

협업 공정계획을 위한 생산흐름 분석 시뮬레이션 통합

이주연*(성균관대학교 대학원 산업공학과), 노상도(성균관대학교 시스템경영공학과)

Production Flow Analysis Simulation Integration for Collaborative Process Planning

Ju Yeon Lee (Department of Industrial Engineering, SungKyunKwan University),

Sang Do Noh (Department of System management Engineering, SungKyunKwan University)

ABSTRACT

Manufacturing companies should perform process planning and its evaluation concurrently with new product developments so that they can be highly competitive in the modern market. Process planners should make decisions in the manner of concurrent and collaborative engineering in order to reduce the manufacturing preparation time and cost when developing new products. Automated generation of analysis models from the integrated database, which contains process and material information, reduces time to prepare analyses and makes the models reliable. In this research, we developed a web-based system for concurrent and collaborative system for production flow analysis, using web, database, and simulation technology. An integrated database is designed to automatically generate analysis models from process and material plans without reworking the data. This system enables process planners to evaluate their decision fast and share their opinions with others easily. With this system, it is possible to save time and cost for assembly process and material planning, and reliability of process plans can be improved

Key Words : Product flow analysis (생산흐름 분석), Collaborative process planning (협업 공정계획), Web (웹), Simulation (시뮬레이션)

1. 서론

고객의 요구가 다양해지고 기업간 경쟁이 날로 심화되면서 제조업체들은 다양한 신제품들을 신속히 개발할 수 있는 새로운 생산 기술을 필요로 하게 되었다.¹⁾ 제조공정은 일련의 매우 복잡하고 다양한 공정으로 이루어졌으며, 이 과정에서 수립되는 계획에 대한 사전 검증 및 최적화를 통하여 신제품 개발 기간 단축, 비용 절감, 품질 향상을 달성함으로써 경쟁력을 확보할 필요가 있다. 이를 위해서는, 디지털 가상생산 시스템 구축을 통한 동시협업의 달성이 필수적인 것으로 인식되고 있다.²⁾

공정계획 업무는 매우 방대하고 복잡하기 때문에 여러 하위 업무로 분류되어 다수의 공정계획자들에 의해 수행되어야 한다. 각 공정계획자들은 제한된 수의 장비와 작업자, 자재만을 고려할 수 있

기 때문에 항상 동시에 다른 공정계획자들의 작업 결과들을 확인할 수 있어야 하며 공정과 자재에 대한 정보를 즉시 파악할 수 있어야 한다. 따라서 신뢰성 있고 효율적인 공정계획을 위해서는 다수의 공정계획자들에게 이러한 정보들을 체계적으로 관리하고 실시간으로 공급해주는 정보관리 시스템과 협업 환경이 필수적이다.

공정계획 업무를 수행하면서 그 결과의 합리성을 평가하기 위해서는 라인밸런싱이나 작업 시간뿐만 아니라 작업장 배치, 저장 공간, 자재 취급, 자재 배치, 자재 흐름 등 다양한 요소들이 고려되어야 한다. 이러한 요소들을 평가하기 위해서는 현재 수립된 공정계획을 반영하는 시뮬레이션 모델과 같은 분석 모델을 생성하여 수시로 평가할 수 있어야 한다. 그러나 모델을 생성하는 데 필요한 데이터를 수집, 정리하고 모델을 구축하는 작업에는 많은 시

간과 공수가 소요된다. 공정계획안의 빈번한 수정으로 인한 분석 모델과 실제 데이터의 불일치, 중복되는 모델 구축 작업 또한 심각한 문제가 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 공정계획과 분석을 위한 시스템의 통합이 필수적이다. 즉, 공정계획 정보로부터 분석 모델을 즉시 생성하여 공정계획자들에게 일관된 디지털 모델을 제공하고 모델 개발 시간과 공수를 감축할 수 있도록 하는 통합 협업 환경을 구축해야 할 필요가 있다.

본 연구에서는 생산흐름 분석 및 평가를 효율적으로 수행하기 위한 방법에 대해서 연구하였다. 즉, 분산된 다수의 작업자가 디지털 조립공장과 웹 환경에서 동시에 협력하여 공정계획, 자재배치 업무를 수행하도록 하고, 이 정보를 이용하여 즉시 분석 모델을 구축하여 신속하게 생산흐름을 평가할 수 있도록 지원하는 통합 협업시스템을 구축하였으며, 이를 국내의 한 자동차 회사의 조립공장(general assembly shop)을 대상으로 공정, 자재 계획 등의 생산준비 업무에 적용한 과정과 결과를 사례로서 소개하고자 한다.

2. 웹 기반의 협업 공정/ 자재 계획 시스템

2.1 웹 기반의 협업 공정계획 시스템

디지털 공장을 기반으로 하여 공정 계획과 자재 배치에서 협업을 달성하기 위하여 데이터베이스와 웹 기술 등을 활용한 통합 협업 정보관리 시스템을 구축하였다. 데이터베이스에는 공정, 자재와 관련된 다양한 정보가 포함되며, 분산된 다수의 공정계획자들이 필요로 할 때마다 즉시 웹을 통해 접속하여 원하는 정보를 조회, 작성하면서 다른 작업자들과 최신의 정보를 공유할 수 있도록 하였다.

웹 기반 협업 공정계획 시스템을 사용하여 개선된 공정계획 업무는 다음과 같다. 먼저 수행할 작업은 기존에 데이터베이스에 저장되어 있던 공정계획을 읽어와서 수정하는 것이다. 이와 같이 함으로써 공정 작성 소요 시간을 상당히 단축할 수 있다. 여기에 락 타임, 부하율과 같은 기본적인 전제조건을 수정해주고 단위 작업과 그에 속하는 요소 작업, 작업 시간을 결정한다. 이렇게 결정된 작업들을 각 작업장에 배치하고 라인밸런싱을 확인한 후, 라인밸런싱 결과를 보고 작업을 분해하거나 다른 작업장으로 분배하여 밸런싱을 맞출 수 있다. 이러한 방법으로 다수의 공정계획자들은 자신의 웹 브라우저를 통해 데이터베이스에 저장된 최신의 정보를 이용하여 다른 사람의 작업을 조회하면서 협업적으로 계획을 수립할 수 있다.³⁾

2.2 웹 기반의 협업 자재계획 시스템

공정계획 시스템으로 작업 배치와 밸런싱 작업까지 수행한 후에는 그 결과를 기반으로 하여 각 공정 혹은 작업장에 투입될 자재에 대한 계획을 수립해야 한다. 웹 기반 협업 자재계획 시스템은 공정계획 시스템과 통합된 데이터베이스에 기반하기 때문에 공정계획 정보를 그대로 사용할 수 있다. 이 시스템을 이용하여 자재계획 업무, 즉 자재의 종류와 위치 결정, 자재저장 방법의 결정, 레이아웃 상에 자재 배치 등을 수행한다. 우선 자재리스트를 시스템에 입력, 수정하여 각 공정 별로 투입될 자재에 대한 정보를 입력한다. 자재가 입력되면 각각의 자재들에 대한 적절한 저장 방법과 저장 용기, 즉 자재를 어떤 박스에 저장하고 그 박스를 어떤 랙의 어느 위치에 저장할 것인가를 결정하는 것이다. 이 과정에서 필요한 박스나 랙은 제공되는 라이브러리로부터 선택하거나 웹 상에서 파라메트릭 모델링을 통하여 원하는 형태의 VRML 모델로 즉시 생성할 수 있다.

자재에 대한 정보와 저장 방법, 위치 등을 웹 상에서 결정한 후에는 구축된 디지털 공장 레이아웃 상의 특정 지점에 랙을 배치시키는 작업이 DMU 소프트웨어를 이용하여 이루어진다. 여유 공간이나 작업 편이 등을 고려하여 배치 작업을 수행 완료하면 그 결과가 자동으로 해석되어 데이터베이스에 각 자재, 박스, 랙에 대한 위치 정보가 입력된다. 이와 같이 웹 상에서 공정계획 및 자재배치에 관련된 각종 정보들을 통합하여 여러 가지 작업들을 협업적으로 진행하도록 함으로써 효율적인 공정계획 업무를 수행할 수 있게 되었다.^{4), 5), 6)}

공정계획과 그에 따르는 자재계획이 수립되면, 결정된 계획안에 대한 평가 및 최적화를 위해서 시뮬레이션을 수행해야 한다. 위의 웹 기반 공정/자재계획 시스템은 공정 계획자들을 위한 효율적인 환경을 제공하지만, 그것은 단순히 평가척도로 작업 시간에 의존하는 경향이 있다. 따라서 평가 척도들을 다양화하고, 다른 공정계획 활동들을 지원하며, 공정 계획자들에게 좀 더 효율적인 환경을 제공하기 위해서는, 분석 모델을 만드는데 시간을 낭비하지 않고도 의사 결정의 시뮬레이션과 분석을 수행할 수 있는 시스템을 필요로 한다. 상술한 바와 같이 신뢰성 있는 분석 모델을 신속하게 생성하기 위해서는 공정 및 자재 계획 시스템과 흐름 분석 시스템을 통합하여 공정 및 자재 계획 정보로부터 분석 모델을 자동적으로 생성할 수 있어야 한다. 즉, 통합 정보관리 시스템을 통하여 최신의 정확한 정보를 기반으로 중복되는 작업을 거치지 않고 분석 모델을 생성할 수 있어야 한다는 것이다.

3. 생산흐름 분석 시스템

3.1 시스템의 구조

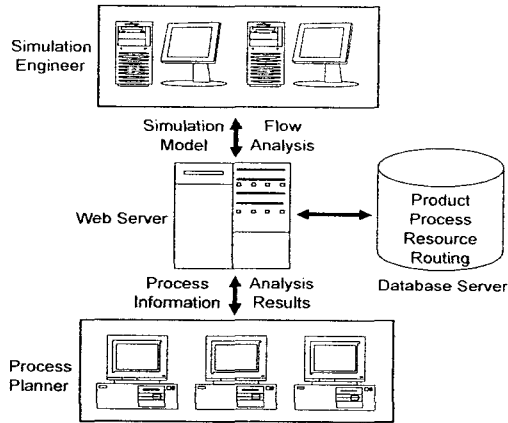


Fig. 1 Structure of the entire system

Fig 1 은 통합 생산흐름 분석 시스템의 구조를 보여주고 있다. 생산흐름 분석 시스템을 위해 설계된 이 데이터베이스는 분석 모델을 만들기 위한 대부분의 정보를 포함하고 있다. 본 연구는 생산흐름 분석 시스템에 어떤 정보가 추가되었는지를 연구하였고, 공정계획 시스템에 이 시스템을 추가하고 공정계획과 그것의 분석을 위한 모든 데이터를 다루기 위해 데이터베이스를 약간 수정하였다. 또한 공정계획 시스템이 분석에 필요한 부가적인 정보를 받을 수 있도록 변형시켰다.⁷⁾

먼저 공정계획자들이 웹 기반 공정계획 시스템을 이용해서 공정과 순서를 결정하면 그들의 계획을 평가해야 하고, 시뮬레이션 기술을 통한 부품 배치와 부품 흐름의 계획을 세운다. 공정계획자가 임시의 계획을 만들고 그것으로부터 시뮬레이션 모델을 구축하고 나면 시뮬레이션 전문가는 그들의 웹 브라우저를 통해 모델을 다운로드 받을 수 있다. 그들은 모델을 분석한 후 다른 공정계획자들이 그 결과를 참조하여 계획을 수정할 수 있도록 하기 위해 웹 서버에 결과를 올린다.

또한 PHP 로 개발된 웹 어플리케이션은 사용자의 요구 시 실시간으로 시뮬레이션 모델을 자동 생성한다. 그것은 시뮬레이션 모델을 만들기 위해서 ODBC(Open Database Connectivity)를 통해 데이터베이스로부터 정보를 수집한다. 데이터베이스는 또한 분석 결과를 각각의 시뮬레이션 모델에 그룹화하여 저장한다. 기존의 공정계획 데이터베이스와 통합된 데이터베이스는 최신의 정보를 얻고, 데이터의 중복과 불일치를 막을 수 있도록 설계되었다

3.2 시스템의 구현

공정계획자들은 공정, 순서, 위치를 결정한 다음, 부품 라우팅 정보를 입력해야 한다. 즉, 공정 계획자가 조립공정에 할당 되어진 각 단위작업에 입력되는 부품의 라우팅 정보를 결정한다. 부품 라우팅 정보는 경로, 저장 용기, 자재취급 장비, 수량과 저장 방식으로 이루어져 있다.

단위작업을 할당하고 부품 라우팅 정보를 결정한 다음, 공정계획자들은 데이터베이스로 데이터를 즉시 내보낼 수 있다. 이제 시뮬레이션 모델을 생성하기 위해 필요한 모든 데이터가 데이터베이스에 저장되었다. 공정흐름 분석 시스템은 공정계획자가 입력한 데이터로부터 시뮬레이션 소프트웨어가 요구하는 형식에 맞는 Microsoft Excel 파일을 자동적으로 생성하게 된다. Fig 2 에서 보듯이 공정계획자가 스프레드시트 파일 형식으로 시뮬레이션 모델 파일을 만들고 나면, 모든 사람들은 모델 파일을 다운로드 받을 수 있다. 그리고 조립공장의 배치 도면을 마련한 후, 시뮬레이션 전문가는 소프트웨어에서 스프레드시트 데이터를 불러오고, 그 파일을 사용하여 바로 모델을 구축한 다음 분석 작업을 하게 된다. 분석 작업의 결과가 저장된 HTML 문서와 도면은 각 모델에 첨부되어 있다. 공정계획자들은 자신의 웹 브라우저를 통해 이 결과들을 참조하여, 그들의 의견을 교환하고, 계획을 수정하며 부품 배치와 부품흐름 계획을 결정하게 된다. 즉 공정계획자들이 단일의 통합 데이터베이스를 이용하는 분석 도구의 도움으로 자신의 결정에 대해서 초반에 검토와 수정을 할 수 있게 되었다. 따라서 시간낭비 문제, 데이터의 중복, 모델의 불일치 문제가 해결될 것이다. 이 모델의 생성과 분석의 반복적인 작업은 추가적인 시간이 많이 필요하지 않고, 그것은 공정계획자가 좀 더 신뢰성 있는 의사결정을 하도록 한다.

Fig. 2 List of the simulation models and analysis results

이 시스템의 분석 결과는 몇 가지 종류로 제시된다; 경로 분석, 전체흐름 결과, 자재취급 장비

효율, 활동 지점 효율, 저장공간 분석, etc.

Fig 3 은 시뮬레이션 소프트웨어를 이용한 부품 흐름 계획을 나타낸다. 그림은 공장배치 상에서 자재흐름을 보여주고, 주요경로와 병목지점 등의 경로 및 병목 분석 결과를 제시한다. Fig 4 는 각 공정과 자재 별로 이송 경로, 장비, 거리, 시간, 비용을 기록하기 위한 전체적인 생산흐름 분석 결과를 웹 상에서 확인하는 화면이다.

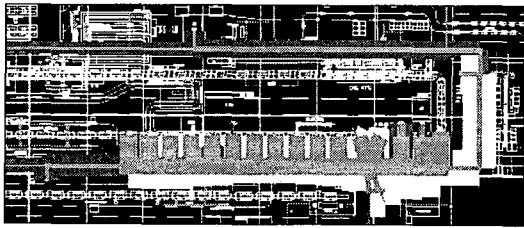


Fig. 3 Making plans for part flow using FactoryFlow?

Fig. 4 Complete flow results of a simulation model

4. 생산흐름 분석 시스템의 적용 사례

본 연구에서 개발된 시스템을 자동차 조립공장의 파워트레인 조합에 대하여 활용해 보았다. Fig 5 는 파워트레인 조합의 어셈블리 구성을 나타낸다. 본문에서는 구체적으로 세부부품을 분류하지 않고, 임의로 파워트레인 조합을 엔진 조합 부분과 서스펜션 부분으로 분류하고, 다시 엔진 조합을 엔진과 트랜스미션으로 분류하였다.

먼저 작업을 수행하기 앞서 시뮬레이션 소프트웨어에서 필요한 시간단위 등의 초기 데이터들을 정의한다. 초기 데이터를 정의하고 나면, 프로젝트 수행에 필요한 데이터들을 엑셀 파일 형태로 불러오게 되는데, 그 형식은 위에서 설명된 바와 같다. Table 1 은 파워트레인 조합에 대한 어셈블리 트리의 워크시트이다. 이 중에서 부품색인, 부품이름, 옵션 비율(=1), 색상, 트리 수준, Gen X 는 반드시 필요한 항목이며, 이 데이터들은 제품의 어셈블리

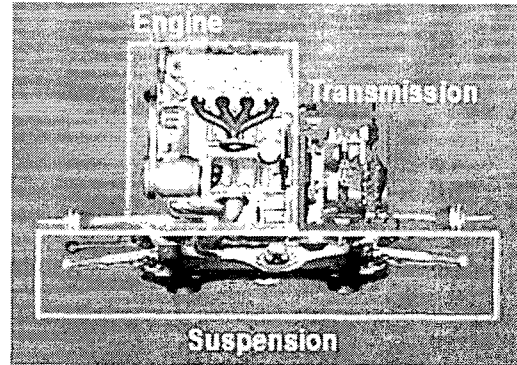


Fig. 5 Powertrain combination

구조와 부품속성을 구성하는데 필요하다. Fig 6 은 파워트레인 조합의 어셈블리 구조를 나타내고 있다. 다음의 Table 2 는 예제의 라우팅 워크시트로, Flow Diagram 과 Move Properties(Flow Diagram 에서 화살표)를 구성하는 데 필요하다. Fig 7 은 라우팅 워크시트의 정보를 이용하여 그릴 수 있으며, 이것은 Flow Diagram 의 화살표인 Move Properties 이다. 지금까지의 자료 외에도 자재취급 장비를 구성하는데 필요한 것은 Table 3 의 워크시트이다. 이 워크시트의 템플릿은 자재취급 장치의 기본값으로 필요하지만, 라우팅 워크시트에 지정된 값이 있을 경우에는 그 값이 우선적으로 적용된다. Fig 8 은 위의 자재취급 장비의 구성을 보여준다. 마지막으로 활동지점을 구성하는데 필요한 워크시트를 준비하고, 워크시트에서 활동지점이나 활동지점의 유형은 반드시 필요한 항목으로 주의하여 입력한다.

Part Index	Type	Part Name	Description	Option Take Rate	Qty	Color	Weight	Arrival Qty	Tree Level	Gen 1	Gen 2
1	Product	Powertrain Combination			1	1			0	1	1
2	Part	Suspension			1	1		0	1	1	
3	Assembly	Engine Combination			1	1		0	1	1	
4	Part	Engine			1	1		0	2	1	4
5	Part	Transmission			1	1		0	2	1	4

Table 1 Assembly tree worksheet of Powertrain combination

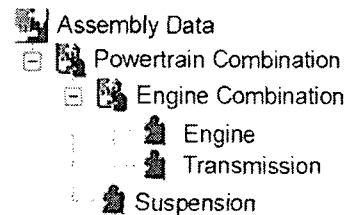


Fig. 6 Assembly hierarchy of Powertrain combination

Include	Part	Product	Part	Parts/	Branched	Sequence	From
part	Index		Name	Product	Route	Number	
1	1		Powertrain Combination	1	No	1	Station 4
1	2	Powertrain Combination	Suspension	1	No	1	Rec Dock
1	4	Powertrain Combination	Engine Combination	1	No	1	Station 3
1	5	Engine Combination	Engine	1	No	1	Rec Dock
1	6	Engine Combination	Transmission	1	No	1	Rec Dock

Table 2 Routing worksheet of Powertrain combination

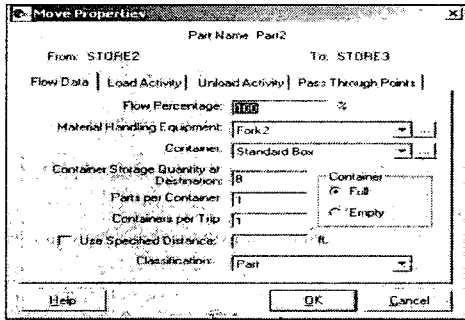


Fig. 7 Move properties (→)

Name	Type	Quantity	Costs			Available Time	Template		
			Fixed	F/P/M	Labor		Load	Unload	MH
Fork	Lift truck	1	3500	5	15	115200	Fork Load	Fork Unload	
Hand Cart	Hand truck	2	100	0	10	115200	Fork Load	Fork Unload	
Human	Human	4	0	0	10	115200	Fork Load	Fork Unload	

Table 3 MH equipment worksheet of Powertrain combination

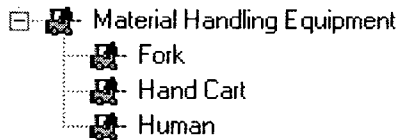


Fig. 8 Hierarchy of material handling equipment

지금까지 제시된 워크시트나 직접 입력하는 방식으로 필요한 데이터가 준비되면, 다음은 레이아웃 도면 상에서 셋업 작업을 수행한다. 우선 본문에서 사용된 소프트웨어 하단 커맨드 창에 나오는 메시지에 따라 레이아웃 도면에 각 활동 지점의 위치를 지정한다. 그리고 부품이 이동할 수 있는 모든 경로를 도면에 지정하는 작업을 통해 경로 네트워크를 생성하게 된다. 활동 지점을 지정하고 네트워크를 생성했다면, Fig 9에서 보듯이 각 지점에 부품 입출력 경로를 지정하기 위하여 도면의 각 활동 지점과 부품 이동 경로를 연결시키는 작업이 필요하다.

위의 과정을 거친 다음 생산흐름 시뮬레이션을 하여 분석을 수행하게 된다. 분석 결과는 Fig 10 과

같이 시뮬레이션 소프트웨어의 도면 상에 자재 이동 흐름으로 나타날 수 있고, Report 메뉴를 통해서 여러 가지 형태의 분석 결과로 조회할 수도 있다.

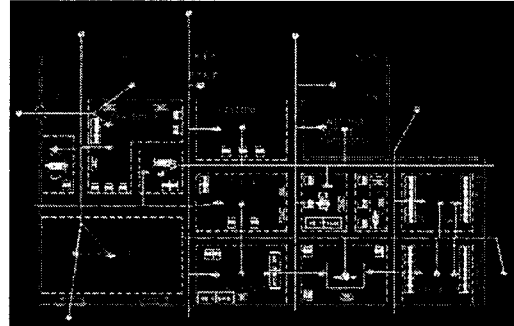


Fig. 9 Connection of activity points and aisle network

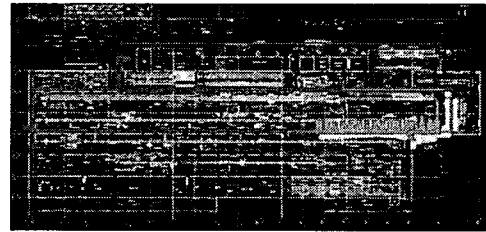


Fig. 10 Material flow on layout drawing

5. 결론

본 연구에서는 생산흐름 분석을 위한 통합 정보관리 시스템을 구축하고, 적용 사례로 자동차 조립공장을 대상으로 신차 개발 시 수행되는 생산준비 업무들에 적용한 것을 소개하였다. 디지털 생산 기술 적용에 기반이 될 디지털 공장을 구축하였고, 웹과 데이터베이스 등을 이용하여 협업 공정 및 자재 계획 시스템이 개발되었으며, 통합 데이터베이스를 구축하여 공정 및 자재 계획 정보로부터 신속하고 정확하게 분석 모델을 생성하도록 하였다. 분석 결과는 웹을 통하여 공유되며, 분석 결과를 가시화, 정량화함으로써 작업자들의 이해를 증진시키도록 하였다. 따라서 이를 이용하여 우수한 공정계획의 작성이 가능할 것으로 생각되며, 이 시스템을 이용하여 분산된 다수의 작업자들로 하여금 동시 협업을 달성하도록 하였으므로 작업에 소요되는 공수와 시간을 크게 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

또한 공장의 다양한 엔지니어링 정보에 대한 데이터베이스와 정보시스템이 구성됨으로써 추후 이 시스템을 확장하여 이산 사건 시뮬레이션이나 인간공학 분석, 물류 분석 등 다양한 분야로 응용할 수 있을 것이다. 이와 같이 공장의 제품, 공정, 설비를 디지털화하여 엄밀하게 관리하게 됨으로써

디지털 생산기술의 적용 적용과 실현을 위한 중요한 기반이 마련되었다.

참고문헌

1. Howard C. Crabb, The Virtual Engineer, ASME Press, 1998
2. K. Iwata M. Onosato, K. Teramoto, S. Osaki, Virtual Manufacturing Systems as Advanced Information Infrastructure for Integrating Manufacturing Resource and Activities, Annals of the CIRP, Vol.46, No.1, pp.335-338, 1997
3. In Seok Lee, Hoo Sang Ko, Sang Hoon Kong, Sang Do Noh, Young-Geun Han, Gibom Kim, Kyo Il Lee, Web-based Process Planning System of Automotive Assembly Shops for Concurrent and Collaborative Engineering, Annals of DAAAM for 2002 & Proceedings of the 13th International DAAAM Symposium, 2002.
4. Sang Do Noh, Tae Keun Park, Kang Kul Lee, Gun Yeon Kim, Jun Heo, Young-jin Park, In Gurl Hwang, Kyung Hoon Chung, Material Planning and Information Management for Automotive General Assembly using Digital Factory, Proceedings of the CAD/CAM 2003 Fall Annual Meeting, 2004.
5. Sang Do Noh, Young-Jin Park, Sang Hoon Kyo Il Lee(2003), Web-based Collaborative Process Planning System for the Automotive General Assembly Shop, IE Interface, 16(3), 375-381
6. 허 준, 이강걸, 노상도, 박영진, 자동차 조립공장을 위한 Web 기반 협업 공정 및 자재 계획? 자동차공학회 논문집, 제 12 권 제 4 호, 2004
7. K. Iwata, M. Onosato, K. Teramoto, S. Osaki, Modeling and Simulation Architecture for Virtual Manufacturing Systems, Annals of the CIRP, Vol.44, No.1, pp.379-383, 1995