

◆ 특집 ◆ 자동화를 넘어 자율화 (첨단제조를 위한 자율화)

제조 데이터 가시화를 위한 모바일 대시보드 시스템 개발

Development of Mobile Dashboard System for Manufacturing Data Visualization

조현제¹, 김철¹, 조용주^{1,✉}
Hyunjei Jo¹, Chul Kim¹, and Yongju Cho^{1,✉}

¹ 한국생산기술연구원 생산자동화연구실용화그룹 (Manufacturing Automation R&BD Group, KITECH)
✉ Corresponding author: yjcho@kitech.re.kr, Tel: +82-41-589-8350

Manuscript received: 2014.3.10 / Revised: 2014.3.20 / Accepted: 2014.3.26

As products have been more complex and customer's demands of personalized products are increasing, manufacturing system has been changed from mass production to mass customization production that makes small quantity but different kinds of product. In addition, it becomes important that manufacturers quickly respond to variable customer's demands and characteristic regulations in each country. Therefore, three prerequisites are essential for manufacturers to response agilely. First, manufacturing data should be monitored in real time, second, information is extracted from the data, and finally, the information is used to make manufacturing strategy. In this paper, the mobile dashboard system is presented. It visualizes manufacturing data on mobile devices, and measures performance of the shop floor through the information. The proposed system is composed of server and client, and is running on the R - the open source software for statistics. Four kinds of template are given for easy visualization through the system.

Key Words: manufacturing data (제조데이터), data visualization (데이터가시화), mobile (모바일), performance (성과)

1. 서론

제품이 복잡해지고, 고객들이 개인화된 제품에 대한 요구가 커지면서, 생산 방식이 대량생산에서 다품종의 적량생산으로 변화하고 있으며, 적시 납품도 점점 중요한 요소가 되어 가고 있다. 또한 생산 환경이 대량맞춤(mass customization)과 세계화(globalization)가 되면서 제조기업들은 다양한 고객의 요구와, 국가별로 각기 다른 규제들에 신속하게 대응하여야 할 필요가 있다.¹

따라서 제조 기업은 현장의 정보를 최대한 이용하여 제조 과정에서 오는 불확실성을 최소화하는 제조 전략을 수립할 수 있어야 한다.

Ho²는 제조과정에서의 불확실성을 환경적인 불확실성과 시스템적인 불확실성으로 구분하였다. 여기서 환경적인 불확실성은 고객의 요구나 공급에 대한 불확실성 같은 제조 외적인 요소들을 포함하고, 시스템적인 불확실성은 수율, 납기와 같은 불확실성을 의미한다. 따라서 기업 입장에서는 통제 불가능한 외적인 요소보다는 시스템적인 불확실성을 줄임으로써 생산성을 높일 수 있는 방법을 모색하는 것이 효율적이다.

제조 환경에서, 자율화를 위해서는 우선 현장을 이해하는 것부터 시작하여야 한다. 현장을 이해하고, 현재의 상황을 파악하여야만, 문제에 대한 전략을 수립하고 전략을 실행에 옮겨 해당 문제를

해결할 수 있다.

이를 위해서는 시스템적인 불확실성과 관련된 내부 요소들에 대한 정보를 수집하고 활용하는 것이 필수적인데, 여기서 크게 세가지 요소가 만족되어야 한다. 첫째는 실시간으로 생산 현장의 데이터를 수집하여 모니터링 할 수 있어야 하고, 둘째는, 데이터로부터 필요한 정보를 추출할 수 있어야 한다. 마지막으로, 추출된 정보를 비즈니스 단계에서 적재적소에 활용하여 제조 전략을 수립하고 현장을 제어할 수 있는 요소로 활용할 수 있어야 한다.

본 논문에서는 모바일 환경을 기반으로 현장의 데이터를 가시화하고, 통계적인 방법을 통해서 생산성과를 측정하여 제조전략을 수립하고 현장을 관리할 수 있는 시스템인 Mobile Dashboard System 을 제시하였다.

본 논문은 현장의 데이터를 수집하는 방법에 대해서는 기술하지 않는다. 현장 데이터 수집은 제조실행시스템 (Manufacturing Execution System)과 같은 제조솔루션을 활용하였고, 본 연구에서는 수집된 데이터를 이용하여 모바일 환경에서 가시화하여 정보를 제공하는 방법과 시스템의 개발에 중점을 두었다.

2. 관련연구

앞에서도 기술된 바와 같이 현장의 데이터를 수집하기 위해서는 제조실행시스템이 널리 이용된다. 제조실행시스템은 생산현장의 데이터를 실시간으로 수집하고 활용하기 위한 대표적인 제조IT의 인프라 솔루션이다.

제조실행시스템은 줄여 MES라고도 하는데, MES의 기본 개념은 1980년대의 데이터 수집시스템에서 시작되어³ 현재는 제조기업을 위한 엔터프라이즈 솔루션의 필수 요소가 되었다.⁴

MES는 현장과 비즈니스 단계를 연결하는 가교 역할을 수행한다. 따라서 MES는 현장의 데이터를 수집하여 상위의 비즈니스 단계로 전달하여 의사결정을 돕고, 경영진에서 이루어진 결정을 현장에 전달하여 생산활동을 실행하도록 한다. 이런 역할을 통해 MES는 사이클타임, 데이터입력 시간, 재공재고, 문서작성시간, 리드타임, 불량률 줄이는 효과를 가져올 수 있다.⁵

Jo⁶ 등은 중소 제조 기업에 맞춤형 MES를 적용하여 도입 효과를 높이기 위한 적용방법론을 제안

하였고, Lee⁷는 디지털공장을 기반으로 MES를 적용하는 방안을 제시하였다.

하지만 MES 자체가 상기의 효과를 가져오는 것이 아니라 그 효과를 가져올 수 있는 인프라를 제공하기 때문에 비즈니스 단계에서 의사결정을 하기 위하여, MES의 데이터베이스에서 필요한 데이터를 모아서 신속한 의사결정을 내릴 수 있도록 정보를 제시하는, 별개의 시스템이 존재하여야 한다.

데이터로부터 정보를 만들어서 비즈니스 단계에 제시하는 대표적인 솔루션으로는 제조지능화 (Manufacturing Intelligence) 솔루션이 있는데, 제조지능화란 다양한 소스로부터 데이터를 모아 가시화하고 리포팅하여 비즈니스 단계에서 의사결정을 지원하는 것으로 정의된다.⁸

Unver⁹는 제조기업의 주요성과지표(KPI)를 정의하고 실시간으로 정의된 성과지표들을 가시화할 수 있는, ISA95 model을 기반으로, 제조지능화 프레임워크인 MOC(Manufacturing Operation Center)를 제시하였고, Chien¹⁰ 등은 반도체 산업에서 계절 변수, 시장성장률, 가격, 반복구매율 등에 대한 데이터를 가시화하고, 이들을 기반으로 수요예측을 할 수 있는 프레임워크를 구축하였다. Kuo¹¹ 등은 반도체 와이퍼 공정에서 사이클타임을 줄이기 위하여 설비와 공구의 데이터를 이용하여 신경망기반의 방법론을 제안하였다.

본 논문에서 제시된 Mobile Dashboard System도 제조지능화 솔루션의 한 종류로 볼 수 있다. 하지만 다른 연구와는 달리 특정 산업에 적용하기 위한 시스템이 아니라 범용적으로 활용될 수 있는 시스템으로 개발되었으며, 생산 데이터를 가진 데이터베이스만 있으면 모바일 환경에서 다수의 사용자가 시간과 공간의 제약 없이 현장을 이해할 수 있는 솔루션을 제공한다는 특징을 가지고 있다.

3. Mobile Dashboard System

3.1 Overview

Mobile Dashboard System은 Fig. 1에서 보여지는 바와 같이 크게 Mobile Dashboard Server와 Mobile Dashboard Client로 구성되어 있다. Mobile Dashboard Server는 데이터베이스에 저장된 현장의 데이터를 사용자가 원하는 형태로 가공하여 Mobile Dashboard Client에 보내는 역할을 수행하고, Mobile Dashboard Client는 서버에서 보내 준 데이터와 그래프를 사용자에게 실시간으로 보여 주는 역할을 수행한다.

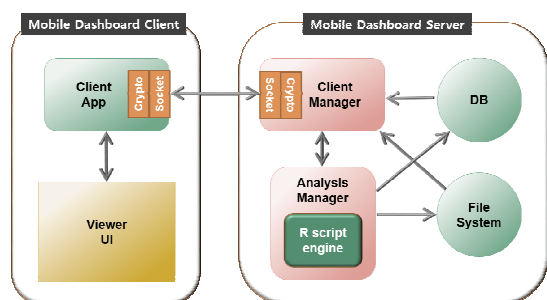


Fig. 1 The Architecture of the Mobile Dashboard System

이 때 서버-클라이언트 간에 전송되는 데이터는 모두 암호화 되어 있기 때문에 서버 측에는 암호화하는 모듈이, 클라이언트 측에는 복호화하는 모듈이 포함된다.

여기서 Server의 데이터베이스는 MES 등과 같은 제조 엔터프라이즈 솔루션의 데이터베이스와 직접 연결될 수도 있고, 현장에서 다양한 데이터베이스를 사용하는 경우에는 데이터베이스에서 필요한 데이터만 따로 추출한 데이터만을 담은 새로운 데이터베이스가 될 수도 있다.

Mobile Dashboard System은 데이터베이스의 데이터를 이용하여 관련 정보들을 테이블과 그래프 형태로 가시화하는데, 분석관리자(Analysis Manager)에 스크립트 형태로 등록함으로써 가시화하는 정보의 종류와 형태가 결정된다. 따라서 현장 별로 원하는 형태의 데이터 가시화가 가능해 진다.

제안된 시스템에서는 활용의 편의성을 위하여 현장에서 많이 사용되는 기본적인 네 가지 템플릿이 미리 제공한다. 제공되는 템플릿은 Data Summary, Quality Monitoring, Process Monitoring, Response Surface Method이며, 세부 내용은 다음과 같다.

- **Data Summary:** 데이터의 평균과 분산 등의 기술 통계량을 출력하고, 관련된 내용을 히스토그램과 박스 플롯과 같은 그래프로 표시한다.
- **Quality Monitoring:** 공정능력을 개선하기 위하여 공정 별 제품 특성치를 출력하고 개선이 필요한 공정을 추출할 수 있도록 통계적으로 판단할 수 있도록 지원한다.
- **Process Monitoring:** 공정변수가 제품의 특성에 미치는 영향 정도를 평가할 수 있도록 지원한다. ANOVA 분석이나 선형회귀분석 등의 통계방법을 지원한다.
- **Response Surface Method:** 회귀분석의 설명력이 부족하거나 데이터의 보다 상세한 분석이 필요할

때 사용될 수 있도록 반응표면분석방법을 지원한다.

제안된 시스템은 실시간으로 데이터를 모니터링 하거나 사용자가 클라이언트의 앱을 통하여 분석을 의뢰하게 되면 서버에서 해당 데이터를 분석하여 결과를 보여 주게 된다. Fig. 2는 제안된 시스템의 실시간 분석 흐름도를 보여 주고 있다.

먼저 사용자가 IOS나 Android의 앱을 실행하고, 아이디와 패스워드를 입력하면 하나의 클라이언트가 서버에 연결이 된다. 그 다음 사용자가 활용 가능한 템플릿의 리스트를 요구하면 서버에서는 사용자의 권한에 따라 분석이 가능한 템플릿의 리스트를 보여 주고, 사용자는 원하는 분석 템플릿을 선택한다.

선택한 템플릿으로 분석이 가능한, 데이터베이스에 들어 있는, 데이터의 리스트를 요구한 후, 분석할 데이터를 선택한다. 서버는 템플릿과 데이터를 분석관리자에게 데이터의 분석을 의뢰하고 결과를 가시화 형태 (히스토그램, 선 그래프, 박스 플롯 등)에 맞게 변형하여 다시 클라이언트에 전달해 준다.

최종적으로 사용자는 하나의 템플릿 내에서 분석된 여러 결과에 대한 리스트를 서버로부터 받고 그 중 하나를 선택해서 클라이언트의 모바일 앱을 통하여 볼 수 있게 된다.

3.2 Mobile Dashboard Server

Mobile Dashboard Server는 Fig. 1에서 보여진 것처럼 클라이언트관리자(Client Manager)와 분석관리자 (Analysis Manager)로 이루어져 있고 데이터베이스와 연결되어 데이터를 분석하고 가시화 형태에 맞추어 정보를 재가공하는 역할을 수행한다. 서버는 데스크톱 컴퓨터에서 운영되며, 본 연구에서는 마이크로소프트 윈도우서버를 기반으로 개발되었다.

Fig. 3은 Mobile Dashboard Server의 기능 계층도를 보여주고 있다. 여러 클라이언트와 연결되어야 하기 때문에 연결관리와 사용자 관리 기능이 필요하며, 모든 데이터가 암호화 되어 전달되기 때문에 데이터의 암호화와 복호화 기능이 필요하다. 또한 통신 프로토콜은 TCP/IP를 기반으로 모든 데이터가 교환된다.

서버에서 클라이언트관리자는 다음의 기능들을 수행한다.

- 클라이언트들의 연결 관리
- 사용자 인증

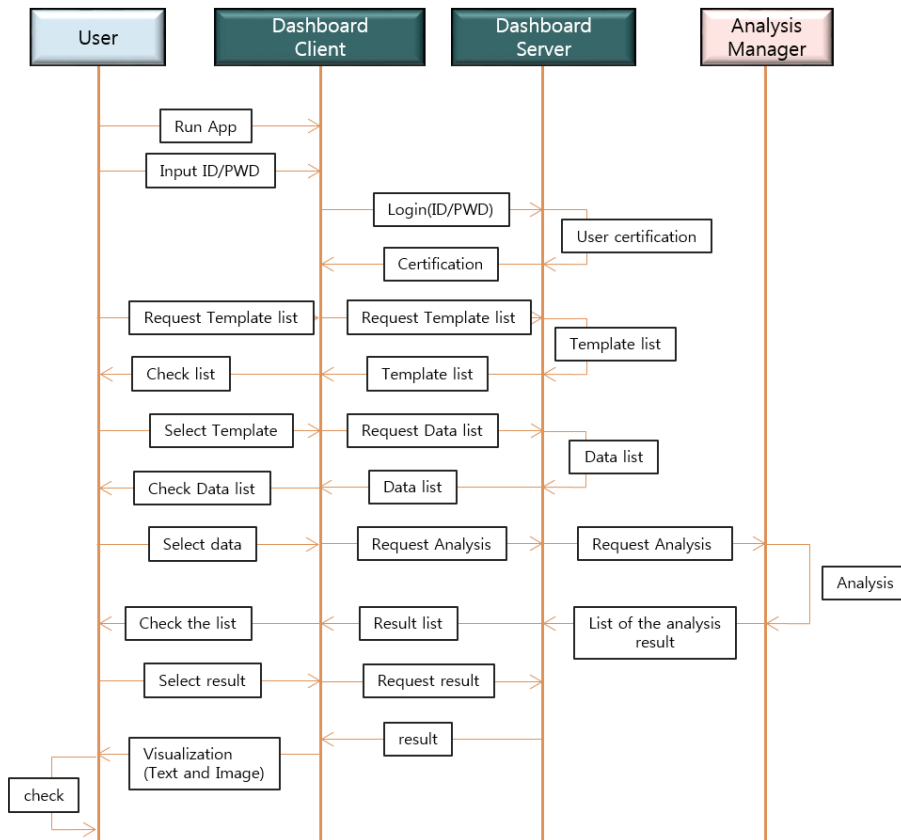


Fig. 2 The activity diagram of real time analysis in the Mobile Dashboard System

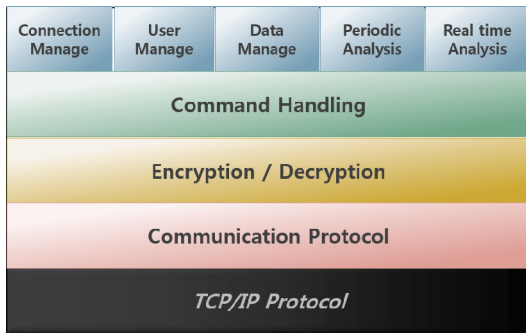


Fig. 3 The hierarchy diagram of functions in the Mobile Dashboard Server

- 클라이언트관리자와의 연동
- 수신한 명령어의 처리
- 데이터 분석
- 분석결과 저장 및 관리
- 분석결과 전송

분석관리자에서 데이터를 통계적으로 분석하기 위해서 공개 통계 패키지인 R¹²을 사용한다. 따라서 모든 템플릿은 R 엔진에서 분석이 가능하도록 R 스크립트 형식으로 되어 있으며, 추가적인 분석이 필요할 경우에는 R 스크립트를 이용하여 템플릿을 추가하면 된다.

3.3 Mobile Dashboard Client

Mobile Dashboard Server는 실제 분석을 수행하면서도 사용자에게는 직접 보이지 않는 반면, Mobile Dashboard Client는 사용자와 직접 상호작용을 함으로써 사용자의 요구를 서버로 전달하는 역할을 수행한다.

- 분석관리자와의 연동
 - 클라이언트로부터 명령어 수신
 - 명령어 처리 결과를 클라이언트로 송신
- 서버에서 분석관리자는 다음의 기능들을 수행한다.

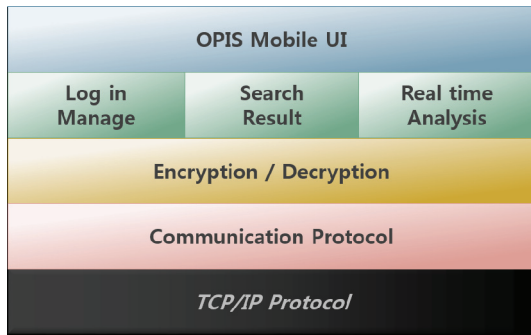


Fig. 4 The hierarchy diagram of functions in the Mobile Dashboard Client

클라이언트는 IOS와 Android의 앱 형태로 구현되었으며, Fig. 4는 클라이언트의 기능 계층도를 보여주고 있다.

클라이언트의 기능은 크게 통신프로토콜, 암호화/복호화 기능, 로그인 관리기능, 결과 검색기능, 실시간 분석기능으로 이루어져 있다.

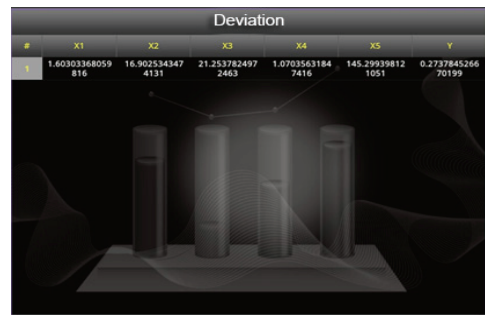
통신프로토콜은 서버와 클라이언트 간에 데이터를 연동하기 위하여 미리 정해진 내부 규약으로 현재는 로그인 패킷부터 오류 패킷에 이르기까지 약 20 여개의 통신프로토콜이 정의되어 사용되고 있다.

암호화/복호화 기능은 데이터를 암호화하여 네트워크 해킹에 대비하기 위하여 개발되었다. 생산 데이터는 기업의 주요 데이터일 뿐만 아니라, 모바일 환경을 지원하기 때문에 주로 무선 네트워크를 사용하게 되어 네트워크 해킹에 노출되기 쉽다.

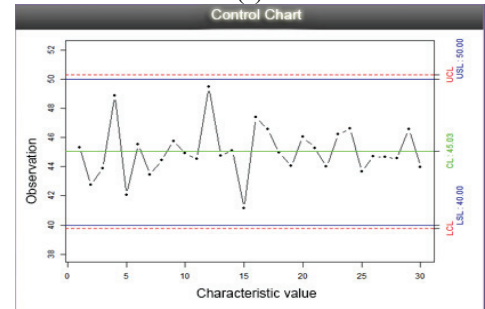
본 연구에서 사용된 암호화/복호화 알고리즘은 SEED를 기반으로 하였으며, SEED는 1999년 한국정보보호진흥원의 기술진이 개발한 128비트 및 256비트 대칭 키 블록 암호 알고리즘으로 공공 및 금융권에서 많이 사용하는 암호화/복호화 표준 알고리즘이다.

로그인 관리는 제안된 시스템에 접근하는 사용자를 인증하기 위한 기능이며, 사용자는 본 시스템을 사용하기 위하여 먼저 서버에 아이디와 패스워드를 등록하여야 한다. 인증에 사용되는 해쉬 알고리즘은 HMAC-SHA256을 사용하고 있으며 기존에 널리 사용되던 MD5와는 달리 256비트 길이의 해쉬 값을 생성해 매우 안전하게 사용자의 패스워드를 보호할 수 있다.

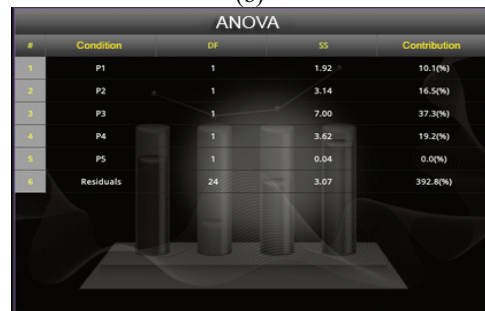
분석결과 검색은 선택된 템플릿에서 제공하는 여러 분석 결과 중 원하는 결과를 선택할 수 있다



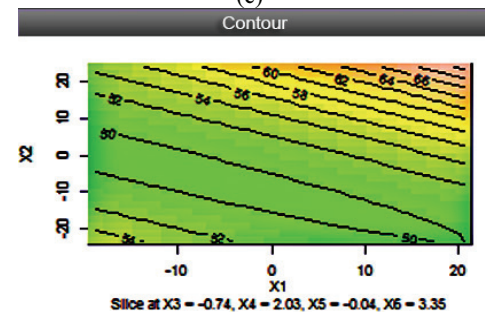
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 5 (a) Deviation of data in the Data Summary Template (b) Control chart of a product in the Quality Monitoring Template (c) ANOVA of process variables in the Process Monitoring Template (d) Contour of process variables in the Response Surface Method Template

록 지원한다. 분석결과 검색 기능이 주기적으로 템플릿에서 제공하는 결과를 가시화 하는 반면에 실시간 분석기능은 사용자가 원하는 시점에서 데이터를 분석할 수 있도록 템플릿에 분석 결과를 재 요청하는 기능을 수행한다.

4. 적용사례

제안된 시스템을 이용하여 자동차부품을 생산하는 제조기업에 적용하여 보았다. 대상기업은 5 종류의 공정을 통하여 다양한 자동차부품을 생산하고 있으며, 각 공정이 완료된 후, 검사공정이 있어서 생산 중인 제품의 특성치에 대한 정보 입력이 가능하였다.

대상기업에 제안된 시스템에서 제공하는 4가지 템플릿을 모두 Android 버전으로 적용하여 보았다.

Fig. 5(a)는 Data Summary 템플릿에서 5개의 공정에서 수집된 제품의 측정 값(X1, X2, X3, X4, X5)과 최종 완제품의 오차(Y)에 대한 표준편차를 보여주고 있다.

Fig. 5(b)는 Quality Monitoring 템플릿에서, 한 공정에서 생산되는 최근 제품 30개의 제품 특성치에 대한 관리도를 보여주고 있다.

Fig. 5(c)는 Process Monitoring 템플릿에서 특정 공정에서 공정변수들이 생산되는 제품에 미치는 영향을 분석한 결과를 보여주고 있다.

Fig. 5(d)는 공정변수가 제품에 미치는 영향을 반응표면분석법으로 보여주고 있다.

5. 결론

본 논문에서 생산시스템에 대한 자율화를 구축하기 이전에 필요한 요소인, 생산현장을 이해하고 현황을 파악할 수 있도록 지원할 수 있는 제조데이터 가시화 시스템을 제시하였다. 제안된 시스템이 현장에 적용됨으로써, 모바일 환경을 기반으로 시간과 공간에 구애 받지 않고 현장의 정보를 확인할 수 있게 되어 현장의 문제를 신속하게 파악하고 대처할 수 있는 인프라 구축이 가능해졌다.

또한, 현장에서 기본적으로 활용될 수 있는 템플릿을 제공할 뿐만 아니라 공개 통계패키지를 활용하여 필요한 템플릿을 추가할 수 있도록 확장성을 부가하여 향후 현장에서 필요한 정보를 언제든지 가시화할 수 있도록 하였다.

하지만 제안된 시스템은 다양한 데이터베이스

에서 필요한 데이터를 추출하기 위해서는 SQL (Structured Query Language) 등을 사용하여 데이터베이스의 테이블을 합치거나 추출하는 추가적인 과정을 수행하여야 하고, 데이터의 다양한 형태에 맞추어 정규화하기 위한 작업 또한 추가되어야 한다. 기업 입장에서는 이 작업들을 위하여 시간과 비용을 추가적으로 투입해야 하는 단점을 가지게 된다.

따라서 향후에는, 필요한 데이터를 추출하고 편집하기 위한 데이터 웨어하우스 기능에 대한 연구와, 다양한 데이터에 대한 정규화에 대한 연구를 수행할 계획이다.

REFERENCES

1. Linke, B., Huang, Y. -C., and Dornfeld, D., "Establishing Greener Products and Manufacturing Processes," *Int. J. Precis. Eng. Manuf.*, Vol. 13, No. 7, pp. 1029-1036, 2012.
2. Ho, C. -J., "Evaluating the Impact of Operating Environments on MRP System Nervousness," *Int. J. Prod. Res.*, Vol. 27, No. 7, pp. 1115-1135, 1989.
3. Kletti, J., "Manufacturing Execution System - MES," Springer, 1st Ed., pp. 13-29, 2012.
4. Hwang, Y. -D., "The Practices of Integrating Manufacturing Execution Systems and Six Sigma Methodology," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 31, No. 1-2, pp. 145-154, 2006.
5. MESA International, "MES Explained: A High Level Vision," 1997.
6. Jo, H., Cho, Y., Kim, C., and Choi, S., "Configuration MES and The Application Methodology," *Proc. of KSPE Autumn Conference*, pp. 507-508, 2012.
7. Lee, G. -B., "Suggestions for Implementation of the Digital Factory-Based Extended Manufacturing Execution System," *J. Korean Soc. Precis. Eng.*, Vol. 26, No. 1, pp. 17-23, 2009.
8. Smith, A., "From EMI to Operations Intelligence, Part 1: Business Leaders Seek Key Performance Drivers," *AMR Research*, 2008.
9. Unver, H. O., "An ISA-95-based Manufacturing Intelligence System in Support of Lean Initiatives," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 65, pp. 853-866, 2013.

10. Chien, C. -F., Chen, Y. -J., and Peng, J. -T.,
“Manufacturing Intelligence for Semiconductor Demand Forecast Based on Technology Diffusion and Product Life Cycle,” *International Journal of Production Economics*, Vol. 128, pp. 496-509, 2010.
11. Kuo, C. -J., Chien, C. -F., and Chen, J. -D.,
“Manufacturing Intelligence to Exploit the Value of Production and Tool Data to Reduce Cycle Time,” *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, Vol. 8, No. 1, pp. 103-111, 2011.
12. Venables, W. N., Smith, D. M., and R. C. Team, “An Introduction to R,” the R Core Team, 2003.