

자동차 조립 공정계획을 위한 Web 기반 협업시스템

노상도^{1*} · 박영진² · 공상훈³ · 이교일³

¹성균관대학교 시스템경영공학부 / ²(주)GM Daewoo Auto & Technology 생산기술연구소 /

³서울대학교 기계항공공학부

Web-based Collaborative Process Planning System for the Automotive General Assembly Shop

Sang-Do Noh¹ · Young-Jin Park² · Sang Hoon Kong³ · Kyo Il Lee³

¹School of Systems Management Engineering, Sungkyunkwan Univ., Suwon, 440-746

²Production Research Center, GM Daewoo Auto & Technology, Incheon, 403-714

³School of Mechanical and Aerospace Engineering, Seoul National University, Seoul, 152-749

To ensure competitiveness in the modern automotive market, process planning should be performed concurrently with new car developments. In automotive general assembly shops, thus, new business workflows and supporting environments are inevitable to reduce the manufacturing preparation time in developing a new car in the manner of concurrent and collaborative engineering. Since complete process planning for a whole general assembly system is a huge and complex job, several process planners should execute their planning jobs and share information. Therefore, each planner should provide others with his/her results with continuous on-line communication and cooperation. In this research, a web-based system for concurrent and collaborative process planning for automotive general assembly is developed. By using this system, savings in time and cost of assembly process planning are possible, and the reliability of the planning result is improved.

Keywords: collaborative process planning, web, automotive general assembly

1. 서론

소비자 욕구의 다양화에 따른 극도의 제품 수명주기 단축과 시장개방에 따른 기업 간 경쟁 격화로 신속하고 경제적으로 제품을 생산하는 기술의 확보는 기업생존의 중요한 문제로 대두되고 있다. 특히 자동차 산업은 소비자의 기호 변화에 더하여 환경보호, 안전도 향상과 연비 향상에 대한 사회적 요구의 증가 등으로 모델의 수명주기 단축 추세가 가속화되어 이에

대응할 수 있는 국제 수준의 기술력 향상이 시급히 요구되고 있다. 신차 개발기간을 살펴보면 선진국에서는 대체로 16~18개월 이내이나, 국내의 자동차 회사들은 24~28개월 정도에 머물고 있는 실정이며, 소요되는 비용과 시간을 획기적으로 줄이기 위해서는 동시공학(concurrent engineering) 체계의 실현이 필수적인 것으로 인식되어, 활발한 연구와 투자를 진행하고 있다. 국내 자동차 회사들이 설계에서 양산에 이르는 시간과 비용을 단축하여 경쟁력을 강화하기 위해서는 선진국들처

본 논문은 2002년도 성균학술연구비(신차 개발기간단축을 위한 디지털 엔지니어링 방안 및 추진전략수립, 2002-0252-000)의 지원으로 수행되었음.

*연락처 : 노상도 교수, 440-746 경기도 수원시 장안구 천천동 300 성균관대학교 시스템경영공학부, Fax : 031-290-7610, e-mail : sdnoh@skku.ac.kr

2003년 3월 접수, 1회 수정 후 2003년 8월 게재 승인.

럼 각종 정보기술을 적극적으로 활용하는 것이 필요하다(자동차기술회, 1998; Ellison *et al.*, 1996). 설계분야에서는 3차원 디지털 목업(digital mock-up) 개념을 도입하여, 시작차(prototype car)의 제작과 시험 횟수를 줄이는 것이 가능하며, 제조설계와 생산준비분야에서는 가상생산(virtual manufacturing) 개념을 적용하여, 여러 가지 의사결정 수행과 그에 대한 사전 검토 및 검증, 최적화를 수행할 수 있다. 가상생산 개념의 적용을 위해서는 자동차의 주요 제조공정을 대상으로 한 관련 데이터베이스, 가상 플랜트의 구축과 그 운영에 관한 핵심 기술들의 개발이 요구된다(노상도 외, 2001; Iwata *et al.*, 1997).

자동차 생산공정을 살펴보면, 프레스공장(press shop)에서 만들어진 패널들은 차체공장(body shop)에서 용접, 조립되어 차체(white body)를 구성하게 되며, 도장공장(paint shop)에서 이에 대해 도금과 도색작업을 수행한 최종 차체(paint body)가 만들어진다. 자동차 최종조립(general assembly) 공정은 최종적으로 조립작업 수행을 통하여 자동차를 완성시키는 공정으로 주로 수작업자에 의해 작업이 수행되며, 신차 개발 시에는 수행되는 여러 업무들 중 가장 작업자, 경험 의존적인 시작차 검토 업무와 관련이 대단히 높은 부문이다. 최종 조립을 위한 공정 작성 및 배치에는 대단히 치밀한 작업이 요구되고, 대상 작업이 매우 방대하여 긴 시간과 많은 공수가 소요되고 있는 실정이다.

조립 공정계획에 대한 기존 연구들의 대부분은 주로 라인밸런싱(line balancing)에 대한 것으로, 대상 작업 셀과 작업자에 대하여 가능한 작업부하를 균등하게 배분하고자 하는 것이다. Largest-candidate 규칙, Kilbridge and Wester 방법, 그리고 Ranked Positional weights 방법 등과 같은 전통적인 방법과 여러 가지 경험적인 방법들이 개발되어 사용되었다(Groover, 2001). R. Klein과 A. Scholl은 단일 조립라인과 고정된 수의 작업장에 대한 라인밸런싱을 branch and bound 방법으로 풀었고(Klein *et al.*, 1996), J. Rubinovitz와 G. Levitin은 다중해를 얻기 위하여 genetic 알고리즘을 사용하였다(Rubinovitz *et al.*, 1995). J. Driscoll과 D. Thilakawardana는 라인밸런싱의 복잡도를 표현하기 위한 새로운 복잡식과 index를 고안하여 이들을 기존의 것들과 비교하였으며, 이들을 기반으로 조립 작업에 대해 라인밸런싱을 수행하는 소프트웨어를 개발, 제시하였다(Driscoll *et al.*, 2001).

자동차 최종 조립작업의 공정계획에서는 신규 차종 투입에 따른 조립공정 작성 및 작업배치 시 많은 작업(단위작업 리스트 작성 및 시간산정, 공정별 또는 직장별 작업배치, 라인 부하 조정 등)들의 다수 작업자들에 의한 동시적 수행이 필요하며, 이러한 다수 작업자들의 협업이 주로 수작업과 파일 교환, 다수의 전화통화 및 회의들로 이루어지는 현행 작업방식으로는 초기 작성 및 수정작업에 들어가는 시간과 노력이 매우 과다하고, 최적화 및 공정계획 결과의 체계적이고 신뢰성 있는 관리가 어려운 상황이다. H. Y. Kan 등은 다수 작업자들의 협업설계가 가능한 환경을 인터넷 상에서 가상현실을 이용하여 구축하였는데, VRML과 Java를 이용하여 협업설계의 가능성을 보였다. 이들이 구축한 협업설계 시스템은 여러 가지 주목할 만

한 기능들이 있는데, 특히 협업설계를 위한 다중 화면 지원과 다차원의 정보 교환이 그것이다(Kan *et al.*, 2001).

본 논문에서는 자동차 최종 조립을 위해 분산된 다수의 공정계획자가 동시적으로 협력하면서 조립 공정계획을 작성할 수 있는 조립 공정계획 협업시스템의 설계, 구축 사례와 적용 효과를 소개하고자 한다.

2. 자동차 최종 조립 공정계획

2.1 조립 공정계획 업무 프로세스

<그림 1>은 자동차 회사의 최종 조립 공정계획 작성 업무 프로세스를 정보흐름(information flow)을 중심으로 나타낸 것이다. EPL(engineering part list)은 설계업무에서 작성된 E-BOM(engineering bill of materials)에서 만들어진 목록으로 조립작업에 관련된 모든 부품이 포함된다. EPL은 proto-EPL, pilot-EPL과 최종 EPL로 분류할 수 있는데, proto-EPL은 시작단계에서 만들어지며, pilot-EPL은 시생산(pilot production) 단계에서, 최종 EPL은 모든 생산준비를 거쳐 양산(mass production) 시점에서 확정된다. EPL 정보로부터 공정계획자는 공정흐름도(product process flow chart)와 필요한 ML(material list)을 작성한다. ML은 부품과 조립방법을 담고 있으며, EPL과 마찬가지로 proto-ML, pilot-ML과 최종 ML이 순서대로 작성, 사용된다. 각 조립공정의 조립 작업들은 ML에 기초하여 작성되며, 적정한 작업장, 작업위치와 작업자가 할당되게 된다.

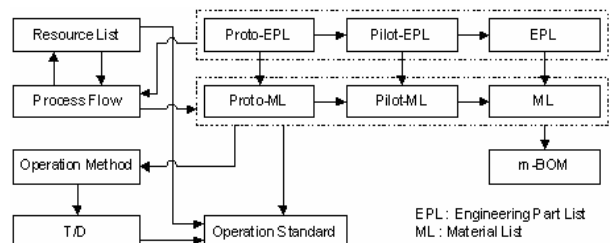


그림 1. 자동차 최종 조립을 위한 공정계획 업무의 정보흐름.

2.2 협업의 필요성과 해결책

자동차 회사에서 최종 조립 공정계획은 설계가 종료된 후부터 작성이 시작되는 것이 아니며, 설계, 생산준비, 시험생산의 과정에서 단계별로 작성되어 완성되어 나가며, 방대한 작업량으로 다수의 공정계획자들이 참여하여 공동으로 작업을 진행하므로 동시적 협업(concurrent and collaborative engineering)의 필요성은 매우 크다(Noh, 1999). 즉, 다수 작업자가 공동으로 공정계획을 수립하면서 실시간으로 최신의 데이터와 수립된 계획을 공유하고, 이를 바탕으로 원활한 협동을 이루는 것이다. 이러한 협동은 공정계획 부서만이 아니라 설계, 생산 등의 여러

부서를 모두 대상으로 한다. 조립 공정계획에서 동시적 협업의 달성은 공정계획에 소요되는 시간과 자원을 절약할 수 있을 뿐만 아니라, 오류 없는 정확한 공정계획을 수립할 수 있고, 공정계획의 산출시점을 단축시킴으로써 궁극적으로 신차 개발 시간과 비용의 단축에 이바지하게 된다.

조립 공정계획에서 협업을 달성하기 위해서는 다수 작업자가 조립순서, 조립작업 및 시간, 부품/장비/자재 등의 각종 정보들을 종합적으로 관리, 공유하고 공동작업을 수행할 수 있는 정보관리 시스템이 필수적이며, 전 공정의 가상조립(virtual assembly) 수행을 통한 조립공정의 신뢰성 있는 분석과 사전 검토, 최적화 등 디지털 엔지니어링(digital engineering) 개념의 적용이 필요하다(Crabb, 1998). 이를 위하여는 데이터베이스와 web 기술을 활용하여 다음과 같은 목적의 달성이 가능한 공정 계획 협업시스템의 구축이 필요하다.

- 분산환경 지원: 분산되어 있는 다수 작업자들의 공동작업이 비교적 적은 투자로 가능해야 한다.
- 실시간 작업 수행: 공정계획 작업자들에 의해 수행되는 모든 작업의 내용들이 실시간으로 모두에게 공유되어야 한다.
- 신뢰성 있는 정보 제공: 제공되는 정보와 수립된 공정계획 결과 등의 정보가 항상 최신의, 믿을 만한 것이어야 한다.
- 통일된 정보관리: 공정계획에 관련된 모든 정보와 데이터들이 단일한 데이터베이스에서 통합되어 관리되어야 한다.

2.3 조립 공정계획 시스템 구축 사례

General Motors(GM)에서는 90년대 중반에 시작된 제조 각 부문의 math-based manufacturing 프로그램의 일부로 “모든 담당 엔지니어들이 실물을 만들기 전에 제조 및 조립 시스템의 생성, 설계, 검증 및 운영을 컴퓨터의 수학적인 모델을 이용하여 사전에 수행해본다”라는 목표로 가상 생산기술의 도입을 추진하고 있다. 특히, 주로 조립라인에 대한 ‘Virtual Bill of Process’라는 연구개발을 진행하고 있는데, 이는 조립라인 3차원 CAD 모델링 및 시뮬레이션 수행을 위한 공정 정보관리를 통하여 가상공장을 구축하고, 이를 통하여 추후 신차 개발 시 효율적인 공정준비 가능, 제조경험의 보존과 활용이 가능하도록 하는 것이다(이장희, 2001).

일본 TOYOTA 자동차의 경우 V-COMM(Visual & Virtual

Communication)이라는 프로젝트를 진행하여 모든 조립작업을 실제 생산라인과 동일하게 컴퓨터 상에서 사전에 가상조립을 수행하여 생산 시 발생하는 문제점들을 사전에 설계부문에 반영하고 있으며, COMPASS라는 전용 시스템을 구축하여 디지털 엔지니어링용 제품 데이터로 차량구조를 확인해 가면서 각 요소작업마다의 작업시간을 뽑아, 작업의 조합을 만들고 실제 라인에서의 가동상황을 시뮬레이션하여 작업순서를 완성한다. <그림 2>는 COMPASS 시스템의 구성도이다(IBM, 2002).

유럽의 Volvo의 경우 전사적 디지털 생산 센터를 운영하고 있고, 개념 및 검토, 설계 및 생산준비의 단계에서 시뮬레이션을 통한 연속적인 프로세스의 검증을 수행하는 개념의 VPPD (Volvo product & process development) 체계의 수립을 진행하고 있다.

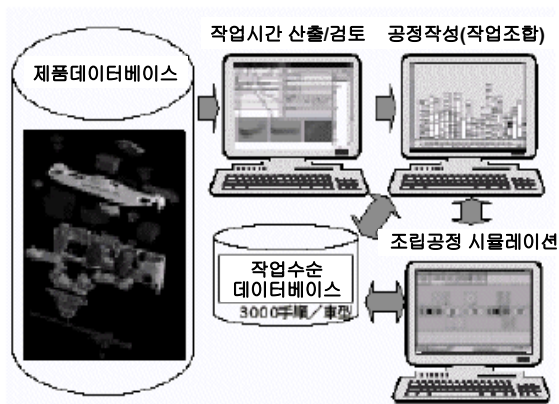


그림 2. TOYOTA사의 COMPASS 시스템.

3. 협업을 위한 Web 기반 공정계획

3.1 기존 업무 분석 및 개선 업무 절차 도출(BPR)

다수의 작업자들이 개별적, 공동으로 수행하고 있는 자동차 최종 조립 공정계획을 원활하게 수행할 수 있는 협업시스템을 구축하기 위해서는, 기존 업무에 대한 엄밀한 분석과 이를 바탕으로 개선된 협업 공정계획의 신규 업무 절차 정립(business

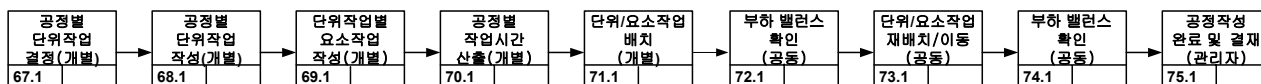


그림 3. 기존 공정계획 수행 업무 절차(as-is).

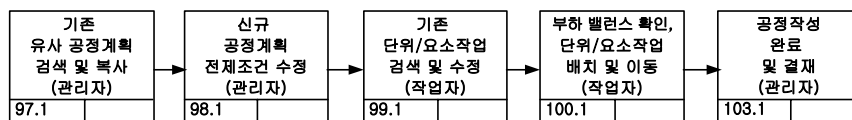


그림 4. 개선된 공정계획 수행 업무 절차(to-be).

process re-engineering, BPR)이 선행되어야 한다. 본 논문에서는 협업 시스템을 설계, 구축하기 전에 공정계획 작성 업무의 현행(as-is), 협업시스템 적용을 통한 개선(to-be) 업무 절차를 수립하였으며, 이를 위하여 업무 절차와 기능에 대한 모델링 방법인 IDEF0와 IDEF3 방법을 사용하였다.

<그림 3>과 <그림 4>는 기존 공정계획 수행 업무 절차와 개선된 협업 공정계획 수행 절차에 대한 IDEF 모델의 개요이다. 기존 공정계획 업무에서는 각자의 공정계획 작업자가 일단 공정(process)/단위(operation)/요소작업(work element)들을 작성, 배치한 후 별도로 전체적인 협의를 통하여 부하 밸런스(workload balance)를 고려한 재배치를 공동으로 수행하였으나, 협업 공정계획 시스템에서는 1) 기존의 데이터베이스로부터 유사한 공정계획을 검색, 필요한 경우 이를 불러내서 수정하는 방식으로 공정계획 작성이 수행되고, 2) 다수의 작업자들이 실시간으로 전체적인 부하 밸런스를 고려하면서 공동으로 공정/단위/요소 작업들을 작성, 배치 또는 이동하는 협업을 통하여 공정계획이 작성된다.

또한 3) 이상의 작업들을 시간상, 공간상의 제약 없이 각자의 컴퓨터에서 수행할 수 있으므로, 문서작성, 타 작업자와의 갈등 발생과 해결에 따른 시간과 비용의 낭비를 줄일 수 있다. 도출된 개선 업무 절차를 바탕으로 협업 공정계획의 수행 절차와 지원 시스템을 설계, 구축하였다.

3.2 Visual T/D Plan Management System

이상과 같은 기존 업무 분석 및 신규 업무 절차 수립 결과를 바탕으로, 본 논문에서는 설계 등 관련 부서로부터의 정보를 기반으로 복잡한 자동차 최종 조립공정의 공정을 작성, 배치하고, 그 결과를 실시간으로 Web 환경에서 공유할 수 있는 협업 공정계획 시스템으로 Web-based Visual T/D(time/distance) plan management system을 구축하여 적용하였다.

T/D plan이란 최종 조립 라인에 대해 생산조건에 따라 해당 되는 공정, 작업내용, 작업자 수, 작업 시간 등을 정의하고 있는 공정계획을 말한다.

서버로는 MS Windows 2000 server를 사용하고, 데이터베이스 관리 시스템으로는 MS SQL Server 2000을 사용하였으며, 프로그램은 PHP 언어를 사용하였다. <그림 5>는 본 논문에서 개발된 협업 공정계획 시스템의 구성 및 사용 환경을 보여준다.

구축된 협업 공정계획 시스템의 특징은 다음과 같다.

- Web 환경에서 조립공정 작성과 작업배치에 관련된 각종 정보들을 원활하게 관리하는 정보관리 시스템.
- 수작업으로 이루어지던 공정작성 및 작업배치 과정들을 수행할 수 있는 업무전산화 시스템으로써 단위작업, 직장별 공정 변경작업, 시각화된 라인 부하 분석을 기반으로 한 부하조정 등이 용이.
- 조립공정계획 작성과정에서 발생할 수 있는 오류의 감소에 따른 작업공수 절감 및 작성효율 향상 가능.

- 공정작성 및 작업배치, 장비정보 관리를 위한 데이터베이스와 정보 시스템이 구축됨으로써, 조립공장 디지털 엔지니어링의 기반 구축.

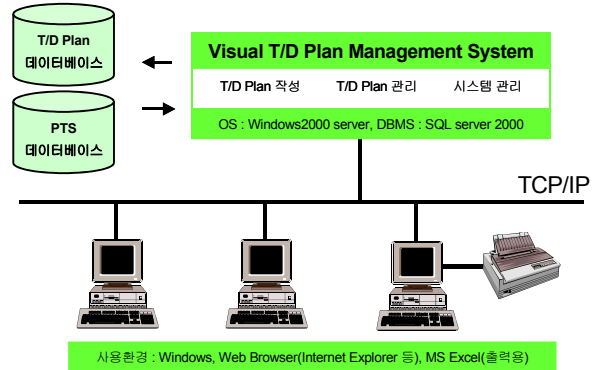


그림 5. Web 기반 협업 공정계획 시스템.

3.3 Web-based Visual T/D Plan Management System의 기능 및 작업 순서

<그림 6>는 구성된 협업 공정계획 시스템의 기능들을 그림으로 나타낸 것이며, <그림 7>는 각 기능을 사용하여 공정작성과 배치작업을 수행하는 업무 프로세스 흐름도이다. 각 기능들에 대한 설명과 수행화면의 예는 다음과 같다.

3.3.1 작성 plan 선택

사용자가 공정계획을 수행하려는 T/D plan을 선택한다. 새로운 T/D plan을 생성하여 작성을 시작하거나 기존에 작성 중인 T/D plan을 선택하여 작성을 계속하거나 수정, 삭제할 수 있다.

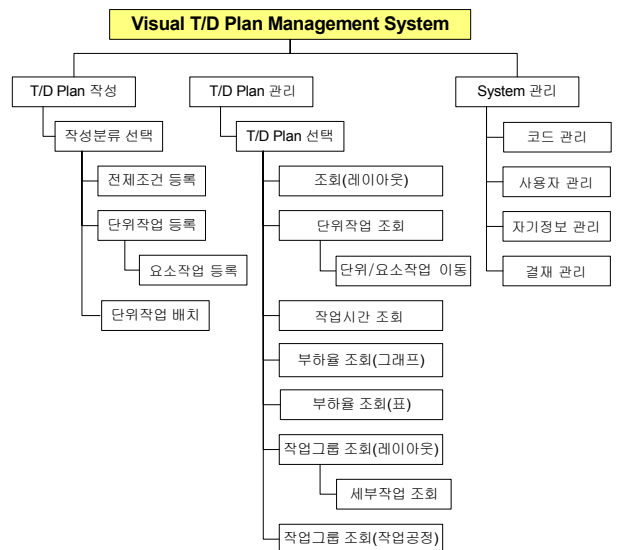


그림 6. Visual T/D plan management system의 구성.

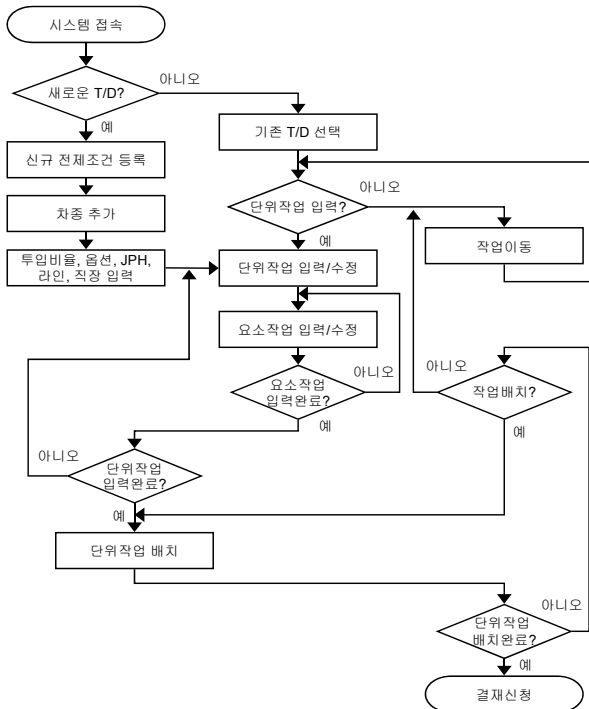


그림 7. 개발 시스템을 사용한 공정계획 수행 절차.

3.3.2 T/D plan 작성

T/D plan의 작성을 위해서는 전제조건 등록 및 수정, 단위작업들의 등록/추가/수정 및 배치, 작업 이동 및 분할, 결재 등의 기능들이 사용된다. <그림 8>은 다수의 작업자가 web에 접속하여 동시에 단위작업과 요소작업들의 등록을 수행하고 있는 화면이며, <그림 9>는 각 작업자가 부하를 고려하면서 단위작업과 요소작업을 배치하고 이동하는 화면이다.

각 모듈별로 수행하는 기능은 다음과 같다.

- 신규 전제조건 등록: 새로운 T/D plan에 대한 각종 전제 조건들, 차종, 투입비율, 옵션, JPH(jop per hour), Line, 직장 정보 등을 등록한다.
- 전제조건 수정: 등록되어 있는 전제조건을 수정하는 기능을 수행한다.
- 신규 단위작업 등록: 해당 T/D plan에 등록되어 있는 Line 중 하나를 선택하여 그 Line에서 사용할 단위작업을 등록한다. 단위작업을 등록하면서 요소작업들도 같이 입력하며, 작업시간, 옵션 감안 작업시간 등이 자동으로 계산, 등록된다.
- 단위작업 추가/수정: 입력되어 있는 공정 중 하나를 선택하여 공정에 소속되어 있는 단위작업과 소속된 요소작업들에 대한 정보를 수정, 삭제하거나, 새로운 단위작업 및 요소작업을 추가한다. 공정에 배치되지 않은 단위작업들에 대해서도 추가/수정이 가능하다.
- 신규 작업 배치: 입력된 단위작업을 적절한 공정에 배치한다. 배치과정에서 배치하고자 하는 라인의 설정부하율, 부수작업을, 작업위치, 작업인원 등을 변경할 수 있다.

- 작업 이동: 배치가 끝난 단위작업이나 요소작업을 적절한 다른 공정으로 이동한다. 작업 수행은 단위작업과 요소작업의 자르기, 붙이기 기능을 이용하여 진행된다.
- 작업분할: 이동중인 단위작업의 작업시간이 너무 커서 이를 여러 개의 단위작업으로 분할할 필요가 있을 때는 해당 단위작업을 분할하여 배치 또는 이동한다.
- 결재: 작성이 완성된 T/D plan의 결재를 요청할 때 사용한다. 결재 신청을 한 T/D plan은 결재 신청을 취소하거나 반송을 하지 않고는 수정하거나 삭제할 수 없다.
- 결재하기: 자신 앞으로 결재가 요청된 T/D plan을 결재한다. 결재권자는 요청된 T/D plan의 세부 내용까지 볼 수 있는 권한을 가지며, 결재가 완료된 T/D는 수정, 삭제할 수 없다.



그림 8. 단위작업과 요소작업들의 등록.

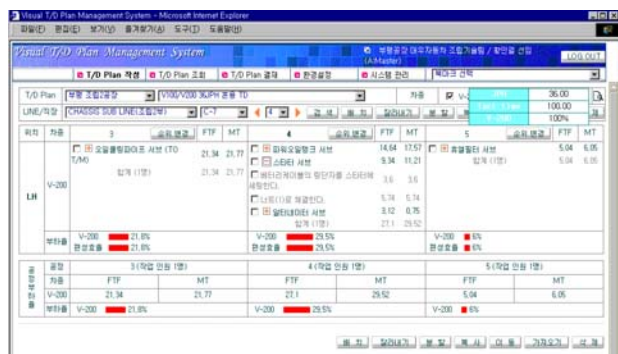


그림 9. 부하를 고려하는 단위작업들의 배치.

3.3.3 T/D plan 조회

T/D plan 조회에는 작업시간, 부하율, layout 및 공정흐름 조회의 기능들이 있다. 다양한 조회기능을 통하여 공정계획자가 작성된 공정계획을 검토하고 문제점을 찾아내어 해결할 수 있도록 구성하였다. <그림 10>은 작성된 공정계획에 대하여 작업부하율을 라인별로, <그림 11>은 layout과 공정흐름을 조회하는 화면이다. 각 모듈별로 수행하는 기능은 다음과 같다.

- 작업시간 조회(라인별/직장별/공정별/작업위치별): 각 라인/직장/공정/작업위치를 기준으로 계산된 작업시간을 보여준다.
- 부하율 조회(공장/라인, 라인/직장, 직장/공정, 공정/작업위치): 공장 대비 라인별, 라인 대비 직장별, 직장 대비 공정별, 공정 대비 작업위치별 부하율을 그래프 형태로 보여준다. 부하율이 설정된 기준시간보다 큰 경우 빨간색 그래프로, 작은 경우에는 초록색 그래프로 나타난다. 사용자가 원하는 차종의 정보만을 조회할 수 있다.
- Layout 조회, Process Flow 조회: T/D plan의 라인, 직장을 실제 공장 배치대로 사용자에게 보여준다. 특정 공정의 자세한 정보와 전후 관계를 조회할 수 있다.

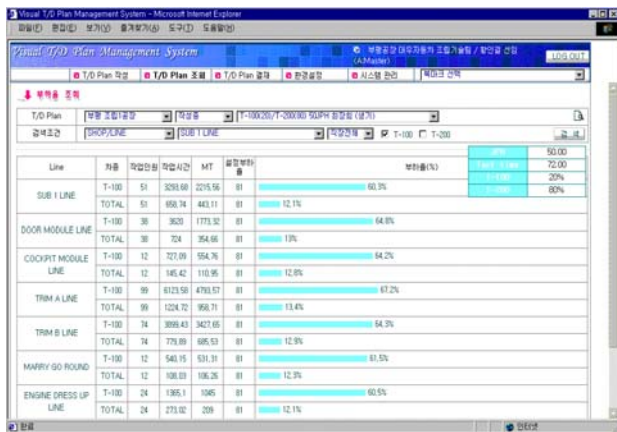


그림 10. 라인별 부하율 조회.

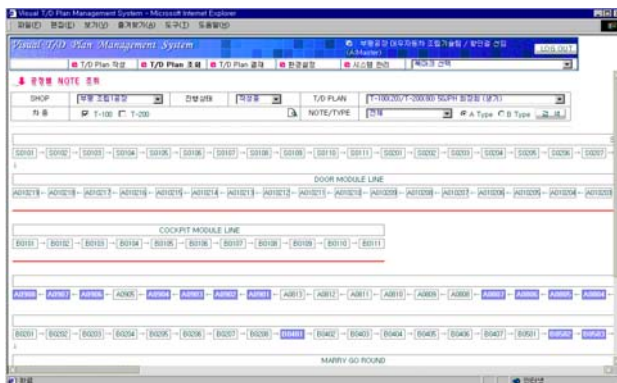


그림 11. Layout과 공정흐름 조회.

3.3.4 시스템관리

T/D plan 시 사용되는 각종 기준 정보 및 표준 코드들을 관리

한다. 공장/SHOP, 차종, Option, Line, 직장, 표준부품명, 표준작업시간 및 코드, 사용자, 사용자 소속 부서, 작업자 직급, 사용자 등급의 등록, 수정, 조회, 삭제가 가능하며, line별 직장 선택과 선후관계 입력을 통하여 조립 라인의 layout을 지정한다. <그림 12>는 작업시간 산출을 위한 작업시간 표준을 작성, 관리하는 화면이다.

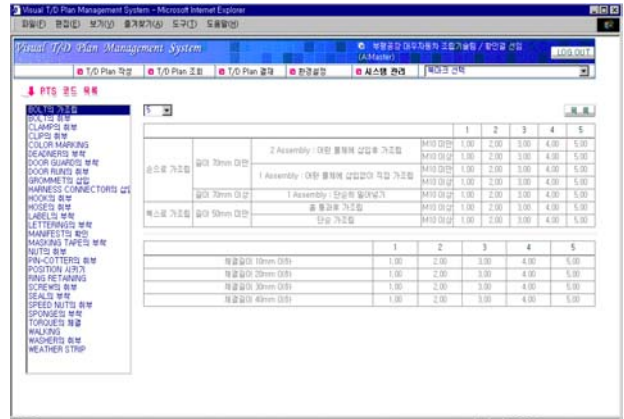


그림 12. 작업시간 표준 관리.

3.4 협업 공정계획의 적용 결과 및 효과

개발된 협업 공정계획 시스템은 현재 국내의 한 자동차 회사에 적용, 사용되고 있다. 대상 자동차 회사에는 10명 정도의 공정계획자가 있으며, 약 4개월 간 적용한 현재 4개의 최종 조립공장에 대해 20여 개의 공정계획이 작성되었다. 초기에는 새로운 개념의 시스템 도입에 따른 작업자들의 불만과 비효율이 발생하였으나, 새로운 업무 절차의 강력한 추진, 지속적인 사용자 교육 및 시스템 보완작업을 통하여 새로운 시스템을 기본으로 한 협업 공정계획을 정착시킬 수 있었다.

두 개의 차종을 혼류 생산하는 조립공장의 경우를 예를 들면 9개의 조립라인에 280여 개의 작업 스테이션이 있으며, 약 400명 정도의 작업자가 1,800여 개의 부품을 조립하는 공정계획을 작성하는데, 기존의 40일 정도에서 24일정도로 약 40% 정도의 공정계획 작업 단축이 가능하였다. 특히, 공정계획과정에서 정보의 누락이나 오류 등으로 발생하는 공정계획자들의 대기 시간은 70% 이상 감소하는 것으로 보고되었다.

본 논문에서 개발된 협업 공정계획 시스템의 적용효과를 정리하면 다음과 같다.

- 신차 개발 및 투입에 따른 조립 공정계획의 작성, 즉 공정작성 및 작업배치 시 수행되는 모든 작업(단위작업 list 작성 및 시간산정, 공정별 또는 직장별 작업배치, line balancing 등)들이 개발된 Web-based Visual T/D Plan Management System을 통하여 이루어져서 수작업 시에 비하여 초기 작성 및 수정작업에 들어가는 물리적인 공수를 대폭 절감하고, 작성된 결과를 효율적으로 관리할 수 있게 되어 큰 업무 개선 효과를 얻었다.

- 공정작성 및 작업배치 시 관련된 각종 정보들을 원활하게 관리할 수 있는 정보관리 시스템을 구축하고, 수작업으로 이루어지던 업무들을 전산화함으로써 단위작업, 직장별 T/D 변경작업, line balancing 산출들을 용이하게 하며, 작성 과정에서 발생할 수 있는 오류를 줄임으로써 투입공수를 절감하고 공정계획 작성효율을 크게 향상시켰다.
- 공정작성 및 작업배치, 장비정보 관리를 위한 데이터베이스와 정보 시스템이 구성되어 공정 시뮬레이션, 물류 분석 등 조립공장 디지털 엔지니어링의 기반이 구축되었다.

4. 결론

본 논문은 자동차 최종 조립라인에 대한 공정계획에서의 협업을 달성하기 위한 Web 기반 공정계획 시스템에 관한 것으로, Web 환경에서 분산된 다수의 공정설계자가 협력하여 공정, 작업을 작성, 배치하고 부하율 등 작업 결과와 관련된 정보들을 통합적으로 관리하는 시스템인 Web-based Visual T/D Plan Management System을 개발하였다. 특히, 공장 layout, 공정별 부하 등 공정계획 작업에 필요한 정보들을 시각화해 보면서 작업을 할당하고 이동할 수 있으므로 우수한 공정계획의 작성이 가능할 것으로 생각되며, 분산되어 있는 다수의 작업자가 동시에 협력하여 조립공정 계획을 작성하므로 소요되는 공수와 시간이 크게 절감되었다.

본 논문에서 개발된 협업시스템을 이용하여 신차 개발 시 최종 조립 공정작성에 소요되는 시간과 비용을 크게 절감할 수 있을 것으로 기대되며, 자동차 조립공장의 공정을 디지털화하여 엄밀하게 관리하게 됨으로써 가상기술 적용과 실현의

중요한 기반이 마련되었다.

참고문헌

노상도, 이창호, 한형상, 자동차 가상생산기술 적용(I)-생산준비 업무 분석 및 적용 전략 수립, *IE Interface*, 14(2), 120~126, 2001.

이장희, 신제품 개발과정에서의 디지털 매뉴팩처링의 역할과 현황, *기계저널*, 41(10), 2001.

자동차기술회, *자동차 생산기술의 예측조사-2025년의 자동차생산기술 자동차제조에서의 꿈을 추구하고*, (사)일본 자동차기술회, 1998.

Ellison, D. J., Clark, K. B., Fujimoto, T., Hyun, Y. S., *Development Performance in the Auto Industry : 1990s Update*, Harvard Business School.

Howard C. Crabb(1998), *The Virtual Engineer*, ASME Press, 1996.

H. Y. Kan, Vincent G. Duffy and Chuan-Jun Su, An Internet virtual reality collaborative environment for effective product design, *Computers in Industry*, 45(2), 197~213, 2001.

IBM, *Case Studies - V-COMM at TOYOTA*, <http://www.ibm.com>, 2002.

Iwata, K., Onosato, M., Teramoto, K., Osaki, S., Virtual Manufacturing Systems as Advanced Information Infrastructure for Integrating Manufacturing Resources and Activities, *Annals of the CIRP*, 46(1), 335~338, 1997.

J. Driscoll and D. Thilakawardana, The definition of assembly line balancing difficulty and evaluation of balance solution quality, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 17(1), 81~86, 2001.

J. Rubinovitz and G. Levitin, Genetic algorithm for assembly line balancing, *International Journal of Production Economics*, 41(1)-3, 343~354, 1995.

Mikell P. Groover, *Automation Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*, Prentice Hall, 2001.

Robert Klein and Armin Scholl, Maximizing the production rate in simple assembly line balancing - A branch and bound procedure, *European Journal of Operational Research*, 91(2), 367~385, 1996.

Sangdo Noh, *Networked Virtual Manufacturing System for Collaborative Engineering*, Ph.D. Thesis of Seoul National University, 1999.



노상도

한국과학기술원 기계공학과 학사
 서울대학교 기계설계학과 석사
 서울대학교 기계설계학과 박사
 고등기술연구원 생산기술센터 선임연구원
 현재: 성균관대학교 시스템경영공학부 조교수
 관심분야: 생산시스템, Concurrent & Collaborative Engineering, 가상생산, CAD/CAPP/CAM, PLM



공상훈

서울대학교 기계항공공학부 학사
 서울대학교 기계설계학과 석사
 현재: 서울대학교 기계항공공학부 박사과정
 관심분야: Collaborative Engineering, Digital Manufacturing



박영진

한양대학교 기계설계학과 학사
 한양대학교 기계설계학과 석사
 한양대학교 기계설계학과 박사
 현재: GM Daewoo Auto & Technology 생산기술 연구소 책임연구원
 관심분야: 생산시스템, 가상생산, PLM



이교일

서울대학교 기계공학과 학사
 RWTH Aachen University 석사
 RWTH Aachen University 박사
 현재: 서울대학교 기계항공공학부 교수
 관심분야: Fluidpower Control, 생산공학, Virtual Manufacturing