를 수집하기 위하여 IoT기술을 기반으로 하는 데이터 수집 및 처리를 위한 스마트 디바이스 인터페이스를 개발, 적용하였다. 개발하는 스마트 디바이스는 상황인식 알고리즘을 FPGA 칩에 구현하여 수집되는 데이터에 대한 상황인식 및 전처리를 수행하고 입력 데이터의 분석을 기반으로 상황인식 규칙 작성 및 피드백 적용을 적용한다. 커스터마이징을 통한 플러그인 형태로 설계하였고 SD카드 등 저장장치의 제어 기능을 추가하여 자체적으로 데이터의 활용이 가능하게 하였다. Fig. 1은 개발하는 스마트 디바이스이며 Fig. 2는 스마트 디바이스의 회로도의 일부이다. Fig. 3은 FPGA 기반의 상황인식 칩을 적용한 스마트 디바이스의 구조도이다.

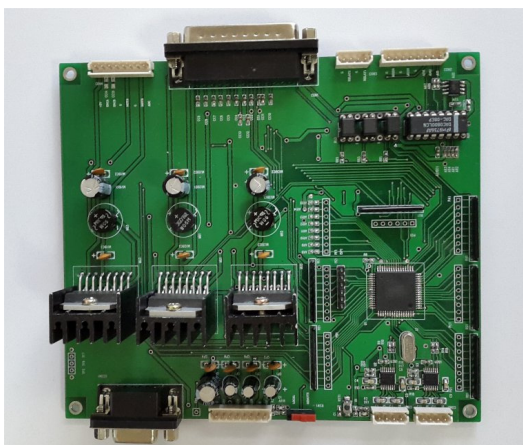


Fig. 1. An Example of the Developed Smart Device

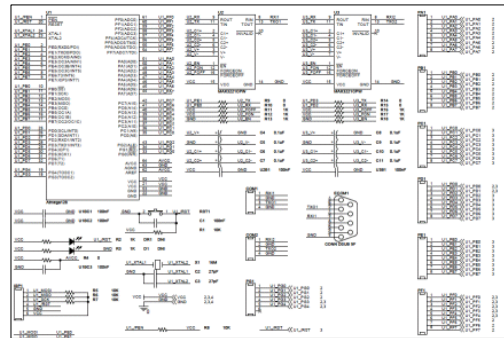


Fig. 2. An Example of Circuit Diagram for the Smart Device

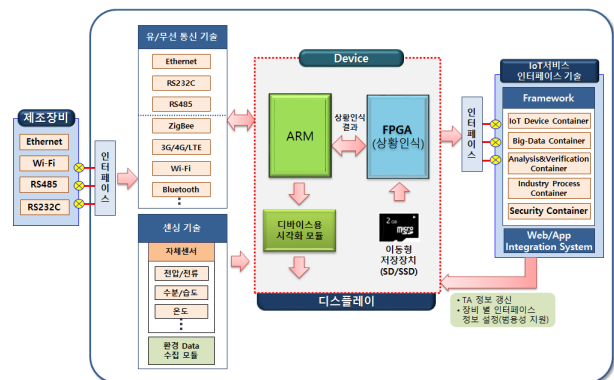


Fig. 3. A Structure of the Developed Smart Device Applied to the FPGA-Based Context Awareness Chips

개발하는 스마트 디바이스는 유무선 통신을 통한 제조 장비의 정보, 센서 측정 데이터를 수집하고, 수집된 데이터는 FPGA 기반 상황인식 칩에서 표준 데이터 셋 기준으로 분류하여 서버에 전송한다. 전송된 데이터는 HW/SW 통합 프레임워크인 FORESTA를 통하여 분석 처리 및 피드백을 거친다. 검증된 데이터 분석 결과를 통하여 디바이스의 상황인식 규칙 및 표준 데이터 셋을 통해 지속적으로 갱신되는 규칙에 따라 입력 데이터가 처리되며, 처리 및 분류 결과는 시각화 모듈을 통하여 작업자에게 제공된다. 스마트 디바이스는 적용하기 위한 제조 장비의 형태에 따라 구조의 변경을 쉽게 할 수 있도록 설계하며 Fig. 4는 소프트웨어 정의 네트워크(Software Defined Networking, SDN)를 활용하기 위한 구조 변형의 예를 보여준다.

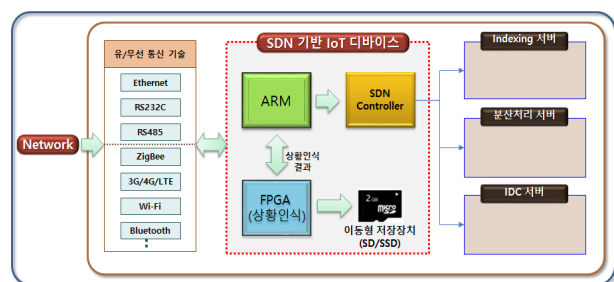


Fig. 4. An Example of the Structural Modification of the Device to Take Advantage of SDN

### 3.3 데이터 분석을 위한 데이터 셋

본 논문에서 제시하는 프레임워크를 활용하여 데이터 분석 및 TA를 설계하기 위해서는 데이터 셋이 필요하다. 실험에서는 코팅제 배합공정에서 발생하는 실제 공정 데이터를 활용하며, 해당 데이터에 대한 확보방안은 다음과 같다.

- 요구사항 분석 결과 및 수집 데이터 정의/분석을 통하여 제조현장에서 수집할 수 있는 데이터를 수집, 정리
- IoT 기반 스마트 디바이스를 활용하여 실시간으로 데이터 수집을 수행하며, 수집된 데이터는 분류모듈을 통하여 데이터 셋으로 가공, 활용
- 코팅제 배합 기준 비율표와 특성값, 예외사항 등 수집 후 공정조건 점검일지 및 제조과정 히스토리 파일 수집
- 초기 허용 불량 수 관리 및 불량산출 근거에 대한 데이터의 비교, 분석
- 작업자는 자주 검사 시트, Set-up 검사 기준서 등을 기준으로 불량사례를 찾은 후 IoT 스마트 디바이스에서 수집된 정보와 비교, 분석

수집된 데이터는 분석 과정을 거쳐 제조공정에 피드백 됨으로써 그 효과를 확인할 수 있다. 분석 결과의 정확성 확보를 위하여, 수많은 사용자를 가지며 그 성능이 이미 검증된 오픈소스 통계 분석 툴인 R을 기반으로 분석 결과를 검증하였다.

실험을 통하여 도출된 보정방정식과 계수를 기반으로 구성된 시스템의 처리 결과와 실제 작업 중 수집되는 데이터 간의 오차 계산과 피드백을 위한 데이터를 생성하기 위하여 R 통계분석 툴을 기반으로 검증된 분석 모델을 적용하고, 분석 결과를 제조공정으로 피드백 함으로써 제조공정의 개선에 활용한다.

제조 장비가 제공하는 데이터뿐만 아니라 온도, 습도 등의 환경측정 데이터와 작업지시내용을 데이터로 입력받아 분석에 활용한다. 제조 장비가 주변 환경에 대한 데이터를 측정하여 제공하는 경우는 제조 장비의 측정값과 개발하는 디바이스의 센서 모듈을 이용한 환경측정 데이터를 비교하여 장비와 환경 사이의 관계성을 분석할 수 있다. 제조 장비가 환경 데이터를 측정 및 제공하지 않는 경우, 디바이스의 자체 측정 데이터를 활용하여 환경과 제조 과정 사이의 관계성을 분석할 수 있다.

### 3.4 프레임워크 설계

본 논문에서는 코팅제 배합공정을 분석하기 위한 데이터 분석 기법을 기반으로 하는 프레임워크를 개발, 활용하였다. 프레임워크는 소프트웨어 개발 시 적용하기 위한 정형화된 틀이라고 볼 수 있으며 다양한 API 및 응용 프로세스 등을 포함한다. 프레임워크를 사용함으로써 소프트웨어 재사용성의 증대로 인한 개발 비용 절감 및 개발 기간 단축을 이룰 수 있으며 개발되는 소프트웨어의 일관성 유지에 큰 역할을 담당한다. 본 논문에서 제안하는 프레임워크는 데이터 분석

에 관한 표준 API를 개발하여 사용하므로 보다 쉽고 효율적이며 일관성이 있는 분석 모듈을 개발할 수 있다. 또한 작업 데이터의 분석 과정을 통하여 표준 분석 프로세스를 확립하고, 다양한 도메인에서의 요구사항을 반영하여 각 도메인에 대한 기술구조의 확립이 가능하다.

제안하는 프레임워크는 데이터 수집을 위한 IoT 기반 스마트 디바이스를 통한 인터페이스를 제공하며 각 산업별로 특화된 데이터 및 다양한 환경, 작업 데이터를 입력받을 수 있다. Fig. 5는 제안하는 프레임워크의 구조를 나타낸다.

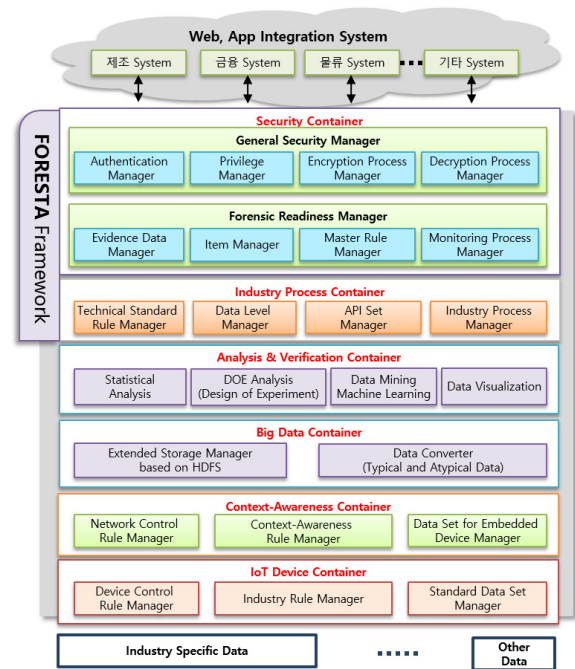


Fig. 5. Architecture of Proposed Framework

제안하는 프레임워크는 IoT Device Container, Context-Awareness Container, Big Data Container, Analysis & Verification Container, Industry Process Container, Security Container로 구성한다.

#### 1) IoT 디바이스 컨테이너(IoT Device Container)

제조 장비가 제공하는 장비 상태 데이터, 주변 환경에서 측정되는 환경 데이터 및 작업 지시 데이터로 구성된 IoT 기반 데이터(특성 값, 인자 값 등)를 디바이스로부터 수집하고 전처리를 수행하는 컨테이너이다. Fig. 6은 IoT 디바이스 컨테이너를 나타낸다.



Fig. 6. IoT Device Container

- Device Control Rule Manager : 저장된 표준 데이터를 이용하여 생성되는 디바이스 제어 규칙 관리

- Industry Rule Manager : 산업 유형별로 저장된 데이터 셋을 이용한 유형별 제어 규칙 관리
- Standard Data Set Manager : 각 부분에 대한 표준 데이터 셋 관리

수집데이터에 대하여 저장된 TA를 기반으로 기본적인 분석과 데이터의 제어를 수행하며 분석 결과 정보는 상황인식 프로세스를 지원하는 칩과 FPGA를 연동하여 작업자 또는 관리자에게 표준 자료 및 시각화를 통한 Display를 제공한다.

주기적인 측정 데이터 및 표준데이터에 대한 백업을 지원하며, IoT 데이터 수집 인터페이스를 통해 수집된 데이터가 어떤 변환과정을 거칠 것인지 자동으로 분류하여 빅데이터 컨버터 컨테이너로 전달한다.

2) 상황인식 컨테이너(Context-Awareness Container)

IoT Device Container로부터 수집, 관리되는 데이터를 통하여 상황인식 규칙에 따라 관리하는 상황인식 컨테이너이다. Fig. 7은 상황인식 컨테이너를 나타낸다.



Fig. 7. Context-Awareness Container

- Network Control Rule Manager : 구축된 네트워크 관리
- Context-Awareness Rule Manager : 상황인식에 대한 규칙 관리
- Data Set for Embedded Device Manager : 임베디드 디바이스를 위한 데이터 셋 관리

데이터 수집 인터페이스를 통해 수집된 데이터가 어떤 변환과정을 거칠 것인지 자동으로 분류하여 Big Data Container로 전달한다.

3) 빅데이터 컨버터 컨테이너(Big Data Converter Container)

빅데이터에 대한 전처리를 수행하는 컨테이너이다. 제안하는 시스템을 위한 Hadoop 기반의 확장된 저장소 관리 모듈(Extended Storage Manager based on HDFS)과 정형 데이터 및 비정형 데이터에 대한 데이터 변환 모듈(Data Converter)로 구성된다. Fig. 8은 빅데이터 컨버터 컨테이너를 나타낸다.



Fig. 8. Big Data Container

기존의 빅데이터 분석 시스템에서 많이 활용되고 있는 하둡 시스템을 기반으로, 모듈의 개선 및 확장, 신규 개발을 수행한다. 확장 HDFS 저장소, 비정형 데이터 변환 모듈 등

을 포함하며 비정형 데이터를 중심으로 데이터를 변환하여 분산 저장하고, 요구분석에 의한 분석 및 검증을 위한 형식으로 데이터를 변환, 관리한다.

4) 분석 및 검증 컨테이너(Analysis & Verification Container)

데이터를 분석 및 검증하고 시각화하는 기능을 가지며 기계학습 및 통계기반의 데이터마이닝과 실험계획법을 기반으로 하는 데이터 분석 모듈과 분석 결과에 대한 시각화 모듈을 가진다. Fig. 9는 분석 및 검증 컨테이너를 나타낸다.



Fig. 9. Analysis & Verification Container

- Analysis Module : 데이터 분석 및 검증 모듈은 입력되는 데이터에 대하여 통계적인 분석 및 검증 기능 제공
- DOE Analysis : 입력되는 데이터를 기반으로 실험계획법을 적용한 분석 및 검증 기능 제공
- Data Mining Machine Learning, Data Visualization : 입력되는 데이터를 기반으로 기계학습을 중심으로 하는 데이터마이닝의 기술을 활용하여 데이터에 대한 분석 및 예측 기능 수행
- Data Visualization : 분석, 검증 및 예측되는 데이터를 시각화하여 사용자에게 제공하는 기능 수행

분석된 모델을 대상으로 피드백을 수행하며, 피드백 결과에 의해 갱신된 정보는 개발된 신규 분석 모델의 검증을 위한 기준으로 활용한다.

데이터마이닝 기법, 실험분석법, 신경망과 기계학습 기반의 분석을 표준으로 하며, 시스템을 위한 신규 분석 모델 개발을 R통계분석 툴을 활용하여 자체 개발한 데이터 분석 API를 적용하여 데이터를 분석한다.

기존의 분석 기술과 기계학습 등을 통한 다양한 정량적 분석 및 예측 알고리즘 간의 교차검증과 피드백을 통하여 정성적, 정량적인 예측 결과 및 판단근거를 모두 제시하는 검증 알고리즘을 적용한다.

Fig. 10은 신규 분석모델을 개발하기 위한 과정을 나타내며, Fig. 11은 데이터 분석 및 검증 컨테이너의 데이터 흐름을 나타낸다.

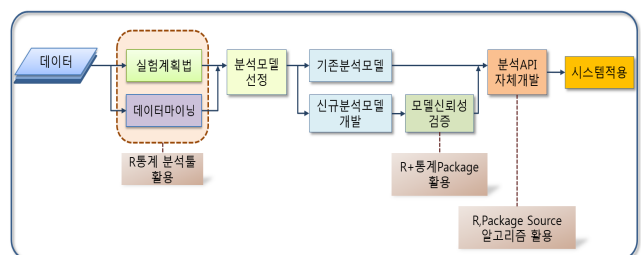


Fig. 10. A Development Process for the New Analysis Model

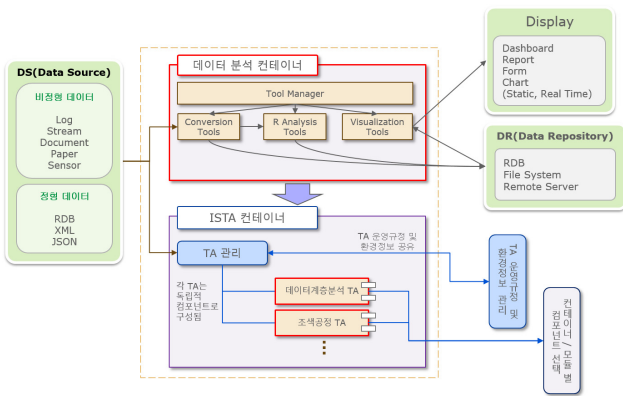


Fig. 11. An Data Flow for the Data Analysis & Verification Container

5) 산업유형별 프로세스 컨테이너(Industry Process Container)

산업유형별 프로세스를 관리하는 컨테이너이며, 제조장비의 상태데이터, 제조 시점에서의 환경데이터, 작업지시정보 등 수집된 다양한 데이터에 대한 분석 및 검증 결과를 기반으로 해당 작업을 위한 표준 데이터 및 설정 등 기술적인 구조(TA)를 생성한다. Technical Standard Rule Manager, Data Level Manager, API Set Manager, Industry Process Manager로 구성된다. Fig. 12는 산업유형별 프로세스 컨테이너를 나타낸다.



Fig. 12. Industry Process Container

- Technical Standard Rule Manager : 해당 산업유형에 대한 기술 표준과 관련된 규칙 관리
- Data Level Manager : 해당 산업유형에 대한 각 데이터들의 난이도 및 보안 등급 관리
- API Set Manager : 산업유형별 비즈니스 프로세스를 설계, 개발, 운영하기 위한 API 셋 관리
- Industry Process Manager : 산업유형별로 정의된 비즈니스 프로세스 서비스 제공

생성된 TA는 제조공정의 모든 부분에서 해당하는 장비가 기준으로 삼을 수 있는 모든 표준 데이터와 설정 값, 자료구조, 데이터 흐름 지시표 등으로 구성된다.

제조 장비에 따라 TA의 데이터 및 방식, 처리 유형은 달라질 수 있다. TA는 계속되는 데이터 분석 및 검증 과정에서 새롭게 갱신될 수 있으며, 갱신된 TA는 IoT 디바이스의 상황인식 칩에 재저장됨으로써 해당 장비가 참조하는 기준 정보를 갱신하게 된다. 기존의 표준 TA를 다양한 관계에서 만들어진 새로운 TA를 운영 규정에 맞는 항목, 도메인 요구사항, 고객들의 성향과 환경 등 다양한 새로운 TA를 모아 공통적인 컴포넌트를 생성한다. 이 컴포넌트의 공통된

부분을 TA관리를 통해 새로운 표준을 제시할 수 있고, 또 다른 TA 컴포넌트를 연결 및 연동하여 움직인다.

6) 보안 컨테이너(Security Container)

프레임워크와 외부 인터페이스 간의 보안모듈을 관리하는 컨테이너이다. Fig. 13은 보안 컨테이너의 구조이다.

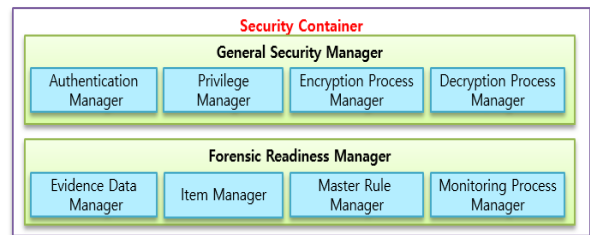


Fig. 13. Security Container

일반 보안 관리자(General Security Manager)와 전체 시스템의 모니터링 및 처리기록을 위한 포렌식 준비도 관리자(Forensic Readiness Manager)로 구성된다.

포렌식 준비도 설계기반으로 유형, 항목, 요소 등의 관리 정책(Master Rule)을 정의하고, 포렌식 모니터링을 통해 데이터수집·분석을 통해 산업별 부정유형에 대한 모델링을 구축한다. 또한, 정책과 규정에 맞는 증거 수집을 통해 표준 TA를 설정하고, 문제점과 개선사항을 통해 재식별한다.

외부자 해킹에 의해 개인정보가 유출되는 일반적인 보안 관련 시나리오와 내부 직원이 프라이버시 정책을 위반하는 전형적인 프라이버시 사건을 구분하면서 정보프라이버시 개념과 포렌식 준비도 개념을 결합하여 정보 프라이버시 사고에 특화된 계층적인 트리구조의 포렌식 준비도를 적용하였다.

- 일반 보안 관리자 : 프레임워크의 보안 컨테이너의 구성요소인 일반 보안 관리자
- Authentication Manager : 사용자 계정 및 디바이스의 인증 관리
- Privilege Manager : 각 사용자의 계정별 권한 등을 관리
- Encryption Process Manager : 송수신되는 데이터에 대한 암호화 처리
- Decryption Process Manager : 송수신되는 데이터에 대한 복호화 처리
- 포렌식 준비도 관리자 : 전체 시스템의 모니터링 및 처리기록을 위한 포렌식 준비도 관리자
- Evidence Data Manager : 저장되는 로그 및 모니터링 데이터에서 선택된 항목에 대한 증거자료의 관리
- Item Manager : 증거자료 항목 등 포렌식 준비도에서 사용되는 데이터 항목에 대하여 관리
- Master Rule Manager : 포렌식 준비도를 위한 시스템의 운영 규칙 관리
- Monitoring Process Manager : 모니터링 대상 항목 및 처리규정, 처리 내용 관리



### 3.5 데이터 분석/검증 및 시각화 기술

데이터 변환 도구는 데이터를 Text Filter(Text Extractor)에서 읽고 원시 텍스트를 추출하고, Text Parser(Text Analyzer)에서 형태소 분석(정확성), 비정형 데이터 구분(엑셀 텍스트 길이 설정 유사), 전부 또는 특정 데이터(Trim 적용)를 분석한다.

분석 결과를 미리 정의된 다양한 형태(Json, Text, XML 등)로 저장한다. Batch Job(배치분석)를 통해 Batch 설정에 따른 주기적인 Conversion을 실행하고 Big Data일 경우 실시간 분석이 어려우므로 저장 후 준 실시간 분석을 수행하기 위해 배치로 실행하며, Batch Manager에서 관련 설정한다.

Fig. 14는 수집된 데이터 소스로부터 데이터를 변환하고 분석한 후 시각화처리에 이르는 프로세스 구조를 나타낸다.

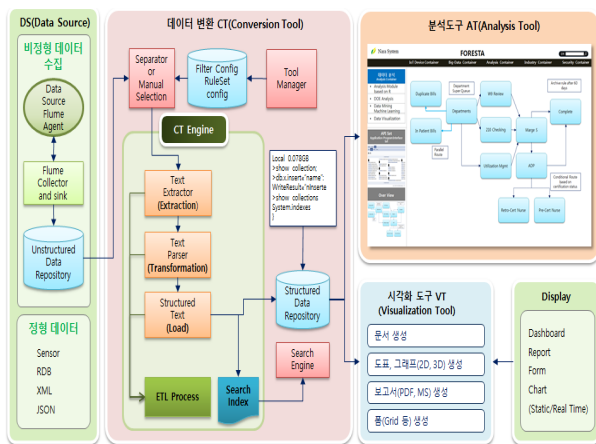


Fig. 14. Structure of Process for the Data Conversion, Analysis, and Visualization Tools

Fig. 15는 데이터 분석 결과에 따른 시각화 처리를 나타낸다.

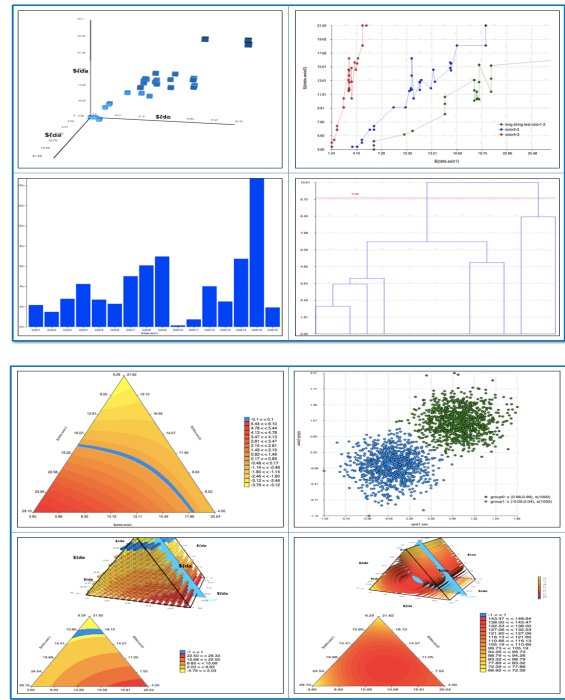


Fig. 15. An Example of the Visualization for the Data Analysis

### 3.6 데이터 분석 API 셋

본 논문에서 제시하는 프레임워크는 데이터 분석/검증을 위한 API 셋을 가진다. API 목록은 HW/SW 통합 프레임워크 Container, Component를 기준으로 하고 있으며 산업유형별 데이터 Set에 대한 분석 및 검증 API를 포함한다. Fig. 16은 데이터 분석 및 검증을 위한 API 셋의 온라인 도움말의 화면이며 Fig. 17은 개발 API 셋의 카테고리이다.

### 3.7 데이터 전처리

본 논문에서 제시하는 프레임워크는 데이터마ining 기반의 공정개선 및 분석, 검증, 예측기술을 위한 데이터 전처리를 수행한다.

데이터 전처리 과정에서는 원시데이터를 읽어서 Text를 추출한 후 Filtering 과정을 거쳐 정제된 데이터를 생성하고, Rule Set 결과형식 정의를 이용하여 Text 파일을 생성한다.

그 결과는 데이터 원본(DS, Data Source)에 저장되어 Index를 생성하여 결과를 검색할 수 있고, 분석을 통하여 시각화 기능을 통해 제공된다.

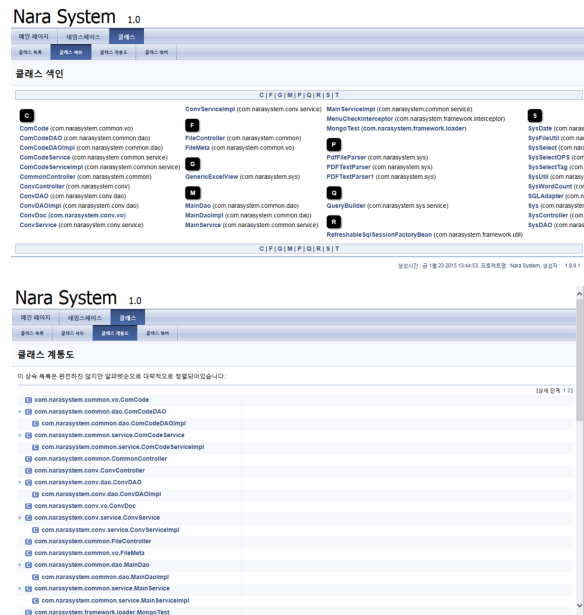


Fig. 16. API Set for the Data Analysis & Verification

Text화 작업 후 1차 분석과정을 거친 Text는 데이터 Text 파일에 저장된다. Rule Set 속성을 읽어서 실행하며 프레임워크의 도구관리자(TM, Tool Manager)에서 속성을 정의한다. 정형화를 거친 파일은 데이터 분석/검증 모듈에서 처리한다.

Fig. 18은 데이터 전처리를 위한 처리 구조이며, Fig. 19는 데이터 전처리 과정을 구현한 화면이다.

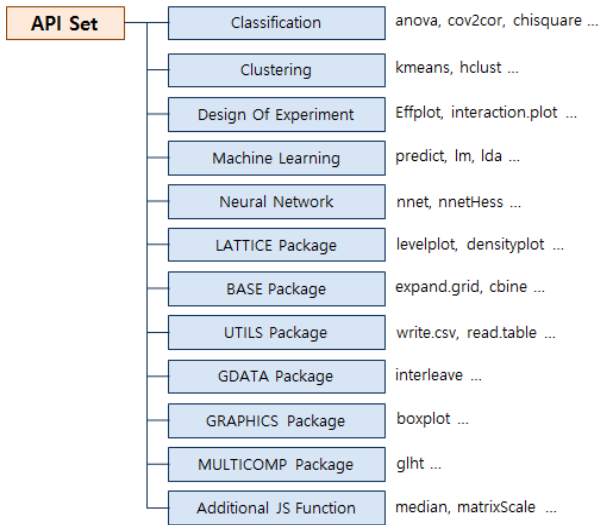


Fig. 17. A Structure of a Category for the API Set

#### 4. 코팅제 배합공정 분석용 TA 설계 및 실험

본 실험에서는 다양한 코팅제의 실제 배합 데이터 셋 중에서 다섯 종류의 코팅제를 표본으로 하여 실험을 수행한다.

코팅제 배합에 투입되는 정확한 재료명과 품목코드는 데이터 셋을 제공한 업체의 요청에 따라 대체코드로 표시하였다. 각 재료에 대한 대체코드는 도료의 기본구성(용제, 수지, 조색제, 첨가제)의 4종류로 분류하고 각 분류에 따라 일련번호를 적용하여 대체코드를 생성하였으며, Table 1은 대체코드를 나타낸다.

Table 1. Alternative Code

C1	KD120880014
C2	KD300000914
C3	KD120880012
C4	KD300000915

수집된 데이터는 분석 과정을 거쳐 제조공정에 피드백 됨으로써 그 효과를 확인할 수 있다. 분석 결과의 정확성 확보를 위하여, 수많은 사용자를 가지며 그 성능이 이미 검증된 오픈소스 통계 분석 툴인 R을 기반으로 분석 결과를 검증한다. 실험을 통하여 도출된 보정방정식과 계수를 기반으로 구성된 시스템의 처리 결과와 실제 작업 중 수집되는 데이터 간의 오차의 계산과 피드백을 위한 데이터를 생성하기 위하여 R 통계분석 툴을 기반으로 검증된 분석 모델을 적용하고, 분석 결과를 제조공정으로 피드백 함으로써 제조공정의 개선에 활용한다.

코팅제 제조 시 적용되는 배합 비율표를 기준으로 정확한 조색을 위하여 보정한 실제 배합 데이터를 이용하여 실험을 수행하였다. 실험데이터는 제조현장에서 직접 측정된 실제 데이터를 적용하고 있으며, 데이터 셋을 제공한 업체의 현장상황에 따라 제조현장의 온도, 습도 등 기초적인 환경데이터가 포함되어있지 않다. 그러나 실제 재료의 배합 시에는 환경적인 요인도 포함되므로 이러한 환경 정보도 함께 수집하여 처리할 필요가 있다. 따라서 실험 결과로 도출한 계수와 보정방정식은 환경정보를 적용하여 계속적으로 갱신되어야 한다.

Fig. 20은 코팅제 배합 공정 데이터 분석 과정을 보여준다.

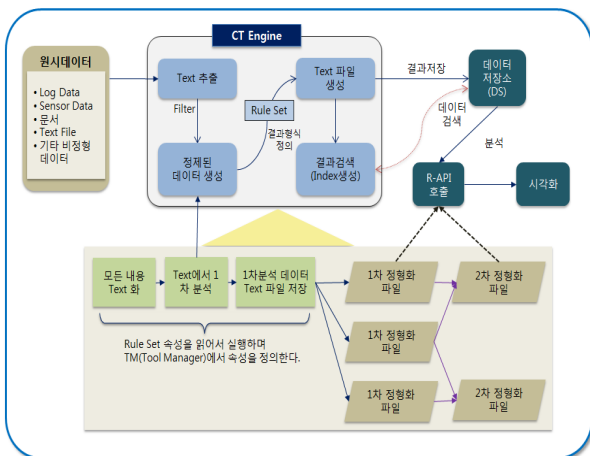


Fig. 18. The Structure of the Data Preprocess

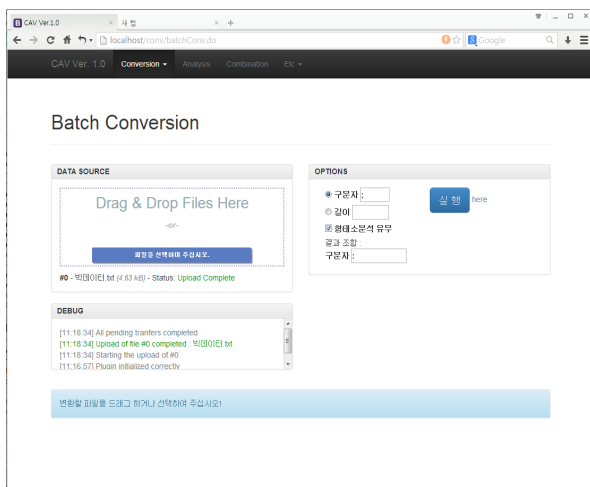


Fig. 19. An Example of the Screen for the Data Preprocess

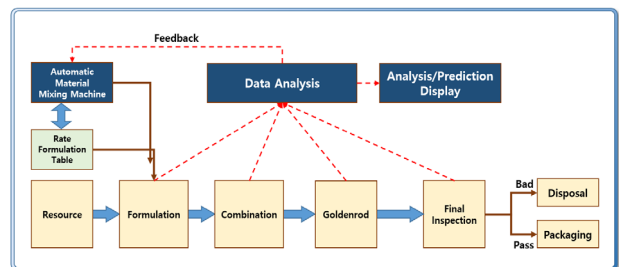


Fig. 20. Data Analysis Flow for the Coatings Mixing Process

Table 2는 실험에 사용된 데이터 중 코팅제 #01에 대한 표본 데이터의 일부이다. Table 2에서 A4, B4, C1, C2, C4, C8, D3, D7, D14는 코팅제 #01에 투입되는 재료이며, 배합 결과는 CCM을 통한 측정된 후 L, A, B, ΔE로 나타난다.

Table 3은 조색의 방향성에 대한 기준표이며 기준에 따라 색상 값으로 배합에 따른 조색의 방향성을 확인할 수 있다.

Table 2. Some of Data for the Mixing Ratio of the Coatings

	1	2	3	4	5
A4	7.298	7.298	7.298	7.298	7.298
B4	51.976	51.976	51.976	51.976	51.976
C1	42.72	47.32	52.32	57.32	60.72
C2	2.136	2.136	2.136	2.136	2.136
C4	3.56	3.56	3.56	3.56	3.76
C8	58.74	66.34	66.34	73.34	76.34
D3	1.234	2.234	3.934	4.634	4.834
D7	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78
D14	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56
Total	173.004	186.204	192.904	205.604	212.404
L	-1.51	-0.9	-1.1	-0.52	-0.1
A	3.96	3.06	0.42	-0.22	-0.03
B	-0.16	0.45	-0.82	-0.39	-0.2
E	4.26	3.22	1.43	0.69	0.22

Table 3. Direction of the Mixing Color

	L	A	B
PLUS	White	Red	Yellow
MINUS	Black	Green	Blue

Fig. 21은 미니탭에서 확인한 콕스 반응궤적과 Piepel 반응궤도이며, Fig. 22는 R에서 확인한 콕스 반응궤적과 Piepel 반응궤도이다. 또한 Fig. 23은 R(왼쪽)과 미니탭(오른쪽)에서 확인한 혼합물에 대한 등고선도이다.

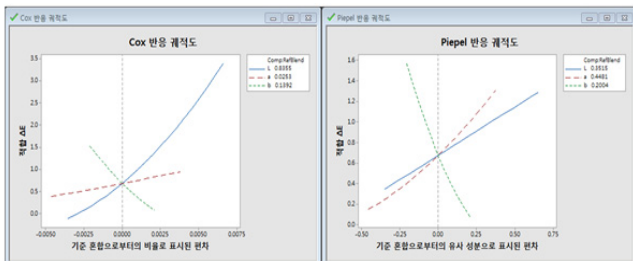


Fig. 21. Cox Reaction Trajectory and Piepel Reaction Trajectory by MiniTab

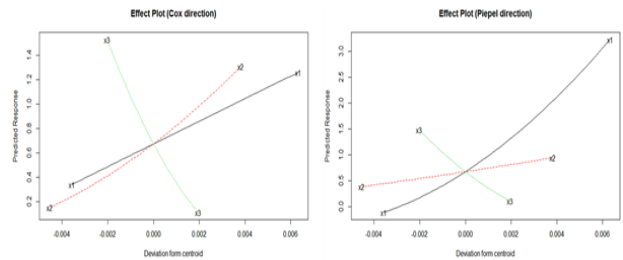


Fig. 22. Cox Reaction Trajectory and Piepel Reaction Trajectory by R

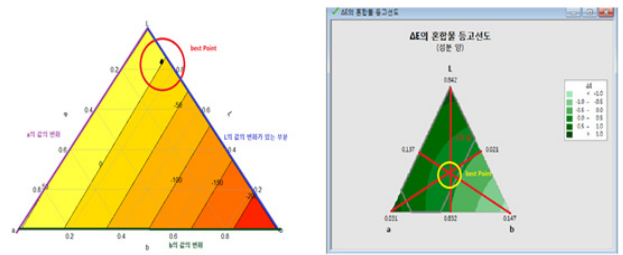


Fig. 23. The Contour Matrix for the Mixing Material by R (Left) and MiniTab (Right)

Table 4는 코팅제 배합 실험에 대한 2차 실험데이터이며 각 원료는 대체코드를 사용하여 표시한다.

실험데이터에 대하여 취합한 데이터는 회귀분석을 실시하여 적합성 여부를 확인한다. R-square 값이 0.6보다 크면 그 모형이 신뢰할만한 모형이라고 판단된다. 각 값 L a b deltaE에 대해 회귀분석을 실시하고 예측모형을 설계한다.

다음으로 실제 데이터 같은 Input value를 넣어 예측을 실시하여 실제 데이터 결과 값과 비교한다. Fig. 24는 실험 데이터 분석 그래프이다.

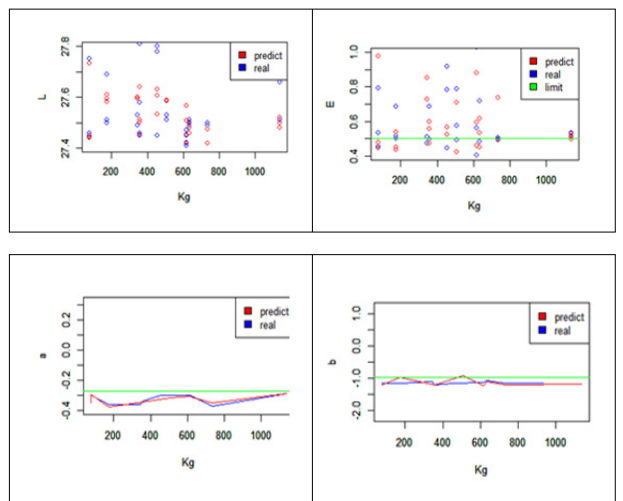


Fig. 24. Graph of Analysis of the Experimental Data

파란 점이 실제 데이터의 값이고 빨간 점이 예측된 데이터의 값이다. 위 그래프에는 적합한 색상을 찾아가는 과정이 담겨있다. 적합도 E가 0.5 이하이면 그 색상은 적합한 색

Table 4. Some of the Second Experiment Data for the Mixing Ratio of the Coatings

C1	C2	C3	C4	L	A	B	ΔE	Kg
2.814	20.167	46.9	101.304	27.78	-0.39	-1.51	0.918	454.93
2.814	23.067	46.9	101.3	27.8	-0.36	-1.14	0.782	454.93
3.907	23.1	47.12	101.3	27.45	-0.3	-1.15	0.445	454.93
4.554	32.595	75.18	164	27.5	-0.38	-1.16	0.506	733.194
4.78	32.6	75.2	164	27.49	-0.37	-1.16	0.495	733.194
1.068	7.654	17.8	38.5	27.69	-0.37	-1.17	0.685	171.948
1.068	7.654	18	38.5	27.51	-0.37	-1.17	0.517	171.948
1.168	7.714	18.04	38.5	27.5	-0.36	-1.16	0.502	171.948
2.109	15.165	35.26	76.248	27.53	-0.36	-1.09	0.510	342.41
2.1	15.2	35.3	79.3	27.49	-0.36	-1.09	0.472	342.41
3.04	21.758	50.6	124.5	27.51	-0.34	-1.61	0.789	506
3.04	24.758	50.6	124.5	27.53	-0.33	-1.28	0.578	506
3.04	26.76	50.6	124.5	27.53	-0.33	-1.01	0.495	506
3.8	27.27	63.4	156.1	27.49	-0.3	-1.54	0.719	634
3.8	30.27	63.4	156.1	27.5	-0.31	-1.25	0.535	634
3.8	33.27	63.4	156.1	27.51	-0.31	-1.08	0.482	634
3.8	27.262	63.42	137	27.41	-0.32	-2.52	1.585	614.98
3.8	37.762	63.42	137	27.45	-0.33	-1.92	1.027	614.98
3.8	47.762	63.42	137	27.47	-0.32	-1.34	0.563	614.98
3.82	52.9	63.5	137	27.42	-0.3	-1.12	0.406	614.98
0.48	3.42	7.96	17.2	27.75	-0.37	-1.32	0.794	77.117
0.48	3.42	10.96	17.2	27.45	-0.36	-1.31	0.534	77.117
0.74	4	11	17.2	27.46	-0.3	-1.15	0.454	77.117
2.14	15.275	35.5	87.33	27.81	-0.39	-2.48	1.690	355
5.14	25.275	45.5	87.33	27.58	-0.39	-1.39	0.689	355
5.14	28.275	50.5	87.33	27.46	-0.38	-1.22	0.496	355
5.14	28.275	50.6	90.4	27.45	-0.34	-1.21	0.475	355
7.055	50.575	117.5	253	27.66	-0.34	-1.53	0.832	1135.05
7.055	60.575	127.5	253	27.5	-0.34	-1.24	0.533	1135.05
7.055	66.575	127.5	253	27.51	-0.34	-1.17	0.512	1135.05
10.06	66.6	127.5	253	27.5	-0.29	-1.17	0.498	1135.05

상이라고 판단되어 0.5 이하의 데이터만 비교해 다음과 같은 그래프가 도출되었다. Lab 그래프는 초록색 선에 가까울수록 적합하고 E 그래프는 초록색 선보다 밑에 있으면 적합하다고 볼 수 있다.

예측된 결과 값과 실제의 결과 값을 비교해보았을 때 차이가 근소하며 때로는 예측된 값이 더 좋은 결과를 나타낸

다. 또한 더 많은 데이터를 이용하여 회귀분석을 실시하면 예측에 대한 정확도 또한 증가할 것이다.

### 5. 결 론

본 논문에서는 HW-SW 통합 프레임워크를 활용한 제조 공정 개선을 위한 실시간 모니터링 시스템과 데이터 분석검 증 TA의 설계모형을 제안하였다. 실험을 통하여 실제 생산 현장에서 사용하는 기준 데이터, 인적 오류, 제품의 특성 값 및 기준 값 등에 발생한 오차에 대하여 작업자가 수정한 보 정 결과 데이터를 실험계획법을 기반으로 분석하여 기준 데 이터를 계산하였다. 또한 빅 데이터-R 기반의 분석기술을 활용하여 기존의 기준 데이터만을 적용한 공정이 아니라 제 조 환경 정보와 상황정보를 이용하여 제조에 가장 중요한 인자를 검색하고 기준 값을 보정하는 최적화 모형을 도출하 였다. 본 논문에서 도출한 데이터 최적화 모형에서 코팅제 배합공정에서의 원료 코드별 지시량과 불출량, 도료의 기본 색의 영향, 조색 시 조색제와 수지의 중요도에 대하여 실험 계획법의 하나인 혼합물 실험계획법을 통해 코팅제 조색 결 과의 혼합물 등고선도, Cox 및 Piepel 반응 궤적을 구하고 조색 데이터의 방향성과 배합의 연관성, 결과물과 목표 간 의 오차 감소 방향 등을 분석하였다.

본 연구에서의 실험과 분석을 통해 확보된 기준 데이터는 제조공정에 적용할 경우 배합의 정확도 향상과 작업시간 단 축을 가능하게 해주고, 건당 처리시간의 감소로 인한 생산 납품시간 단축, 불량률 감소 등에 따른 원가 절감에 기여할 수 있다. 뿐만 아니라, 다양한 모델링에 대한 제조공정에서 표준 데이터를 획득할 수 있다.

본 논문에서 제시한 프레임워크 및 데이터 분석, 검증 시 스템은 생산정보 통합 데이터 분석/예측 인터페이스, 데이터 마이닝 기반 공정개선 분석/검증/예측 기술, 스마트 공장 구 축을 위한 공정개선 분석관리 통합 시스템의 개발로 크게 구성된다.

생산정보 통합 데이터 분석/예측 인터페이스 개발에서는 표준 설정 및 통계분석, 전문가 검증 피드백을 통한 생산정보 (불량률, 불량 항목별 예측방법 모형 등) 예측 등에 대한 표 준 TA를 설정하고, 데이터 분석/예측/검증 인터페이스 기술 및 시각화 API 셋을 개발, 확보하며 공정개선관리 통합 최적 화를 위한 데이터 셋 분석/검증 도구 개발을 수행한다. 데이 터 수집, 분석, 검증을 통하여 생산 정보화를 위한 표준 기술 제시로 선두 기업과의 기술 격차 해소를 지원하고, 플러그인 형태의 컨테이너 및 모듈 기반의 프레임워크와 HW/SW 통 합 지원 플랫폼 개발을 통하여 확장성, 유연성, 재사용성, 일 관성, 개발기간 및 비용절감 효과를 기대할 수 있다.

데이터마이닝 기반 공정개선 분석/검증/예측 기술 개발을 통하여 생산 공정에 관한 통합 정보를 수집, 이용한 데이터 마이닝(관리/품질특성, 인자 값, 휴먼 에러, 예외 사항, 지식 기반 정보 등)을 수행하고 데이터 전처리 및 분산처리를 통 한 성능 개선(색인, 인덱싱)을 기대한다. 다양한 응용 시스



템 통합을 위한 데이터웨어하우스 구축과 분석된 데이터의 시각화를 통해 표준 웹 기반(Spring 프레임워크, X플랫폼, HTML5 적용) 서비스 제공으로 공정관리 개선 및 수익 증대를 기대할 수 있으며, 최적화 기술 이론을 기반으로 하는 예측 데이터와 실제 작업 데이터를 비교, 처리하여 다양한 분석/검증/예측 방법 모형 개발과 생산정보 통합 데이터의 결과 값을 통한 불량원인 추적 기술, 공정조건 및 설비조합 최적화와 최적화 결과를 기반으로 하는 생산 스케줄링 기술을 확보할 수 있다.

마지막으로 스마트 공장 구축을 위한 공정개선 분석 관리 통합 시스템 개발을 통하여 자체 통계분석 시스템의 데이터 분석 결과를 기반으로 전체 데이터 흐름을 설계하고, 공정 사이클 타임 단축, 불량률 및 생산성 최적화 관리, 생산관리 예측, 작업자 동선 관리가 고려된 향상된 관리 기능을 지원한다. 데이터 분석/검증을 통한 예측 기술 적용으로 작업 시간 감소 및 예외 발생 상황 분석 및 최적화를 수행하고 공정개선을 위한 생산정보 통합시스템 활용으로 인한 생산주기관리, 작업시간 단축, 품질 향상 등 수익률 증가를 기대할 수 있다.

향후에는 제안된 최적화 모형의 데이터 처리 아키텍처를 기반으로 개발하는 시스템에 축적된 데이터를 적용하고, 도출된 결과를 이용하여 고객 요구에 맞는 색차 값 추출 및 표준 값과 제품의 특성 값을 비교, 분석 및 검증한 후 최적화를 위한 모형의 데이터를 제시하고, 다양한 상황에 맞는 표준 TA를 설계하고자 한다. 또한 수집된 자료를 데이터 검증 분석 방법에 적용하여 표준 아키텍처의 제시 및 객관적 검증을 수행할 수 있는 기술에 대한 연구에 중점을 두고자 한다.

### References

[1] Young-Sook Kim, "Generation of Corporate Risk Contents of Small Firms and Large Firms Using Financial Data for Enhancing International Competitiveness," *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol.7, No.12, pp.123-130, 2007.

[2] Eizo Kinoshita and Takao Ohya, "Strategic decision-making technique AHP," Cheongram, 2012.

[3] Jaechun Kim and Mokdong Chung, "Cloud-based Integrated Support System for the Bond Management," in *Proceedings of the Spring Conf. of the Korea Multimedia Society*, Vol.15, No.1, pp.54-57, Apr., 2012.

[4] Kae Gil Lee, "Statistical analysis using the MATLAB," Ajin, Seoul, 2013.

[5] Hyeoung Park and Kwanyong Lee, "Pattern Recognition and Machine Learning: From the ground up to take advantage of," Ehan Media, Goyang, 2011.

[6] Michael J. Crawley, "The R Book," 2nd ed., Acorn Publishing, 2014.

[7] Jung, D. B. and Won, T. Y., "Time series data and analysis of simplification I," Hannarae Publishing Group, Seoul, 2001.

[8] Jiawei Han, Micheline Kamber, and Jian Pei, "Data Mining:

Concepts Techniques," Acorn Publishingm 2015.

[9] Brett Lantz, "Machine Learning with R," Acorn Publishing, 2014.

[10] Richard O. Duda, Peter E. Hart, and David G. Stork, "Pattern Classification," 2nd Ed., ITC, 2006.

[11] Chunghyun Yu and Seonghak Hong, "R Visualization," Insight, 2015.

[12] Functional Inorganic Coatings [Internet], [http://mirian.kisti.re.kr/publication/view.jsp?record\\_no=155&cont\\_cd=KI,2007](http://mirian.kisti.re.kr/publication/view.jsp?record_no=155&cont_cd=KI,2007).

[13] Heewon Jeon, "Big Data Analysis with R: R Distributed Programming," Microsoftware, pp.186-193, Sep., 2011.

[14] Min-Hoi Koo, Jin-Woo Lee, and Hoe-Cheol Cha, "CCM System Practical Technology Research for Laboratory Dyeing Machine," Korean Institute of Industrial Technology, 1993.

[15] Sung-Hyun Park and Jong Wook Kim, "Modern Design of Experiments using MINITAB," Minyoungsa, Seoul, 2011.



김재천

e-mail : k971110@hanmail.net  
 2006년 부경대학교 컴퓨터공학과(석사)  
 2015년 부경대학교 컴퓨터공학과(박사)  
 현재 ㈜나라시스템 대표이사  
 관심분야: 부실채권 관리, 데이터마이닝,  
 프레임워크, 포렌식



진선아

e-mail : mystarta@naver.com  
 2010년 부경대학교 컴퓨터멀티미디어공학(학사)  
 현재 ㈜나라시스템 기업부설연구소  
 선임연구원  
 관심분야: 부실채권 관리, 데이터마이닝,  
 프레임워크, 포렌식



박영희

e-mail : cafe0107@hanmail.net  
 2006년 부경대학교 컴퓨터공학과(석사)  
 2015년 부경대학교 컴퓨터공학과(박사)  
 현재 한국폴리텍대학 정보통신시스템과  
 조교수  
 관심분야: 데이터마이닝, 부실채권 관리



**노성여**

e-mail : sungnsn@naver.com

1998년 부경대학교 전산정보(석사)

2014년 부경대학교 기술경영(박사수료)

현 재 동명대학교 항만물류시스템학과  
교수

관심분야: 항만물류 시스템, 데이터 분석,  
프레임워크



**이현동**

e-mail : win4calss@hanmail.net

2007년 부경대학교 컴퓨터공학과(석사)

2012년 부경대학교 컴퓨터공학과(박사)

현 재 (주)나라시스템 기업부설연구소  
연구소장

관심분야: 컴퓨터응용보안, 상황인식 컴퓨팅