한국CAD/CAM학회 논문집
Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers

Vol. 19, No. 2, pp. 148-156. June 2014
DOI http://dx.doi.org/10.7315/CADCAM.2014.148

〈응용논문〉

pISSN 1226-0606
eISSN 2288-6036

제조라인 통합 설계 및 분석(II) – 디지털 가상생산 기술 적용을 통한 지속적인 라인 설계, 분석 및 최적화 프로세스

최상수[1] · 성낙윤[1] · 신연식[1] · 노상도[2†]

[1]삼성전기 생산기술연구소 공장최적화그룹, [2]성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과

The Integrated Design and Analysis of Manufacturing Lines (II) - Continuous Design, Analysis and Optimization through Digital Virtual Manufacturing

SangSu Choi[1], Nakyun Sung[1], Yeonsik Shin[1], and Sang Do Noh[2†]

[1]Factory Optimization Group, Manufacturing Engineering Institute, Samsung Electro-Mechanics
[2]Department of Systems Management Engineering, Sungkyunkwan University

Received 7 November 2013; received in revised form 18 February 2014; accepted 27 February 2014

ABSTRACT

Generally, over 95% of manufacturing cost is determined in the design and manufacturing preparation step, especially a great part of productivity is determined in the manufacturing preparation step. In order to improve the manufacturing competitiveness, we have to verify the problems that can be occurred in the production step and remove the unnecessary factors in the manufacturing preparation step. Thus, manufacturing industries are adopting digital manufacturing system based on modeling & simulation. In this paper, we introduce e-FEED system (electronic based Front End Engineering and Design) that is the integrated design and analysis system for optimized manufacturing line development based on simulation automation and explain the work process (Design, Analysis and Optimization) about manufacturing line development using e-FEED system. Also, the effect is described through the real implementation cases.

Key Words: Modeling & simulation, Optimum production line, Logistic analysis, Process design & analysis, Virtual factory review

1. 서 론

제조 준비단계에서의 생산성 제고가 전체 생산성 향상에 미치는 영향은 아주 크다. 일반적으로 제조업 원가의 많은 부분이 설계 및 제조 준비단계에서 결정되며, 특히 제조 생산성은 제조 준비단계에서 크게 결정된다. 제조 경쟁력 강화를 위해서는, 생산 단계 이전에 양산 시 발생할 수 있는 문제를 검증하여, 불필요한 요소를 제거할 수 있는 방법이 필요하다.

또한, 잦은 생산 계획 변경에 대처할 수 있는 지

†Corresponding Author, sdnoh@skku.edu
©2014 Society of CAD/CAM Engineers

능형 생산시스템의 기능이 중요하다. 현재는 고객 요구의 다양화와 개성화에 따른 변화가 빠르게 진행되고 있으며, 제품 수명(lifecycle)의 단축으로 인해 소품종 대량생산에서 다품종 소량생산으로, 변종 변량의 생산 시스템으로 변화되고 있다. 기존에는 생산 기술자의 직관과 경험으로 공장 효율의 향상이 가능하였으나, 현재는 설비, 제어, 운영이 복합적이고 유기적으로 결합된 제조와 물류 시스템의 경우 주요 구성요소 간 상호 작용을 분석하고, 최적의 운영 방안과 조건을 사전에 파악할 수 있는 시뮬레이션 적용이 필요하다.

기존 디지털 가상 생산 기술에 대한 논문들은 주로 제조기업 특히 자동차, 조선 분야의 특정 공정에 이산사건 시뮬레이션 기술을 적용한 사례가 많았으며, 제조기업에 보다 편리하게 시뮬레이션을 적용하기 위한 시스템 자동화에 관련한 연구들도 진행되었다[1-7]. 그러나 실제 기업의 적용 사례들 대부분이 특정 공정 중심으로 적용된 케이스 스터디 정도이며, 제조라인 설계 전체 업무 프로세스를 개선하기 위한 접근방법에 관한 연구는 없었다.

e-FEED 시스템은 최적제조라인 통합설계분석 시스템으로서, 누구나 쉽게 활용할 수 있고, 데이터 재사용 및 반복 작업을 최소화할 수 있는 시스템으로 이기종 엔지니어링 솔루션을 통합하여 종합적으로 의사결정을 가능하게 하는 디지털 가상생산시스템이다.

본 논문에서는 국내의 전자부품 회사를 대상으로 디지털 가상생산기술을 지속적으로 적용할 수 있는 e-FEED 시스템 기반의 제조라인 설계 프로세스 개발과 현업 적용을 통한 사례 및 그 효과에 대해 소개한다.

2. 제조라인설계 워크프로세스

제조라인설계란 제품의 기능설계, 제조설계, 판매설계를 고려하여 제조공정의 결정, 기계 및 설비의 결정, 생산량의 결정, 부재설비의 선정, 부대시설을 결정하는 복잡하고 어려운 업무이다.

제조라인 설계 시 레이아웃 설계는 매우 중요한 부분으로서, 건물, 시설물, 기계, 작업자들에 대한 합리적인 레이아웃 설계는 기업의 생산활동을 효과적으로 유도해 나가는 데 절대적으로 필요하다. 레이아웃 설계는 제조공정, 자재의 흐름, 시설설비의 경제적 배치를 결정할 뿐만 아니라 건물 설계의 기초적 역할을 하게 되는 것이다. 또한, 레이아웃 설계에 문제가 있을 때는 불필요한 운반이나 이동이 존재하고, 창고와 작업 현장이 복잡하며, 운반거리가 멀고, 운반 비용이 높아진다. 또한 작업 장소와 통로가 혼잡하고, 생산지연 시간이 길며, 작업 능률이 저조하고, 생산공정의 균형이 이루어지지 못한다[8].

모든 제조기업은 불필요한 낭비를 없애고, 끊김 없이 흐르는 생산라인 구축을 통해 제조경쟁력을 높이기 위한 최적제조라인 개발에 노력하고 있다.

일반적인 제조라인설계 프로세스는 ① 제조라인 기획, ② 제조라인 기본설계, ③ 제조라인 상세설계, ④ 셋업 및 최적화로 구분된다.

2.1 기획

제조 라인 기획 업무에서는 고객의 Needs를 검토하고, 환경(Infrastructure), 생산/판매 계획, 전반적인 일정, 예산, 인력에 대한 계획을 수립한다.

2.2 기본설계

기본설계에서는 투입물량을 설정하고, 그에 따른 CAPA와 설비, 인력 등을 산정하며, 공정별 생산량, LOT Size 등을 결정하게 된다. 기본적인 레이아웃 설계를 통해 공정들을 배치하고, 부대시설(탈의실, 화장실, 휴게실 등)을 설계한다.

2.3 상세설계

상세설계에서는 공법, 공정을 분석 / 결정하고, 설비 스펙을 결정하여 설비를 설계하고, 계측 및 분석 장비들도 설계한다.

기본설계에서 도출된 CAPA를 기준으로 공정간, 층간, 공장간 제조 물류를 설계하게 되며, 반송, 운반, 용기, 보관 작업에 대한 설계도 진행하게 된다. 이를 기반으로 생산 CAPA, 제조물류 및 부대시설을 고려한 최종 레이아웃을 결정하게 된다.

2.4 셋업 및 최적화

이 단계에서는 설비들이 실제 제작되어 현장에 배치되며, 확정된 레이아웃, 제조물류 및 제조모듈(반송, 운반, 용기, 보관, 작업)에 대한 검증을 수행한다. 검증을 완료하면, 라인설치 및 시운전을 통해 공정의 최적조건을 설정하여 표준화한다.

3. 기존 라인설계 방법

신공장 건설, 공장 증설 시 일반적으로 인프라 구조에 대한 조사가 선행된다. 공장 건물의 위치 및 면적을 확인하고, 전력, 통신/네트워크, 소장, 도로, 폐수처리 등 공장지원에 대한 조사를 통해 건설 일정 계획을 수립하게 된다. 수요예측, 손익분석, 제조라인구축 일정, 생산인력 투입계획, 투자예산 기획을 수립한 후 라인설계 업무들이 진행된다. 라인설계 업무는 앞서 언급한 바와 같이 라인기획, 기본설계, 상세설계, 셋업 및 최적화 과정으로 이루어지며, 레이아웃 설계, CAPA 분석, 물류 P2P(Process to Process) 분석 업무들을 필요로 한다. 기존 라인설계에서 가장 문제로 지적된 사항은 협업이다. 신공장 설계는 통상 여러 팀의 전문가들을 선정하여 전담 TFT(Task Force Team)를 구축하여 진행한다. PL(Project Leader) 이하 레이아웃 설계 담당자들, 공정/공법분석 담당자들, CAPA 분석 담당자들, 물류(P2P) 분석 담당자, 모듈 설계자들 등 다양한 업무 담당자들과 이해관계자들이 실무에 참여하게 되며, 이로 인하여 서로 간의 커뮤니케이션 문제들이 수시로 발생하게 된다. 본인의 업무를 제외한 타 업무의 이해도가 높지 않아 공장 설계 및 검증에 많은 시간이 소요된다. 또한, 신공장 설계와 관련한 지식 및 노하우가 체계적으로 관리되지 못하는 단점이 있다. 기존 공장 설계 업무를 수행한 방법은 다음과 같다.

3.1 레이아웃 설계

기존 레이아웃 설계는 AutoCAD를 이용하여 2D 기반 레이아웃 설계를 하였다. 담당자들은 AutoCAD 전문가이므로 작업에는 큰 문제가 없었으나, 2D로 작성된 도면을 기반으로 관계자들과 협업 할 때는 어려움이 많았다. 또한 레이아웃 설계에서 사전에 중요하게 체크해야 하는 부분은 공간에 대한 분석이다. 설비들이 제한된 공간에 적절하게 배치가 되는지 여부, 통로, 기둥, 천장 등 주변 환경과의 간섭은 없는지, 보존통로는 확보되었는지 등을 사전에 확인해야 하며, 이는 제한된 공간에 최적의 설비들을 배치하여 생산성을 높이는 것이 중요하기 때문이다. 2D 기반의 레이아웃 설계 시, 2D 도면을 가지고 이러한 사전 검토를 수행하는 것이 어렵다는 문제가 있으며, 실제로 크던 작던 공장 건설 후 실제 설비를 배치하는 과정에서 문제가 발생하는 상황이 수시로 발생하고 있었다.

3.2 공정 설계

공정설계는 대부분 경험이 많은 시니어 엔지니어들이 주도적으로 수행하고 있으며, 경험과 노하우가 정형화된 프로세스에 의해 전수되지 않는 것이 큰 문제이다. 현재는 많은 제조기업에서는 공정설계 및 작업자 분석을 가상의 환경에서 사전 검증하여 양산시 발생할 수 있는 문제점을 최소하고 작업자의 업무 만족도를 높일 수 있는 노력을 하고 있다. 경험과 전통적 기법에 의존하고 있는 현 상황에 대한 기술 혁신이 필요하다.

3.3 CAPA 분석

기존에는 사업부마다, 담당자마다 상이한 방법으로 CAPA 분석을 수행하였다. Excel을 기반으로 수리적 모형을 통해 비교적 단순하고 동적인 사항을 고려하지 않는 분석을 주로 수행하였다. 제조현장은 시간의 변동에 따른 불확실성으로 인해 수리적 모형을 이용한 정적인 분석은 정확도가 떨어지는 단점이 있다. 하지만 빠르게 의사결정을 해야 하는 경우가 대부분이기에 매번 시뮬레이션을 통한 분석을 하는 것은 현실적으로 어려운 상황이다. 관련 전문가들이 많지 않다는 것도 시뮬레이션 적용의 어려운 점으로 작용하며, 전문적인 분야라 내부 인력 양성에도 어려움이 따른다. Fig. 1은 시뮬레이션을 수행하는 일반적인 프로세스를 보여준다. 시뮬레이션을 수행하기 위한 작업 중, “단계1 - 문제구성”과 “단계 2 - 시뮬레이션 모델 구축”에 많은 시간이 소요된다. 또한 개념모델을 생성하고 관련 데이터 수집 및 모델 구축 시 현업의 제조 엔지니어와 시뮬레이션 엔지니어간의 소통에 상당한 시간이 소요되는 문제가 있었다. 경험의 차이, 용어의 차이로 인한 소통 부재가 신속한 작업을 방해하는 요소가 된다. 동일한 프로젝트 팀이 세 곳의 공장 설계 프로젝트에 연속적으로 참여하여 시뮬레이션을 수행함으로써 의사소통의 원활해지고, 업무 수행 기간을 단축되는 효과는 있었다. 하지만 시뮬레이션 모델 생성, 데이터 수집 등 단순 작업의 반복, 생성된 모델의 낮은 재사용성, 의사결정의 과정과 지식이 공유되고 재활용되기 어려운 점은 여전히 해결해야 할 문제로 남았다.

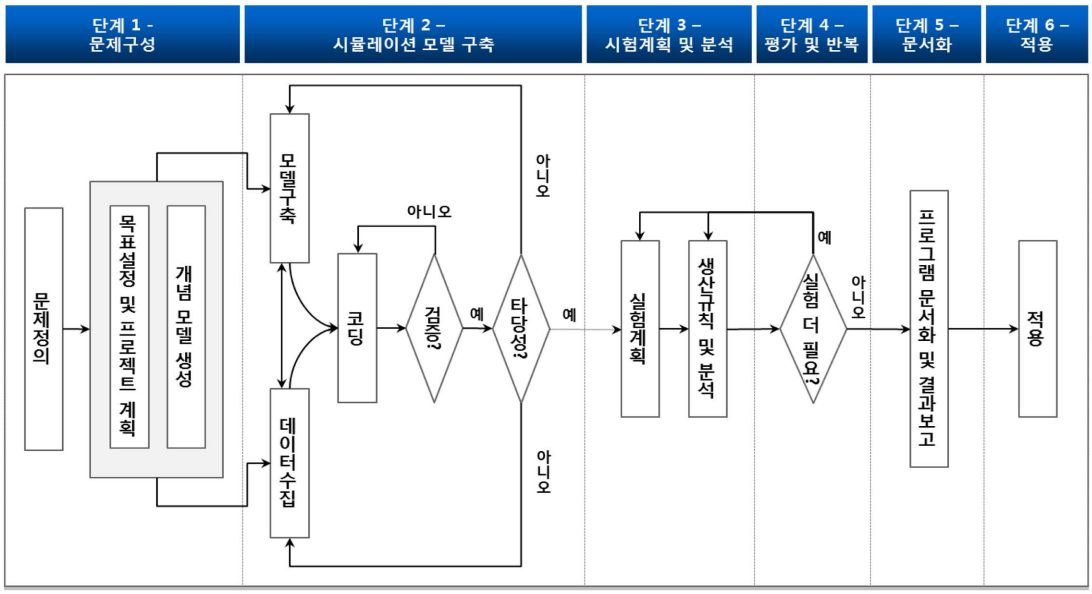

Fig. 1 General Simulation Process[9]

3.4 물류(P2P) 분석

물류(P2P) 분석은 CAPA 분석과 마찬가지로 비정형화된 업무 프로세스에 의해 수행되었다. 담당 엔지니어의 경험의 차이에 따라 분석 기간도 많은 차이를 보였으며, 정형화된 로직에 의한 평가가 아닌 경험에 의한 판단으로 과제를 수행하였다. 상용 물류분석 소프트웨어를 활용하기도 하였으나, 데이터 수집, 프로그래밍 등에 상대적으로 시간이 소요되는 단점이 있었다. 또한 회사에서는 P2P 즉, 공간내·공정간 물류에 대한 부분이 매우 중요하게 고려되는데, 용기, 반송, 운반, 보관, 작업에 대한 분석 또한 경험에 의해 진행되고 있어 관련 노하우나 기술이 체계적으로 관리되고 전수되지 못한다는 어려움이 있었다.

4. e-FEED 시스템 기반 라인설계 프로세스

앞서 기술한 바와 같이 기존 라인 설계 방법은 사람 중심의 프로세스였다. 신공장 설계나 증설라인 설계 시 관련 전문가들로 TFT를 구성하고, 표준 프로세스에 의해서 업무를 진행하였다. 하지만, 표준 프로세스 가이드를 따르기 위한 노력에도 불구하고, 각 단계마다 업무 시 활용되는 시스템들이 각각 다르고, 데이터 교환에도 많은 시간과 노력이 필요한 것이 현실이다. 레이아웃 설계, CAPA 분석, 물류 분석에 활용된 데이터들이 서로 연동되어 업무를 진행해야 하는데, 데이터의 호환성, 버전의 불일치로 인한 오류들이 수시로 발생하였다. 이러한 불일치들이 업무를 수행함에 있어 편법을 만들고, 비정형화된 프로세스를 발생시킨다. 또한, 라인설계 업무들이 개별적으로 시간의 순서대로 진행되는 관계로 의사결정에 많은 시간이 소요되었으며, 이로 인해 통합적으로 동시에 라인설계를 진행하여 빠른 의사결정을 내릴 필요성이 대두되었다.

e-FEED 시스템은 본 논문의 연구 대상인 국내의 한 전자부품 회사의 디지털 가상생산 자동화 시스템으로써, 통합적으로 동시에 공장을 설계/품평하고 및 CAPA, 물류 P2P를 자동으로 분석해 주는 시스템이다. 현재 대상 회사 생산기술연구소 라인설계 파트에서는 신공장/증설라인 설계, 기존제조라인 재설계 업무를 e-FEED 시스템을 기반으로 수행하고 있다.

e-FEED 시스템을 통해 기존에 사람 중심적인 프로세스를 시스템 중심적으로 변화시켰으며, 라인기획부터 라인 셋업 및 최적화 업무까지 업무 프로세스 별 데이터, 히스토리 등을 관리할 수 있게 되었다.

e-FEED 시스템은 레이아웃 설계, CAPA 분석,

물류 P2P분석 기능을 제공하며, 제조라인설계와 관련한 DB / 라이브러리를 기반으로 통합관리 된다.

4.1 제조라인설계 프로세스 별 업무

4.1.1 기본설계 단계

기본설계 단계에서는 확정적 의사결정이 이루어지지 않고 여러 대안들의 검토가 많은 단계이므로, 레이아웃 설계나 시뮬레이션 분석을 수행하는데 어려움이 많다. 이 단계에서는 정확성 측면보다는 빠르게 작업을 하고, 재 작업이 편리해야 하는 신속성과 편의성 측면이 중요하다. 그렇게 되어야 수시로 변하는 요구사항들을 반영하여 빠른 의사결정을 진행할 수 있다.

매우 중요한 프로젝트의 경우 정확한 의사결정을 위하여 시간과 비용을 투자하여 시뮬레이션 기술을 적용하기도 하지만 대부분 경험과 수리적 모형으로 대략적인 검증을 진행하는 것이 현실이다.

기존에 생산되는 제품의 신 공장 건설 시에는 기존 공장의 데이터를 기반으로 기본 설계를 진행한다. e-FEED 시스템에서는 기존 공장의 DB와 라이브러리들을 제공하므로 이를 활용할 수도 있고, 활용 가능한 DB나 라이브러리가 없는 경우 기본 형태(사각형 박스)와 기존 생산정보들을 통해 빠른 의사결정이 가능하다.

빠른 업무 수행을 위해서는 레이아웃 설계도 쉽고, 프로젝트 참여자들 모두 쉽게 이해할 수 있어야 한다. Fig. 2는 e-FEED 시스템의 레이아웃 설계의 방법에 대한 모습을 보여준다. 설계자는 PPT의 도형 그리기처럼 박스형태로 설비와 유틸리티, 통로, 기둥을 배치할 수 있다. 설비 박스들을 그룹화하여 공정을 만들고 공정들을 그룹화하여 라인을 구축한다. 기존적으로 각 객체들 간의 간섭을 체크해 주는 기능이 있으므로, 1차적인 검증

Fig. 2 Easy Drawing using the e-FEED System

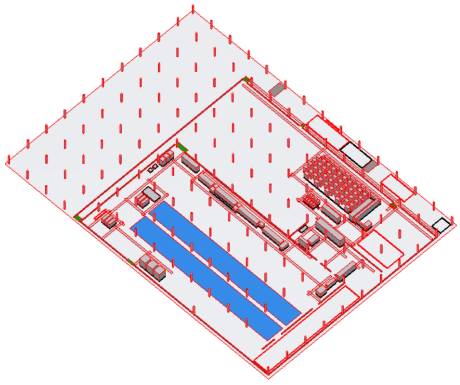

Fig. 3 Simple Shape based Automatically Created 3D Factory

은 수행할 수 있다.

Fig. 3은 박스 형태로 3D 공장이 구성되어 있는 모습을 보여준다. 설비에 대한 데이터가 없기에 기본적으로 배치된 사각형을 기반으로 자동으로 공장을 배치·생성하며 대략적인 레이아웃 품평과 공간분석을 수행할 수 있다.

정형화된 Excel 양식 입력을 통해 설계된 레이아웃에서의 CAPA 분석, 물류 P2P 분석도 자동으로 수행된다. CAPA Input 데이터로는 코드, 기종, 설비 등 공정 정보, L/T(lead time), 투입, 완성 등 시간 정보, 코드, C/T(cycle time), 위치 등 설비 정보, 기종, 투입계획, LOT 정보 등 생산정보, 고장, 기종변경 등의 유실정보, 시간, 우선작업등의 작업정보가 입력된다. 물류 P2P Input 데이터로는 운반량, 시간, 속도 등이 입력된다.

e-FEED 시스템을 활용하면 레이아웃의 변경, Input 데이터 변경을 통한 시뮬레이션들을 편리하고 자동으로 여러 번 수행할 수 있으며 그 결과들을 비교하여 최적의 의사결정을 할 수 있도록 돕는다.

기본설계 단계에서 가장 중요한 부분은 신공장 설계 시 반영하여야 할 생산설비의 특성, 법규 및 제약사항 등을 시스템에 반영하는 것이다. 이를 통하여 레이아웃 설계, 시뮬레이션 시 당연히 고려되어야 할 사항들을 놓치지 않게 시스템에서 검증하여 주며, 이후 유사한 공장, 라인, 공정 설계 시 활용할 수 있다.

4.1.2 상세설계 단계

상세설계 단계에서는 공정 공법이 결정되고, 설비의 사양도 결정된다. 설비 외주 제작 시 시방서에 기술된 대로 3D 외관 설계된 설비들을 입수하

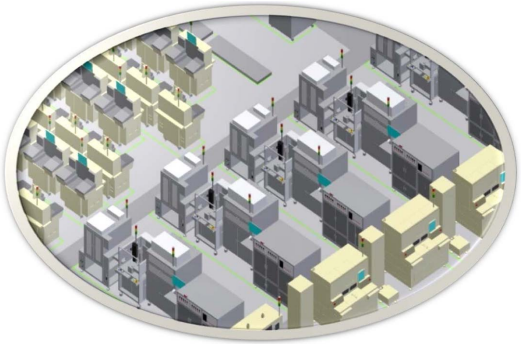

Fig. 4 Created Detail 3D Factory

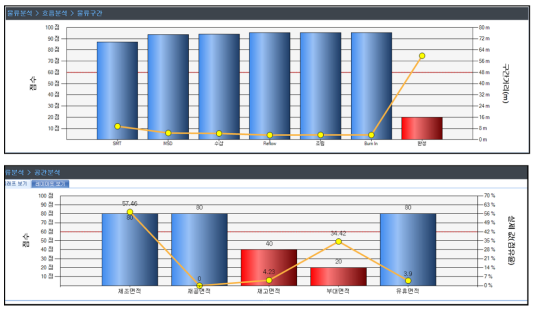

Fig. 5 Analysis of Material Flow

여, 박스 형태로 표현된 설비들을 대체하게 된다. DB/라이브러리에 일괄 등록하면 Fig. 4와 같이 실제 설비들이 배치된 모습을 확인할 수 있다. 이를 통해 정확하게 위치와 공간을 품평할 수 있고, 사전 오류를 시각적으로 찾아낼 수 있다.

확정된 공정을 기반으로 레이아웃 배치를 진행하고, 라인을 설계하며 목표 CAPA, 제조 L/T, 적정설비대수 도출을 통해 생산성을 분석한다. 반송, 운반, 용기, 보관 작업에 대한 설계도 진행되며, Fig. 5와 같이 제조 물류에 대한 분석을 통해 설계 검증을 수행한다. 최종적으로는 공법, 공정 모두 결정된 상황에서 제조의 전체적인 발란스를 맞추는데 집중한다. 상세설계 단계에서는 기본설계 단계보다 정확성 측면에 가중치를 주어 업무를 수행한다. 앞에서 언급한 바와 같이 e-FEED 시스템은 재설계 및 분석이 편리한 장점이 있다. 정확성을 높이기 위해서 시뮬레이션 전문가들은 계속적인 Logic 업데이트와 보다 정확한 현실 모사를 위한 노력을 기울인다.

4.1.3 셋업 및 최적화 단계

이 단계에서는 제작된 설비를 실 공장에 배치하고, 확정된 레이아웃, 제조물류 및 제조모듈(반송, 운반, 용기, 보관, 작업)에 대한 검증을 수행한다. 현실과 시뮬레이션의 비교를 통해 e-FEED의 정확도를 높이는 작업과 지식을 DB/라이브러리화하여 시스템에 반영하는 작업을 병행하여 진행한다.

제조라인설계 프로세스 중 끊임없는 지식화를 통해 시스템을 일차적으로 고도화하며, 실제와 시뮬레이션과의 비교를 통해 이차적으로 시스템의 성숙도를 향상시키는 것이다.

4.2 변화된 업무 수행 방법

현재까지는 공장 설계, 라인재설계 시 각 사업부와 생산기술연구소가 함께 참여하거나 사업부가 단독으로 진행하는 형태가 많다. 사업부에서 TFT를 구성하면, 생산기술연구소 라인설계 인력들은 사업부에서 파견되어 업무를 수행하게 된다. 잦은 출장을 통한 피로증후군 발생, 팀워크 저하 등이 발생하고, 동료들 간 노하우 공유와 소통에 큰 문제가 존재한다.

본 논문에서는 e-FEED 시스템을 통해 제조라인 설계업무를 수행하는 프로세스를 구축하였다. 일차적으로 생산기술연구소 공장최적화 그룹을 중심으로 이 업무프로세스가 적용되고 있으며, 추후 사업부에도 의무적으로 활용되도록 공감대를 형성하고 있다. 시스템을 통한 라인설계 업무 프로세스를 구축함으로써, 라인설계 컨트롤 타워를 통해 종합적인 의사결정과 데이터 공유가 가능해졌다. 또한 사업부와 편리하게 협업할 수 있는 프로세스를 구축하였으며, 라인설계 전문가들이 잦은 출장 대신 많은 과제에 참여할 수 있는 환경을 구성하였다. 또한, 라인설계 학습회 등을 통하여 직원들의 라인설계 능력을 상향 평준화할 수 있는 계기를 마련하였다.

5. 적용사례 및 효과분석

대상 회사는 2013년 10월 현재까지 신공장 설계 1건, 증설라인 설계 2건에 대해 본 논문에서 제시된 라인 설계, 분석 및 최적화 프로세스와 시스템을 부분 적용(레이아웃설계 및 물류 P2P 분석) 완료하였으며, 현재 진행 중인 V 프로젝트에는 신공장 건설 기획 단계에서부터 적용을 진행하고 있다. 통상 증설라인 같은 경우 하나의 제품에 대한 제조라인이 구축되는 경우가 많고, 한 사업부와 협

업을 진행하는 것이라 비교적 어렵지 않게 업무 프로세스를 적용할 수 있다. 하지만 대규모의 신공장 건설 시에는 다양한 제품 군들의 제조라인을 제한된 공간에 동시에 설계해야 하고, 면적 확보 및 배치가 매우 중요하다. 따라서, 협업이 매우 중요한데, 초반에는 각 사업부별로 각자의 제품과 관련한 부분만 고려하는 한정적인 시각이 대부분이기에 통합 설계를 통해 서로 최적의 레이아웃을 찾아야 한다. 제품의 특성에 따라 부대시설, 유틸리티 등이 결정되므로, 협업을 통한 의사결정을 진행하는데 상당한 노력이 필요하다.

현재 V 프로젝트는 라인기획과 라인기본설계 단계가 병렬적으로 진행되고 있다. 라인기획이 최종 확정되지 않았기 때문에 (향후 5년간 증설도 고려해야 함), 기본 설계 시 다양한 이슈들이 반영되어 공장에 대한 전반적인 설계들을 수시로 변경해 가면서 그 타당성을 검증하여야 한다. 또한, 라인기획의 의사결정에 도움이 될 수 있도록 신속하게 피드백 되어야 한다.

현재 V 프로젝트에 참여하는 사업부 담당자들과 주 2~3회 e-FEED Lab에서 온라인/오프라인으로 미팅을 진행하고 있으며, e-FEED 시스템을 통하여 레이아웃 설계 안들을 동시에 만들고, 그 자료를 공유하여 각 업무별 점검 사항, 누락 사항 및 결정 사항 등을 수시로 반영하고 있다.

본 논문에서 제안하는 지속적인 라인 설계, 분석, 최적화 프로세스와 자동 분석 시스템 적용 시의 장점은 다음과 같다.

첫째, 업무의 효율성이 증가한다. 기존에는 각자의 업무들을 수행한 후 통합하는데 어려움이 있었다. 실수에 의해 몇몇 중요 사항들이 누락되기도 하고, 서로 다른 버전의 자료들을 기반으로 작업하여 최신버전과 변경된 전제조건에 대한 공유가 어려웠다. 협업하는 방법은 오직 AutoCAD로 설계한 레이아웃 이미지와 이메일 뿐이였다. 따라서, 커뮤니케이션과 이해에 많은 시간이 소요 되었다. e-FEED 시스템은 변경된 전제조건 및 상황에 대해 버전관리를 지원하며, 가시적인 화면을 통해 커뮤니케이션 하므로 업무의 효율성을 상당히 높인다.

둘째, 서로의 업무에 대한 이해도가 향상되며, 신입직원도 라인설계 업무를 직접 수행하며, 프로젝트에 적극 참여하여 학습 효과를 높일 수 있다. 현재도 TFT 구성을 하면 가장 경험이 많은 시니어 엔지니어가 그 프로젝트를 이끌어간다. PL은 신공장 건설과 관련한 전체 업무를 보는 시야를 가져야 한다. 기존에 문제는 그 PL을 제외한 대부분의 사람들은 전체 업무를 보는 시야가 부족하고, PL의 지시사항을 명확하게 이해하는데 어려움이 있다는 것 이었다. 경험과 능력의 차이로 인해 발생하는 문제가 많아 프로젝트 참여자들이 쉽게 배우고, 참여할 수 있는 환경이 구축되어야 한다. 신입사원은 처음 프로젝트에 투입되면 회의록을 쓰며 프로젝트의 전반적인 사항을 배우게 되지만, 설비, 공정, 용어 등 낯선 상황을 쉽게 이해하기는 매우 어렵다. 최근 공대 출신 신입 직원들의 장점은 IT 기술에 능하다는 것이다. 디지털 문서화 작업은 기본으로 수행하고, CAD 등 특정 엔지니어링 S/W의 사용에도 큰 거부감이 없으며, 게임을 즐기는 세대라 가시화적인 IT 기술을 활용하여 업무를 수행하는 것을 즐긴다. 이에 비해, 시니어 엔지니어들은 경험에 비해 IT 기술은 약한 경향이 있다. 디지털 가상생산 기술은 이러한 세대 차이를 극복하고 서로 협업할 수 있는 좋은 도구이자 신입 직원들이 시니어 엔지니어의 경험과 노하우를 단기간 습득할 수 있도록 돕는다.

현재 V 프로젝트의 레이아웃을 직접 설계하는 엔지니어는 2년차 사원으로, 미팅 시 시니어 엔지

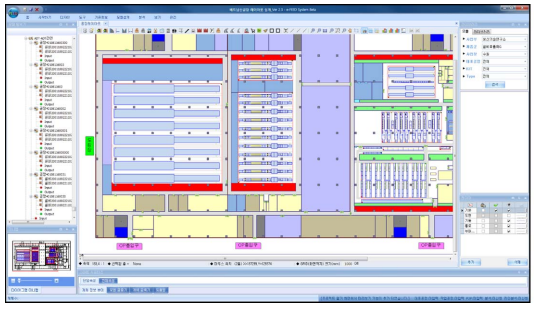

Fig. 6 Layout Design by the e-FEED System

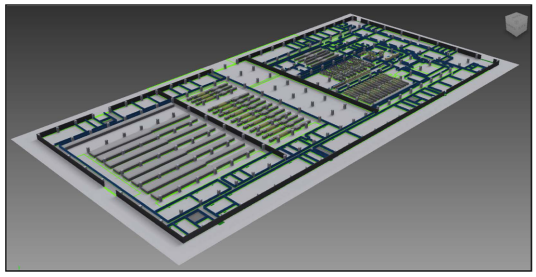

Fig. 7 Created 3D Factory by the e-FEED System

니어들과의 요청사항과 전제 조건을 정리하여 Fig. 6, Fig. 7과 같이 빠르게 레이아웃 설계 / 재설계를 수행한다. 이 과정에서 필요한 사항들은 룰을 기반하여 DB / 라이브러리화하므로 한번의 작업만 하며 그 지식이 쌓여 시스템의 성숙도는 향상된다. 이러한 장점을 토대로 프로젝트 공수를 크게 줄일 수 있었다.

6. 결 론

본 논문에서는 국내의 한 전자부품 회사를 대상으로 디지털 가상생산 기술 적용을 위한 시스템과, 신공장 설계, 제조라인 증설 및 기존 라인재설계 업무 프로세스를 정립하고 적용하였다. 기존 사람 중심의 프로세스에서 시스템 중심 프로세스로 혁신하였으며, 레이아웃 설계 기능, CAPA 분석 기능, 물류 P2P 분석 기능 및 DB / 라이브러리를 기반으로 통합적으로 동시에 공장을 설계할 수 있는 환경을 구축하였다.

현재 공정 설계 부분에 대한 표준 프로세스 구축 및 시스템화는 개발하지 못 하였다. 향후 공정 설계, 작업자 분석도 디지털 환경에서 가상으로 수행할 수 있도록 표준 프로세스를 통해 시스템화 할 것이며, 현재 Excel 양식으로 입력되는 제조 정보들도 MES, ERP, PLM, SCM 등과 연동하여 실시간 분석이 가능하도록 할 것이다.

향후 제품 생산의 전체 업무와 관련하여 발생할 수 있는 문제들을 가상의 환경에서 실제의 현장과 연동하여 예측하고, 해결(개선)하여, 관리(통제)하는 시스템인Intelligent Factory로 발전시켜 나갈 것이며, e-FEED 시스템의 내부 스키마인 SISA (Samsung electro-mechanics Interoperability schema for Simulation Automation)를 대상 회사와 관계사의 제조라인 설계 표준이 될 수 있도록 개발해 나갈 것이다. 또한, 무엇보다도 e-FEED 시스템이 라인설계 파트의 담당자와 제조라인설계 담당자뿐만 아니라 모든 사업부의 관련 엔지니어들이 활용할 수 있는 쉽고 편리한 시스템으로 발전시켜 나갈 것이다.

감사의 글

본 연구는 삼성전기의 지원으로 수행되었습니다. 연구개발에 참여한 삼성전기, 성균관대학교, 인브레인 관계자 여러분들께 감사의 말씀을 드립니다.

References

1. Jeong, Y.S., Yim, H.J., Jee, H.S. and Lee, K.K., 2008, Manufacturing Line Optimization for Discrete Event Simulation and Genetic Algorithm, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 13(1), pp.67-75.
2. Han, S.D., Ryu, C.H., Shin, J.G. and Lee, J.K., 2008, Implementation and Applications of Simulation Based Digital Shipyard, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 13(1), pp.18-26.
3. Lee, C.H., Wang, G.N. and Park, S.C., 2009, Design of a Vehicle Assembly Line Using PLC Simulation, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 14(5), pp.323-329.
4. Sub, S.C. and Woo, K.Y., 2009, Simulation of Block Logistics at a Big Shipyard, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 14(6), pp.374-381.
5. Kim, K.S., Hwang, H.J. and Lee, J.H., 2012, Discrete Event Simulation for the Initial Capacity Estimation of Shipyard Based on the Master Production Schedule, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 17(2), pp.111-122.
6. Kim, G.Y., Lee, J.Y., Kang, H.S. and Noh, S.D., 2010, Digital Factory Wizard an Integrated System for Concurrent Digital Engineering, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 23(11), pp.1028-1045.
7. Lee, J.Y., Kang, H.S., Kim, G.Y. and Noh, S.D., 2012, Concurrent Material Flow Analysis by P3R-Driven Modeling and Simulation in PLM, *Computers in Industry*, 63(5), pp.513-527.
8. Kim, D.W. and Lee, K.B., 2008, The Guide for Professinal Engineer of Factory Management, *Korean Scholarship Information*, pp.65.
9. Manuel D. Rossetti, Simulation Modeling and Arena, 2009, John Wiley & Sons Inc.

최 상 수

울산대학교 조선해양공학과 학사, 석사
성균관대학교 대학원 산업공학과 박사
㈜이녑스 CAx팀 연구원
(재)그래픽스연구원, VR/CAD팀 팀장
지멘스 인더스트리 소프트웨어 PLM 팀 책임연구원
현재: ㈜삼성전기 생산기술연구소 책임연구원
관심분야: CAx/PLM, Digital Virtual Manufacturing, Additive Manufacturing, Sustainable Manufacturing

성 낙 윤

현재: 삼성전기㈜ 생산기술연구소 공장최적화G 그룹장
관심분야: CAD/CAPP/CAM, 디지털 가상생산

신 연 식

삼성전자㈜ 냉열기사업부 Rotary Comp 제조기술
삼성전기㈜ 생산기술연구소 수석연구원
관심분야: Digital Virtual Manufacturing, Adaptive Manufacturing, Grinding Machining Technology

노 상 도

한국과학기술원 기계공학과 학사
서울대학교 대학원 기계설계학과 석사, 박사
고등기술연구원 생산기술센터 선임연구원
GM Global R&D Center, Visiting Researcher
현재: 성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과 교수
관심분야: CAD/CAPP/CAM, 디지털 가상생산, PLM, 동시협업, 엔지니어링 상호운용성, 지속가능생산