



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년08월25일  
(11) 등록번호 10-1547120  
(24) 등록일자 2015년08월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06F 19/00 (2011.01)

(21) 출원번호 10-2014-0013441

(22) 출원일자 2014년02월06일

심사청구일자 2014년02월06일

(65) 공개번호 10-2015-0092865

(43) 공개일자 2015년08월17일

(56) 선행기술조사문헌

논문1

논문2

JP2010020773 A

KR1020120069917 A

(73) 특허권자

한국과학기술원

대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)

(72) 발명자

정현

대전광역시 유성구 대학로 291(구성동) 한국과학기술원 해양시스템공학과

구분근

대전광역시 유성구 대학로 291(구성동) 한국과학기술원 해양시스템공학과

최민주

대전광역시 유성구 대학로 291(구성동) 한국과학기술원 해양시스템공학과

(74) 대리인

김정수

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 구대성

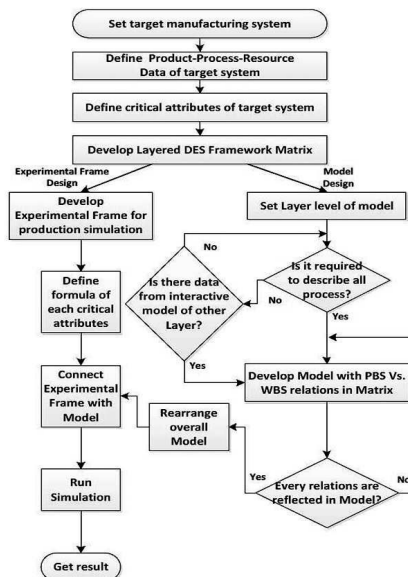
(54) 발명의 명칭 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법

(57) 요약

본 발명은, 예를 들면, 조선, 건설, 토목 및 플랜트 등과 같이, 거대하고 복잡한 구조물을 제작하기 위해 다양한 방식의 생산 시스템이 혼재하는 거대 주문생산형 시스템에 있어서, 생산기간 및 비용을 정확히 예측하여 공정 계획을 수립함으로써 전체 생산 일정을 효율적으로 관리하기 위한 방법에 관한 것으로, 본 발명에 따르면, 시뮬레

(뒷면에 계속)

대표도 - 도11



이션을 통하여 생산기간 및 비용을 정확히 예측하고 공정 계획을 수립하는 것에 의해 전체 생산 일정을 효율적으로 관리하기 위해, 객체지향적인 모델링 방법인 이산 사건 시스템 명세(Discrete Event System Specification, DEVS) 기반 모델링 기법에 근거하여, 데이터의 종류 및 양에 따라 적절하게 구성된 모델을 계층적이고 독립적인 구조로 생성하여 정보의 제약 및 변동에 유연하게 대처할 수 있도록 구성되는 계층적 이산사건 시뮬레이션(Layered Discrete Event Simulation ; Layered DES)의 프레임워크(Framework) 및 이를 이용한 시뮬레이션 방법이 제공된다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	10035331
부처명	지식경제부
연구관리전문기관	한국산업기술평가관리원
연구사업명	산업원천기술개발사업
연구과제명	시뮬레이션 기반의 선박 및 해양플랜트 생산기술 개발
기 여 율	1/1
주관기관	선박 및 해양플랜트연구소
연구기간	2013.04.01 ~ 2014.02.28

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

조선, 건설, 토목 및 플랜트를 포함하는 거대하고 복잡한 구조물을 제작하기 위해 다양한 방식의 생산 시스템이 혼재하는 거대 주문생산형 시스템에서, 객체지향적인 모델링 방법인 이산 사건 시스템 명세(Discrete Event System Specification, DEVS) 기반 모델링 기법에 근거하여 데이터의 종류 및 양에 따라 구성된 모델을 계층적이고 독립적인 구조로 생성하여 정보의 제약 및 변동에 유연하게 대처할 수 있고 상세 설계가 존재하지 않는 상황에서도 일정 계획을 미리 정확하게 예측할 수 있도록 구성되어, 시뮬레이션을 통해 생산기간 및 비용을 정확히 예측하여 공정 계획을 수립함으로써 전체 생산 일정을 효율적으로 관리할 수 있도록 하기 위한 일련의 처리를 컴퓨터나 전용의 하드웨어에 실행시키도록 구성되는 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션(Layered Discrete Event Simulation ; Layered DES) 방법에 있어서,

시뮬레이션을 수행할 목표 제조시스템(target manufacturing system)을 선정하는 단계;

상기 목표 제조시스템의 제품-공정-설비(Product-Process-Resource) 정보를 정의하는 단계;

상기 목표 제조시스템의 중요 속성(critical attributes) 정보를 정의하는 단계;

상기 목표 제조시스템의 제품-공정-설비 정보 및 상기 목표 제조시스템의 속성 정보를 이용하여 계층적 이산사건 시뮬레이션을 위한 프레임워크 행렬(Layered DES Framework Matrix)을 작성하는 단계;

상기 프레임워크 행렬을 이용하여, 상기 목표 제조시스템의 이산 사건 시스템 명세(Discrete Event System Specification ; DEVS) 모델 및 제품 시뮬레이션(production simulation)을 위한 실험 프레임(Experimental Frame)을 각각 구축하는 단계;

각각의 상기 속성에 대한 구조(formular)를 정의하고 상기 DEVS 모델과 상기 실험 프레임을 연결하는(connect) 것에 의해 상기 목표 제조시스템 전체에 대한 계층적 이산사건 시뮬레이션 모델을 생성하는 단계;

상기 계층적 이산사건 시뮬레이션 모델을 이용하여 실제로 시뮬레이션을 수행하는 단계; 및

상기 시뮬레이션을 수행하는 단계에서 얻어진 결과에 따라 생산일정 계획을 수립하고 관리하는 단계;를 포함하고,

상기 시뮬레이션을 수행하는 단계는,

각각의 모델의 입출력 포트가 모두 연결되고 각 모델의 동작 활성화 및 정보의 변경사항을 확인하기 위한 신호를 주고 받도록 구성되는 중앙 컨트롤러 모델로 구성되는 정보시스템 모델(Information system model ; Inf\_Sys)을 이용하여 상기 시뮬레이션을 위한 처리가 수행되도록 구성되는 것을 특징으로 하는 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법.

### 청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 계층적 이산사건 시뮬레이션 프레임워크 행렬을 작성하는 단계에서, 상기 계층적 이산사건 시뮬레이션 프레임워크 행렬은,

제품-공정 및 설비정보를 포함하고 각 공정에서 입출력 정보와 각 제품 정보를 연결하여 나타내는 PBS(Product Breakdown Structure) vs. WBS(Work Breakdown Structure) 행렬부; 및

각 공정에서 계층간에 연동되어야 하는 제약조건의 공유 정보를 나타내는 Attribute와 주요 공정 및 설비정보를 연결하여 나타내는 Attribute vs. WBS 행렬부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법.

**청구항 3**

제 2항에 있어서,  
 상기 PBS vs. WBS 행렬부는,  
 계층간 공유 및 제약 조건을 포함하는 정보를 나타내는 Attributes 필드;  
 공정 및 설비 정보를 포함하는 공정분할구조를 나타내는 WBS 필드;  
 공정 기반의 개략적인 모델로 구성되는 원자 모델임을 나타내는 Atomic 필드; 및  
 하위 공정 및 설비 정보를 함께 포함하여 구성되는 결합 모델임을 나타내는 Coupled 필드를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법.

**청구항 4**

제 2항에 있어서,  
 상기 Attribute vs. WBS 행렬부는,  
 제품트리구조를 나타내는 PBS 필드;  
 실제 공정에 들어가는 제품임을 나타내는 Input 필드; 및  
 공정에서 나오는 제품임을 나타내는 Output 필드를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법.

**청구항 5**

제 2항에 있어서,  
 상기 구축하는 단계는,  
 상기 PBS vs. WBS 행렬부의 내용에 근거하여 상기 목표 제조시스템의 DEVS 모델을 생성하고,  
 상기 Attribute vs. WBS 행렬부의 내용에 근거하여 상기 목표 제조시스템의 실험 프레임워크를 구축하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법.

**청구항 6**

제 1항에 있어서,  
 상기 계층적 이산사건 시뮬레이션 모델을 생성하는 단계에서, 상기 계층적 이산사건 시뮬레이션 모델은,  
 시뮬레이션의 결과값을 저장하고, 각 구성 모델별 정보의 수집 및 정리를 수행하며, 필요시 다른 레이어의 모델로 상기 시뮬레이션 결과값을 보내는 역할을 하는 Layer DB; 및  
 외부 또는 다른 레이어로부터 입력된 데이터를 통해 주요 변수값을 설정, 수정 및 저장하고, 변수의 생성과 시뮬레이션 결과를 통한 변수 생성식의 변경 및 저장 기능을 가지는 Reference DB를 포함하여 구성됨으로써,  
 초기 정보가 부족한 상태로 데이터가 입력되었을 때 상기 Reference DB 자체의 변수생성 기능을 통해 시뮬레이션이 가능하며, 연결된 하위 레이어 모델의 결과값을 분석하여 오차를 분석하고 변수 생성식의 수정을 진행하여 모델의 재사용성을 확장시킬 수 있도록 구성되는 것을 특징으로 하는 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법.

**청구항 7**

제 6항에 있어서,

상기 계층적 이산사건 시뮬레이션 모델을 생성하는 단계는,

상기 Layer DB 및 상기 Reference DB를 상기 DEVS 모델 내부가 아닌 상기 실험 프레임에 구축하는 것에 의해 일반적인 DEVS 형식(formalism)을 수정하지 않고 사용 가능하도록 구성됨으로써, 모델의 활용도를 높이는 동시에, 다른 레이어의 모델과의 연동을 통해 각 모델에서 구현해야 할 비중을 감소하여 각 시뮬레이션의 복잡도와 수행 시간을 감소하고, 모델 자체의 수정 및 보완이 용이하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법.

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

제 1항에 있어서,

상기 시뮬레이션을 수행하는 단계는,

시뮬레이션 상에서 각각의 고유 객체를 식별하기 위한 인자를 의미하는 ID;

각 객체의 이름을 나타내는 Name;

제품의 형태나 공정 설비의 종류를 포함하는 각 고유 속성치의 종류를 구분하기 위한 인자를 나타내는 Type;

다음의 공정 정보를 저장하여 시뮬레이션 상에서 부품 흐름을 결정하기 위한 정보를 나타내는 NextProcesses;

소속 위치를 결정하기 위해 계층 모델에서 각 공통 인자를 공유하기 위한 단위를 형성하는 정보를 나타내는 Plant;

각 계층(layer)의 소속 위치를 결정하기 위한 정보를 나타내는 LayerLevel;

각종 제약 조건 및 상기 Plant 내부에서 공유해야 할 사항을 계산하기 위한 수치 자료를 포함하는 인자를 저장하기 위한 Constrints;

제품 트리구조에서 상위 부품 정보를 저장하는 ParentProduct;

조립 공정에서 필수로 요구되는 현재 작업 위치를 설정하기 위한 정보를 나타내는 Preprocess; 및

설비 정보를 저장하기 위한 Resource를 포함하여 구성되는 제품-공정-설비에 대한 기본 정보 포맷에 근거하여, 상기 시뮬레이션을 위한 처리가 수행되도록 구성되는 것을 특징으로 하는 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법.

**청구항 10**

삭제

**청구항 11**

삭제

**명세서**

**기술분야**

본 발명은 생산일정을 계획하기 위한 시뮬레이션에 유용될 수 있는 새로운 접근 방식의 모델링 기법에 관한 것으로, 더 상세하게는, 예를 들면, 조선, 건설, 토목 및 플랜트 등과 같이, 거대하고 복잡한 구조물을 제작하기 위해 다양한 방식의 생산 시스템이 혼재하는 거대 주문생산형 시스템에 있어서, 생산기간 및 비용을 정확히 예측하여 공정 계획을 수립함으로써 전체 생산 일정을 효율적으로 관리하기 위한 방법에 관한 것이다.

[0001]

[0002] 또한, 본 발명은, 상기한 바와 같이 생산기간 및 비용을 정확히 예측하여 공정 계획을 수립함으로써 전체 생산 일정을 효율적으로 관리하기 위한 시뮬레이션을 수행하기 위해, 계층적 이산사건 시뮬레이션(Layered Discrete Event Simulation ; 이하, 'Layered DES' 라고도 함)의 프레임워크(Framework)를 설계하는 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0003] 일반적으로, 조선, 건설, 토목 및 플랜트 등과 같은 산업은 거대하고 복잡한 구조물을 제작하는 산업으로서, 이른바 거대 주문생산형 산업이라 불린다.

[0004] 이러한 거대 주문생산형 산업에서는, 각각의 제품들이 고객의 요구사항에 기초하여 긴 제작기간을 거쳐 주문제작되므로, 다양한 종류의 공정이 혼재하여 복잡한 생산 구조 시스템을 지니게 된다.

[0005] 여기서, 조선 산업은, 설계 당 만들어지는 제품의 수가 매우 적은 대표적인 주문생산 산업이며, 다양한 방식의 생산 시스템이 혼재하고 있는 매우 복잡한 시스템이다.

[0006] 더 상세하게는, 조선 과정에 있어서, 생산의 초기단계인 후판 전처리, 페인팅 및 프라이머 단계에서는 일반적인 대량생산 시스템과 유사하지만, 후공정으로 가면서 잡샵(Job-shop) 방식, 컨스트럭션(Construction) 방식 등의 다양한 방식이 혼재되어 있다.

[0007] 따라서 이러한 조선 산업의 생산 효율을 높이기 위해서는, 설계 초기단계에서부터 생산기간 및 비용의 정확한 예측이 필수적으로 요구된다.

[0008] 그러나 종래에는, 이러한 공정 계획이 대부분 설계자의 경험과 실적 데이터에 의존하여 수립되었고, 그로 인해 정확한 공정 계획을 수립하는 데에 어려움을 겪어왔다(참고문헌 1 및 참고문헌 2 참조).

[0009] 즉, 종래의 경험에 의존한 방법들은, 일반적인 대량생산 시스템과 다른 구조의 조선 생산 시스템의 특성으로 인해, 적용 분야가 달라질 때마다 새로운 시스템 개발에 따른 시간과 인력의 소비, 기존 시스템의 재사용이 어려움 및 상용 시스템 이용에 따른 현업의 다양한 요구 반영 등의 측면에서 한계가 있는 것이었다.

[0010] 이러한 문제점을 해결하기 위해, 최근에는, 디지털 기반 생산기법, 즉, 시뮬레이션을 적용하여 공정 계획을 수립하고자 하는 노력이 여러 가지 방면에서 진행되고 있다.

[0011] 그러나 일반적인 대량생산 시스템의 경우 설계 및 양산 체제를 모두 확립한 이후에 주문과 판매가 들어가 생산에 요구되는 모든 정보를 알고 있는 반면, 조선의 경우 선 주문 이후 설계 및 생산에 들어가므로 주문받는 당시의 제한된 정보를 통해 건조기간 및 자재 소요에 대한 예측을 하여야 한다.

[0012] 이에, 종래에는, 상기한 바와 같이 다양한 종류의 공정이 혼재하는 생산 시스템을 일괄적으로 나타내기 어려움으로 인해 공정 담당자의 경험에 의거하여 생산 일정 예측을 수행하였다(참고문헌 3 참조).

[0013] 그러나 상기한 바와 같이 경험에 근거한 방식은, 조선 산업에서 생산 경험이 있는 선종의 경우 과거의 경험에 의거하여 그 예측이 비교적 정확할 수 있으나, 그렇지 않은 경우는 영업 설계, 납기일 및 가격 추정 등의 수주

단계에서의 중요한 의사 결정시 정보의 불충분성으로 인해 정확한 판단을 보장할 수 없다는 한계가 있다.

- [0014] 이로 인해, 실제 생산 과정에서는, 수주 후 설계 및 생산을 진행하면서 설계를 구체화하고, 그에 따라 세분화된 생산 계획 및 시뮬레이션을 이용한다.
- [0015] 더 상세하게는, 일반적인 조선소의 생산 계획은 대일정-중일정-소일정을 포함하여 계층적으로 구분되며, 이는 생산 초기정보가 제한적이기 때문에 먼저 간략한 형태의 대략적인 일정계획을 수립한 후 실제 설계 및 생산을 진행하면서 상세 일정계획을 세우고 관리하기 위함으로, 초기에 수립한 일정의 수정은 불가능하므로 세부 일정계획을 이에 맞춰 나가는 방식이다(참고문헌 4 참조).
- [0016] 이때, 이전에 불충분한 정보로 추정했던 생산일정 또는 공정은 계약에 의해 결정되어졌기 때문에 무효화할 수 없으므로, 최대한 상황을 반영하여 맞추도록 하부단계의 생산일정 및 공정을 조절하게 되고, 이로 인해 조선소 내에서 예측하지 못하였던 작업의 과부하가 발생하기도 한다.
- [0017] 또한, 다른 방법으로, 종래, 자동차와 같은 대량 생산시스템에 적합하게 개발된 이산 사건 시뮬레이션(Discrete Event Simulation, DES) 도구를 조선 생산에서도 사용하려고 하는 시도들이 있었으나, 마찬가지로 상기한 특성들로 인해 현재는 일정 계획 수립이 아닌 공정, 물류 흐름과 같은 분야에서만 사용되고 있는 실정이다(참고문헌 5 참조).
- [0018] 여기서, 생산 시뮬레이션에 활용되는 이산 사건 시뮬레이션(Discrete Event Simulation, DES)은, 이산 사건 시스템 명세(Discrete Event System Specification, DEVS)를 기반으로 하는 구성되며, 즉, 시스템을 작은 모듈로 나누고 그것들로 전체 시스템을 계층적(hierarchical)으로 구성해 나가며, 각 모듈은 기본 단위의 원자(Atomic) 모델로 표현되고, 그것들의 계층적 구성은 결합(Coupled) 모델로 표현한다(참고문헌 17 참조).
- [0019] 이러한 생산 시뮬레이션은 주로 대량 생산 시스템에 특화되어 모든 정보의 정의를 통한 정확한 시뮬레이션 모델의 구성을 요구하고, 이를 통해 생산관리의 효율성을 극대화하도록 구성되어 있으므로, 이를 조선생산에 적용하는 경우, 동일 부품을 반복 생산하는 시스템이 아니기 때문에 설비정보를 기준으로 부품단위까지 시뮬레이션하는 것은 효율이 매우 낮다.
- [0020] 따라서 조선이나 건설, 토목 및 플랜트 등과 같이 거대하고 복잡한 구조물을 제작하기 위해 다양한 방식의 생산 시스템이 혼재하는 거대 주문생산형 시스템에 있어서, 시뮬레이션이라는 좋은 기술을 조선생산과 같은 시스템에 직접 적용하기에 걸림돌이 되는 종래기술의 문제점을 해결하기 위하여는 생산 초기의 제한적인 정보를 바탕으로 생산기간 및 비용을 정확히 예측하여 공정 계획을 수립함으로써 전체 생산 일정을 효율적으로 관리할 수 있어야 한다.
- [0021] [참고문헌]
- [0022] 1. 차주환, 노명일, 방경운, 이규열, "조선 공정 계획의 수립 완성도 향상을 위한 이산 사건 및 이산 시간 혼합형 시뮬레이션 프레임워크", 한국시뮬레이션학회논문지, Vol.17, No.4, pp.71-80
- [0023] 2. K.K. Lee et al.(2003), Digital Manufacturing based Modeling and Simulation of Process in Sub-assembly Lines at a Shipyard, Journal of the Korea Society for Simulation, 2003, pp. 185-192.
- [0024] 3. 방경운, 이규열, 차주환, 노명일, 김훈주(2007), "이산 사건과 이산 시간 혼합형 시뮬레이션 프레임워크의 제안과 조선 블록 탑재 공정에의 적용", 2007년도 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회, pp. 297-305

- [0025] 4. 이상협, 하승진, 민상규, 최태훈, 김형식(2002), "조선 평블록 조립공장 일정계획 시뮬레이션 시스템", 한국 경영과학회 2002 춘계공동학술대회, pp.158-162.
- [0026] 5. Y. J. Song et al.(2008), A Simulation Study for Evaluation of Alternative Plans and Making the Upper-limit for Improvement in Productivity of Flow-Shop with Considering a Work-wait Time, Journal of the Korea Society for Simulation, Vol. 17, No.2, pp. 63-74
- [0027] 6. J. G. Shin and S. J. Sohn(2000), "Simulation-Based Evaluation of Productivity for the Design of an Automated Fabrication Workshop in Shipbuilding", Journal of Ship Production, 2000, Vol.16 No.1, pp. 46-59.
- [0028] 7. J. H., Woo et al.(2006), Simulation Modeling Methodology and Simulation System Architecture for Shipbuilding Process, Society of CAD/CAM Engineer, 2006, Vol. 11, No. 1, pp. 11-19.
- [0029] 8. P. Lee et al.(2009), The Simulation System for Scheduling Validation of the Panel Block Shop, Journal of the Society of Naval Architects of Korea, 2009, Vol. 46, No. 6, pp. 641-649.
- [0030] 9. CIMdata, Inc(2003), The Benefits of Digital Manufacturing, CIMdata, Inc et DELMIA Corp, Michigan, 12pages.
- [0031] 10. H. Praehofer.(1991), "System Theoretic Foundations for Combined Discrete-Continuous System Simulation", PhD Thesis, Johannes Kepler University, Linz, Austria
- [0032] 11. H. Praehofer et al.(2001), "Concepts and Architecture of a Simulation Framework based on the JavaBeans Component Model", Journal of Future Generation on Computer Systems, Vol. 17, No. 5, pp. 539-559.
- [0033] 12. B. P. Zeigler et al.(1999), "Implementation of the DEVS Formalism over the HLA/RTI: Problems and Solutions", Simulation Interoperability Workshop (SIW), Orlando, FL, 99S-SIW-65 June. 1999
- [0034] 13. T. G. Kim(2009), DEVSim++ v3.0 Developer's Manual, Systems Modeling Simulation Lab, KAIST, 170 pages
- [0035] 14. B. P. Zeigler, H. Praehofer, H., T. G. Kim(2000), Theory of Modeling and Simulation, Academic Press, 510 pages.
- [0036] 15. B. P. Zeigler., Object Oriented Simulation with Modular, Hierarchical Models, Academic Press, 1990, 408 pages.
- [0037] 16. S. Mittal, J. L. Risco-Martin and B.P. Zeigler, DEVS/SOA: A Cross-Platform Framework for Net-centric Modeling and Simulation in DEVS Unified Process, SIMULATION, 2009, Vol. 85, No. 7, pp. 419-450
- [0038] 17. B. P. Zeigler, T. H. Cho, and J. W. Rozenblit, A Knowledge-Based Simulation Environment for Hierarchical Flexible Manufacturing, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics-part A: Systems and Humans, 1996, Vol. 26, No. 1, pp.81-90.
- [0039] 18. Y. J. Song et al.(2009), "Development of a Design Framework for Simulation Based Shipyard Layout", Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 45, No. 2, pp. 202-212, April 2008.
- [0040] 19. T Lamb et al(2004), Ship Design and Construction Volume 2 , The Society of Naval Architects and marine engineering, Jersey, 737 pages.
- [0041] 20. B.P. Zeigler et al.(1995), "DEVS Framework for Modeling, Simulation, Analysis, and Design of Hybrid Systems", Lecture Notes in Computer Science, pp. 529-551.
- [0042] 21. N. P. Suh (1990), "Axiomatic Design: Advances and Application", Oxford University Press, USA, 503 pages.
- [0043] 22. G. J. Park(2007), "Introduction to Mechanical Design", 동명사, 148 pages.
- [0044] 23. T. G. Kim and S. B. Park (1992), "The DEVS Formalism: Hierarchical Modular Systems Specification



in C++", 1992 European Simulation Multi conference, York, June 1992, pp.152-156.

- [0045] 24. S. H. Shin et al. (2011), "A Study on the Optimum Design of Cargo Tank for the LPG Carriers Considering Fabrication Cost", Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 48, No. 2, pp. 178-182.
- [0046] [선행기술문헌]
- [0047] 1. 한국 등록특허공보 제10-1193316호(2012.10.15.)
- [0048] 2. 한국 등록특허공보 제10-1021958호(2011.03.07.)
- [0049] 3. 한국 등록특허공보 제10-1051999호(2011.07.20.)
- [0050] 4. 한국 공개특허공보 제10-2012-0075544호(2012.07.09.)
- [0051] 5. 한국 공개특허공보 제10-2013-0083030호(2013.07.22.)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0052] 본 발명은 상기한 바와 같은 종래기술의 문제점을 해결하고자 하는 것으로, 따라서 본 발명의 목적은, 예를 들면, 조선, 건설, 토목 및 플랜트 등과 같이, 거대하고 복잡한 구조물을 제작하기 위해 다양한 방식의 생산 시스템이 혼재하는 거대 주문생산형 시스템에 있어서 생산기간 및 비용을 정확히 예측하여 공정 계획을 수립함으로써 전체 생산 일정을 효율적으로 관리할 수 있도록 구성되는 계층적 이산사건 시뮬레이션(Layered Discrete Event Simulation ; Layered DES)의 프레임워크(Framework) 설계방법을 제공하고자 하는 것이다,

[0053] 또한, 본 발명의 다른 목적은, 종래, 기술적 어려움으로 인해 적용되지 못하였던 다양한 방식의 생산 시스템이 혼재하는 거대 주문생산형 시스템에 적합한 시뮬레이션 기술을 적용하여 생산기간 및 비용을 정확히 예측하고 공정 계획을 수립하는 것에 의해 전체 생산 일정을 효율적으로 관리하기 위해, 객체지향적인 모델링 방법인 이산 사건 시스템 명세(Discrete Event System Specification, DEVS) 기반 모델링 기법에 근거하여, 데이터의 종류 및 양에 따라 적절하게 구성된 모델을 계층적이고 독립적인 구조로 생성하여 정보의 제약 및 변동에 유연하게 대처할 수 있도록 구성되는 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법을 제공하고자 하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0054] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위해, 본 발명에 따르면, 조선, 건설, 토목 및 플랜트를 포함하는 거대하고 복잡한 구조물을 제작하기 위해 다양한 방식의 생산 시스템이 혼재하는 거대 주문생산형 시스템에서, 객체지향적인 모델링 방법인 이산 사건 시스템 명세(Discrete Event System Specification, DEVS) 기반 모델링 기법에 근거하여 데이터의 종류 및 양에 따라 구성된 모델을 계층적이고 독립적인 구조로 생성하여 정보의 제약 및 변동에 유연하게 대처할 수 있고 상세 설계가 존재하지 않는 상황에서도 일정 계획을 미리 정확하게 예측할 수 있도록 구성되어, 시뮬레이션을 통해 생산기간 및 비용을 정확히 예측하여 공정 계획을 수립함으로써 전체 생산 일정을 효율적으로 관리할 수 있도록 하기 위한 일련의 처리를 컴퓨터나 전용의 하드웨어에 실행시키도록 구성되는 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션(Layered Discrete Event Simulation ; Layered DES) 방법에 있어서, 시뮬레이션을 수행할 목표 제조시스템(target manufacturing system)을 선정하는 단계; 상기 목표 제조시스템의 제품-공정-설비(Product-Process-Resource) 정보를 정의하는 단계; 상기 목표 제조시스템의 중요 속성(critical attributes) 정보를 정의하는 단계; 상기 목표 제조시스템의 제품-공정-설비 정보 및 상기 목표 제조시스템의 속성 정보를 이용하여 계층적 이산사건 시뮬레이션을 위한 프레임워크 행렬(Layered DES Framework Matrix)을 작성하는 단계; 상기 프레임워크 행렬을 이용하여, 상기 목표 제조시스템의 이산 사건 시스템 명세(Discrete Event System Specification ; DEVS) 모델 및 제품 시뮬레이션(production

simulation)을 위한 실험 프레임(Experimental Frame)을 각각 구축하는 단계; 각각의 상기 속성에 대한 구조(formular)를 정의하고 상기 DEVS 모델과 상기 실험 프레임을 연결하는(connect) 것에 의해 상기 목표 제조시스템 전체에 대한 계층적 이산사건 시뮬레이션 모델을 생성하는 단계; 상기 계층적 이산사건 시뮬레이션 모델을 이용하여 실제로 시뮬레이션을 수행하는 단계; 및 상기 시뮬레이션을 수행하는 단계에서 얻어진 결과에 따라 생산일정 계획을 수립하고 관리하는 단계를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법이 제공된다

[0055] 여기서, 상기 계층적 이산사건 시뮬레이션 프레임워크 행렬을 작성하는 단계에서, 상기 계층적 이산사건 시뮬레이션 프레임워크 행렬은, 제품-공정 및 설비정보를 포함하고 각 공정에서 입출력 정보와 각 제품 정보를 연결하여 나타내는 PBS(Product Breakdown Structure) vs. WBS(Work Breakdown Structure) 행렬부; 및 각 공정에서 계층간에 연동되어야 하는 제약조건의 공유 정보를 나타내는 Attribute와 주요 공정 및 설비정보를 연결하여 나타내는 Attribute vs. WBS 행렬부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0056] 또한, 상기 PBS vs. WBS 행렬부는, 계층간 공유 및 제약 조건을 포함하는 정보를 나타내는 Attributes 필드; 공정 및 설비 정보를 포함하는 공정분할구조를 나타내는 WBS 필드; 공정 기반의 개략적인 모델로 구성되는 원자 모델임을 나타내는 Atomic 필드; 및 하위 공정 및 설비 정보를 함께 포함하여 구성되는 결합 모델임을 나타내는 Coupled 필드를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0057] 아울러, 상기 Attribute vs. WBS 행렬부는, 제품트리구조를 나타내는 PBS 필드; 실제 공정에 들어가는 제품임을 나타내는 Input 필드; 및 공정에서 나오는 제품임을 나타내는 Output 필드를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0058] 더욱이, 상기 구축하는 단계는, 상기 PBS vs. WBS 행렬부의 내용에 근거하여 상기 목표 제조시스템의 DEVS 모델을 생성하고, 상기 Attribute vs. WBS 행렬부의 내용에 근거하여 상기 목표 제조시스템의 실험 프레임을 구축하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0059] 또한, 상기 계층적 이산사건 시뮬레이션 모델을 생성하는 단계에서, 상기 계층적 이산사건 시뮬레이션 모델은, 시뮬레이션의 결과값을 저장하고, 각 구성 모델별 정보의 수집 및 정리를 수행하며, 필요시 다른 레이어의 모델로 상기 시뮬레이션 결과값을 보내는 역할을 하는 Layer DB; 및 외부 또는 다른 레이어로부터 입력된 데이터를 통해 주요 변수값을 설정, 수정 및 저장하고, 변수의 생성과 시뮬레이션 결과를 통한 변수 생성식의 변경 및 저장 기능을 가지는 Reference DB를 포함하여 구성됨으로써, 초기 정보가 부족한 상태로 데이터가 입력되었을 때 상기 Reference DB 자체의 변수생성 기능을 통해 시뮬레이션이 가능하며, 연결된 하위 레이어 모델의 결과값을 분석하여 오차를 분석하고 변수 생성식의 수정을 진행하여 모델의 재사용성을 확장시킬 수 있도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0060] 아울러, 상기 계층적 이산사건 시뮬레이션 모델을 생성하는 단계는, 상기 Layer DB 및 상기 Reference DB를 상기 DEVS 모델 내부가 아닌 상기 실험 프레임에 구축하는 것에 의해 일반적인 DEVS 형식(formalism)을 수정하지 않고 사용 가능하도록 구성됨으로써, 모델의 활용도를 높이는 동시에, 다른 레이어의 모델과의 연동을 통해 각 모델에서 구현해야 할 비중을 감소하여 각 시뮬레이션의 복잡도와 수행 시간을 감소하고, 모델 자체의 수정 및 보완이 용이하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0061] 더욱이, 상기 시뮬레이션을 수행하는 단계는, 각각의 모델의 입출력 포트가 모두 연결되고 각 모델의 동작 활성화 및 정보의 변경사항을 확인하기 위한 신호를 주고 받도록 구성되는 중앙 컨트롤러 모델로 구성되는 정보시스템 모델(Information system model ; Inf\_Sys)을 이용하여 상기 시뮬레이션을 위한 처리가 수행되도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0062] 또한, 상기 시뮬레이션을 수행하는 단계는, 시뮬레이션 상에서 각각의 고유 객체를 식별하기 위한 인자를 의미하는 ID; 각 개체의 이름을 나타내는 Name; 제품의 형태나 공정 설비의 종류를 포함하는 각 고유 속성치의 종류를 구분하기 위한 인자를 나타내는 Type; 다음의 공정 정보를 저장하여 시뮬레이션 상에서 부품 흐름을 결정하기 위한 정보를 나타내는 NextProcesses; 소속 위치를 결정하기 위해 계층 모델에서 각 공통 인자를 공유하기 위한 단위를 형성하는 정보를 나타내는 Plant; 각 계층(layer)의 소속 위치를 결정하기 위한 정보를 나타내는 LayerLevel; 각종 제약 조건 및 상기 Plant 내부에서 공유해야 할 사항을 계산하기 위한 수치 자료를 포함하는 인자를 저장하기 위한 Constraints; 제품 트리구조에서 상위 부품 정보를 저장하는 ParentProduct; 조립 공정에서 필수로 요구되는 현재 작업 위치를 설정하기 위한 정보를 나타내는 Preprocess; 및 설비 정보를 저장하기 위한 Resource를 포함하여 구성되는 제품-공정-설비에 대한 기본 정보 포맷에 근거하여, 상기 시뮬레이션을 위한 처리가 수행되도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0063] 아울러, 본 발명에 따르면, 상기에 기재된 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법을 컴퓨터에 실행시키도록 구성되는 프로그램이 기록된 기록매체가 제공된다.

[0064] 더욱이, 본 발명에 따르면, 조선, 건설, 토목 및 플랜트를 포함하는 거대하고 복잡한 구조물을 제작하기 위해 다양한 방식의 생산 시스템이 혼재하는 거대 주문생산형 시스템에서, 객체지향적인 모델링 방법인 이산 사건 시스템 명세(DEVS) 기반 모델링 기법에 근거하여 데이터의 종류 및 양에 따라 구성된 모델을 계층적이고 독립적인 구조로 생성하여 정보의 제약 및 변동에 유연하게 대처할 수 있고 상세 설계가 존재하지 않는 상황에서도 일정 계획을 미리 정확하게 예측할 수 있도록 구성되는 위한 생산일정 예측 및 관리시스템에 있어서, 상기에 기재된 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법을 이용하여 시뮬레이션을 수행함으로써, 생산 기간 및 비용을 정확히 예측하여 공정 계획을 수립하고 전체 생산 일정을 효율적으로 관리할 수 있도록 구성되는 것을 특징으로 하는 생산일정 예측 및 관리시스템이 제공된다.

**발명의 효과**

[0065] 상기한 바와 같이, 본 발명에 따르면, 객체지향적인 모델링 방법인 이산 사건 시스템 명세(DEVS) 기반 모델링 기법에 근거하여 데이터의 종류 및 양에 따라 적절하게 구성된 모델을 계층적이고 독립적인 구조로 생성하여 정보의 제약 및 변동에 유연하게 대처할 수 있도록 구성되는 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법이 제공됨으로써, 예를 들면, 조선, 건설, 토목 및 플랜트 등과 같이, 거대하고 복잡한 구조물을 제작하기 위해 다양한 방식의 생산 시스템이 혼재하는 거대 주문생산형 시스템에서 시뮬레이션을 통하여 생산기간 및 비용을 정확히 예측하여 공정 계획을 수립할 수 있으며, 그것에 의해, 전체 생산 일정을 효율적으로 관리할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0066] 도 1은 조선소의 계층화된 생산일정 계획의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.  
 도 2는 제품 정보의 일반적인 정의 형태인 제품분할구조도(Product Breakdown Structure, PBS)를 나타내는 도면이다.  
 도 3은 일반적인 조선소에서 구성할 수 있는 공정 정보의 일반적인 정의 형태인 공정보분할구조도(Work Breakdown Structure, WBS)를 나타내는 도면이다.  
 도 4는 본 발명에 따른 계층적 이산사건 시뮬레이션 프레임워크의 계층화 모델의 구동 구조를 나타내는 도면이다.  
 도 5는 본 발명에 따른 계층적 이산사건 시뮬레이션 모델의 구조를 개략적으로 나타내는 도면이다.  
 도 6은 제품-공정-설비 정보에 기반하여 본 발명에 따른 계층화 모델의 구성 및 상호 연결정보를 생성하기 위한

모델생성 행렬의 내용을 나타내는 도면이다.

도 7은 도 6에 나타난 모델생성 행렬의 실제 구성예를 나타내는 도면이다.

도 8은 도 7에 나타난 모델생성 행렬의 내용에 따라 생성된 모델의 구성예를 나타내는 도면이다.

도 9는 도 8에 나타난 모델에 속성정보 행렬을 이용하여 생성되는 최종 시뮬레이션 모델의 구성예를 나타내는 도면이다.

도 10은 계층화된 모델간의 연결관계에 대한 예를 나타내는 도면이다.

도 11은 본 발명의 실시예에 따른 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 플로차트이다.

도 12는 정보시스템 모델(Information system model)의 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 13은 도 12에 나타난 정보시스템 모델(Information system model)에 적용되는 기본 정보 포맷의 구성예를 나타내는 도면이다.

도 14는 비조립 공정 모델에 대한 내부 논리구조를 나타내는 플로차트이다.

도 15는 비조립 공정에 대한 실제 구동 논리구조를 나타내는 플로차트이다.

도 16은 조립 공정 모델에 대한 내부 논리구조를 나타내는 플로차트이다.

도 17은 조립 공정에 대한 실제 구동 논리구조를 나타내는 플로차트이다.

도 18은 본 발명의 실시예에 따른 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법의 성능을 검증하기 위한 시뮬레이션에 적용된 선행일정에 포함되는 공정 정보를 나타내는 도면이다.

도 19는 본 발명의 실시예에 따른 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법의 성능을 검증하기 위한 시뮬레이션을 수행하기 위하여 사전 정의된 선행공정의 제품분할구조도(Product Breakdown Structure, PBS)를 나타내는 도면이다.

도 20은 본 발명의 실시예에 따른 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법의 성능을 검증하기 위한 시뮬레이션을 수행하기 위하여 사전 정의된 선행공정의 작업분할구조도(Work Breakdown Structure, WBS)를 각각 나타내는 도면이다.

도 21은 본 발명의 실시예에 따른 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법의 성능을 검증하기 위한 시뮬레이션에 적용된 생산을 위한 기본적인 주요 변수 속성치(Attributes)를 표로 정리하여 나타내는 도면이다.

도 22는 사전 정의 정보를 이용하여 작성한 계층적 DES 프레임워크 행렬의 구성을 나타내는 도면이다.

도 23은 각 모델별 변수의 흐름 관계를 나타내는 도면이다.

도 24는 DEVSIM++를 이용하여 구성된 Layer1 모델의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 25는 Layer1 모델에서 기록하는 변수 값의 정의를 표로 정리하여 나타내는 도면이다.

도 26은 DEVSIM++를 이용하여 구성된 Layer2 모델의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 27은 Layer2 모델에서 기록하는 변수 값의 정의를 표로 정리하여 나타내는 도면이다.

도 28은 Layer 1 모델에 대하여 시뮬레이션을 수행한 결과를 나타내는 도면이다.

도 29는 Layer2 모델에 대하여 시뮬레이션을 수행한 결과를 나타내는 도면이다.

도 30은 Layer 1 모델에 대하여 변수값을 수정하여 재차 시뮬레이션을 수행한 결과를 나타내는 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0067]

이하, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명에 따른 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법의 구체적인 실시예에 대하여 설명한다.

- [0068] 여기서, 이하에 설명하는 내용은 본 발명을 실시하기 위한 하나의 실시예일 뿐이며, 본 발명은 이하에 설명하는 실시예의 내용으로만 한정되는 것은 아니라는 사실에 유념해야 한다.
- [0069] 또한, 이하의 본 발명의 실시예에 대한 설명에 있어서, 종래기술의 내용과 동일 또는 유사하거나 당업자의 수준에서 용이하게 이해하고 실시할 수 있다고 판단되는 부분에 대하여는, 설명을 간략히 하기 위해 그 상세한 설명을 생략하였음에 유념해야 한다.
- [0070] 즉, 본 발명에 따르면, 후술하는 바와 같이, 시물레이션을 수행할 목표 제조시스템(target manufacturing system)을 선정하고, 목표 제조시스템의 제품-공정-설비(Product-Process-Resource) 정보 및 중요 속성(critical attributes) 정보를 정의하여, 이러한 제품-공정-설비 정보 및 속성 정보를 이용하여 계층적 이산사건 시물레이션을 위한 프레임워크 행렬(Layered DES Framework Matrix)을 작성하고, 이러한 프레임워크 행렬을 이용하여 목표 제조시스템의 이산 사건 시스템 명세(Discrete Event System Specification ; DEVS) 모델 및 제품 시물레이션(production simulation)을 위한 실험 프레임(Experimental Frame)을 각각 구축한 후, 각각의 속성에 대한 구조(formular)를 정의하고 상기 DEVS 모델과 상기한 실험 프레임을 연결하는(connect) 것에 의해 목표 제조시스템 전체에 대한 계층적 이산사건 시물레이션 모델을 생성하고, 생성된 계층적 이산사건 시물레이션 모델을 이용하여 실제로 시물레이션을 수행하여 얻어진 결과에 따라 생산일정 계획을 수립하고 관리하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시물레이션 방법이 제공된다.
- [0071] 더 상세하게는, 기존의 이산 사건 시물레이션 방법은 하나의 대상 시스템(조선에서는 공정)에 대해 하나의 모델을 생성하여 시물레이션을 진행하는 반면, 본 발명에 따른 계층적 이산사건 시물레이션 방법은, 하나의 대상에 대하여 여러 묘사 레벨을 구분하는 구조를 가지며, 이때, 같은 대상을 묘사하는 모델들은 세부 묘사 정도에 따라 계층 레벨(Layer level)이 다르게 구분되고, 각 구분된 모델은 내부 모델 구성 및 입력 구조가 다르며, 독립적인 작업 수행이 가능한 별개의 모델로 구성되고, 단지 기본적인 제약정보를 공유하는 구조를 지닌다.
- [0072] 또한, 동일 시스템을 묘사하는 모델간의 제약 조건을 공유하기 위해, 같은 대상을 묘사하는 모델들은 별도의 식별정보를 저장하며, 소속 레벨(Level)이 아래로 갈수록 더욱 상세화된 자료를 지닌 상태에서 구동이 가능해지며, 반대로 최상위 레벨(Level)의 모델은 가장 단순화된 구조를 지닌다.
- [0073] 이러한 구조적 특징으로 인해, 본 발명에 따르면, 하위 모델로 갈수록 원자모델의 수가 증가하며, 각 원자모델을 모으는 결합모델을 기준으로 각각이 단독적인 구동이 가능하며, 획일화되지 못한 제품 정보가 존재하는 조건에서 각각 제품 정보에 맞는 모델환경을 제공할 수 있으므로 종래의 방법에 비해 보다 좋은 결과를 얻을 수 있다.
- [0074] 아울러, 이러한 계층적 이산사건 시물레이션 모델을 일률적이고 간편하게 정의하기 위해, 본 발명에서는, 후술하는 바와 같이, 제품-공정 및 설비정보를 포함하고 각 공정에서 입출력 정보와 각 제품 정보를 연결하여 나타내는 PBS(Product Breakdown Structure) vs. WBS(Work Breakdown Structure) 행렬부 및 각 공정에서 계층간에 연동되어야 하는 제약조건의 공유 정보를 나타내는 Attribute와 주요 공정 및 설비정보를 연결하여 나타내는 Attribute vs. WBS 행렬부를 포함하여 구성되는 계층적 이산사건 시물레이션 프레임워크 행렬을 개발하였다.
- [0075] 더욱이, 본 발명에 따른 계층적 이산사건 시물레이션 모델 구조는, 후술하는 바와 같이, 시물레이션의 결과값을 저장하고 각 구성 모델별 정보의 수집 및 정리를 수행하며, 필요시 다른 레이어의 모델로 시물레이션 결과값을 보내는 역할을 하는 Layer DB 및 외부 또는 다른 레이어로부터 입력된 데이터를 통해 주요 변수값을 설정, 수정 및 저장하고 변수의 생성과 시물레이션 결과를 통한 변수 생성식의 변경 및 저장 기능을 가지는 Reference DB를 포함하여 구성됨으로써, 초기 정보가 부족한 상태로 데이터가 입력되었을 때 상기 Reference DB 자체의 변수생성 기능을 통해 시물레이션이 가능하며, 연결된 하위 레이어 모델의 결과값을 분석하여 오차를 분석하고 변수



생성식의 수정을 진행하여 모델의 재사용성을 확장시킬 수 있도록 구성된다.

- [0076] 즉, 일반적으로, 생산 시물레이션을 수행하기 위하여 각각 개별적인 모델을 만드는 것은 비효율적이며 재사용성에 있어서도 매우 불리하므로 표준 포맷을 맞추어 모델을 수립하며, 이때, 개발하는 모델의 경우 종류가 많아질수록 복잡해지고 모델의 재사용성이 떨어지나 보다 시물레이션 본연의 기능에는 충실할 수 있는 반면, 모델의 표준화를 위해 하나의 형태로 단순화할 경우는 공통 인자를 정리하여 재사용성을 높일 수 있다.
- [0077] 이에, 본 발명에서는, 후술하는 바와 같이, 계층화 기능 구현과 관련하여 모델을 단순화하여 구분하는 방식을 택하였고, 조선 생산 예제를 작성하는데 있어서 조립/비조립으로 크게 구분하였다.
- [0078] 또한, 본 발명에 따른 계층적 이산사건 시물레이션 모델 구조는, 후술하는 바와 같이, 각각의 모델의 입출력 포트가 모두 연결되고 각 모델의 동작 활성화 및 정보의 변경사항을 확인하기 위한 신호를 주고 받도록 구성되는 중앙 컨트롤러 모델로 구성되는 정보시스템 모델(Information system model ; Inf\_Sys)을 이용하여 시물레이션을 위한 처리가 수행되도록 구성된 것을 특징으로 한다.
- [0079] 즉, 이러한 시물레이션 모델 구조는, 생산 시물레이션에서 부품에 해당하는 이벤트 객체가 각 모델을 순차적으로 이동하여 진행되는 일반적인 생산 시물레이션과 달리, 부품 정보가 각 모델을 이동하지 않으며, 모든 공정 모델은 정보시스템 모델과 연결되는 구조를 가짐으로써, 일반적인 생산 시물레이션 방식을 사용할 경우에 야기되는 각 모델 간의 제약 조건의 공유, 각종 연결구조 정의 문제 등을 쉽게 해결 가능하다.
- [0080] 여기서, 모델의 연결은, 실제 공정에서의 제품의 이동경로와는 별개로, 각각의 공정 모델의 입출력 포트는 전부 정보시스템 모델과 연결되고, 이때, 일반적인 제품 정보가 아닌 모델의 동작 활성화 및 정보의 변경사항을 확인하기 위한 신호를 주고 받는다.
- [0081] 따라서, 시물레이션의 구동 중에도 각각의 모델 간에 파트 이동이 이루어지지 않으며, 이로 인하여 모델 간의 연결 문제가 해결될 수 있고, 즉, 모델 간의 실행 및 정보 변경은 정보시스템 모델과의 신호값 교환을 통해 진행되며, 보다 단순화된 형태를 지닌다.
- [0082] 계속해서, 상기한 바와 같이 구성되는 본 발명에 따른 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시물레이션 방법의 구체적인 내용에 대하여 설명한다.
- [0083] 종래, 조선 산업에 있어서, 조선 CIM(Computer Integrated Manufacturing)을 구축하기 위한 여러 가지 연구가 진행된 바 있으며, 그 중, 예를 들면, Shin, J.G. and Sohn, S.J는, 혁신적인 시물레이션 기반 설계(Evolutionary simulation based design)라는 개발 방법론을 제안하고 조선소의 성형공장에 대한 사례분석을 수행하였으나(참고문헌 6 참조), 이는 추상적인 방법론 정리에 비중이 컸고 실제 선박 건조에 적용하는데에는 다소 부족한 점이 있었다.
- [0084] 또한, 우중훈은 PLM(Product Lifecycle Management) 기반의 e-manufacturing 방법론을 제안하면서 시물레이션 모델과 DB(Database)의 연동을 비롯한 시물레이션 아키텍처를 구현하였으나(참고문헌 7 참조), 이에 핵심이 되는 시물레이션 엔진은 기존의 상용 DES 툴인 QUEST를 사용하여 기존 DES 툴을 이용하는 경우 발생하는 문제점들에 대한 해결이 미흡했다.

- [0085] 아울러, 이필립의 연구는 디지털 제조(Digital Manufacturing) 분야에서 문제가 되는 시뮬레이션 모델의 이용사항에 대한 문제점을 지적하고 시뮬레이션 표준 시뮬레이션 모델을 정의하여 조선 생산 관넬 블록 공정에 적용하였으나(참고문헌 8 참조), 이는 시뮬레이션 모델의 재사용성 및 활용폭을 증대시켰다는데 의의가 있을 뿐, 시뮬레이션 데이터를 축적하고 이를 활용하는 부분에 있어서 부족한 점이 있었다.
- [0086] 상기한 바와 같이, 기존의 연구들의 경우 여러 가지 한계점들을 많이 내포하고 있어 전체 공정에 대한 적용이 어렵거나 상용 시스템에 의지하여 공정 일정 계획 수립을 위한 시뮬레이션으로 적합하지 않았다.
- [0087] 특히, 종래의 방법들은, 조선소라는 거대 복잡 시스템의 특성상 공정 전체를 아우르기보다 일부 공정에 한정되어 진행되는 케이스가 많았고, 일정 예측이 주가 아니어서 상용 시스템의 사용으로 인한 한계점을 지닌 경우가 많았다.
- [0088] 또한, 상용 시뮬레이션 시스템에 대하여는, 대표적인 상용 시뮬레이션 시스템으로 e-Manufacturing의 다양한 분야에서 폭 넓게 사용되는 DELMIA(Digital Enterprise Lean Manufacturing Interactive Applications)가 있다(참고문헌 9 참조).
- [0089] 더 상세하게는, DELMIA는, 디지털 생산의 모든 영역에 있어서 포괄적인 시뮬레이션 시스템을 제공하며 공정 설비의 레이아웃과 공정 흐름을 모델링하는 QUEST, 로봇의 워크셀을 모델링하고 설계, 평가하는 IGRIP/ULTRA's, 디지털 프로토타입 제작을 위한 3D 환경을 제공하는 ENVISION, 가공공정을 검증하고 최적화하는 Virtual NC, 작업자의 동작 및 업무를 분석하는 ERGO와 같이 용도에 맞게 여러 모듈로 나누어져 있다.
- [0090] 이 중, DELMIA QUEST(QUEuing Event Simaultion Tool)은 가장 대표적인 이산사건 시뮬레이션 솔루션으로, 3차원 그래픽 환경을 제공하여 공장 설비의 레이아웃과 공정 흐름을 효율적으로 모델링하고 대상 시스템을 분석, 검증한다.
- [0091] 그러나 특히, 초기 생산 일정 시뮬레이션을 수행하기 위해서는 전체 공정을 아우를 수 있는 모듈이 요구되는데 반해, QUEST의 경우 DELMIA 시스템에서 제공하는 자체 모델 형식만 사용 가능하고, 실제 시뮬레이션을 하기 위해서는 모든 생산 관련 정보가 DELMIA에서 제공하는 형식에 알맞게 정의되어야 하여, 생산 초기에 일정 계획을 예측하기 위한 시뮬레이션에는 적용이 불가능하다는 문제가 있다.
- [0092] 또한, 일정 예측의 경우, 공정을 진행하면서 나타나는 여러 데이터들을 이용하여 모델을 개선 시키거나, 새로운 모델을 구성하여 시뮬레이션을 통한 예측 결과값을 개선시켜야 하는데, 이러한 부분에 있어서도 QUEST는 한계점이 있다.
- [0093] 즉, 조선 생산의 예를 들면, 조선소의 경우, 상세 정보가 정의되지 않은 새로 수주하는 선종과 이미 상세 설계가 진행되어 생산되고 있는 선종이 존재하고, 이러한 서로 다른 정보 레벨을 혼합하여 각 선종별 생산 기일을 예측해야 하나, QUEST와 같은 일반적인 생산 시뮬레이션 시스템의 경우 다양한 정보 레벨을 반영한 시뮬레이션을 구축하는데 한계가 있다.
- [0094] 이에, 본 발명자들은, QUEST에서 적용하는 이산 사건 시뮬레이션의 장점을 수용하면서, 상기한 일정 계획 예측을 위한 한계점들을 극복하여 일정 계획 시스템 시뮬레이션이 가능하도록 구현된 계층적 이산사건 시뮬레이션 프레임워크(Layered DES Framework)를 제안하였다.

- [0095] 계속해서, 본 발명에 따른 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법의 구체적인 내용을 설명하기 전에, 먼저, 이산 사건 시뮬레이션(Discrete Event Simulation ; DES)의 개념에 대하여 설명한다.
- [0096] 즉, 이산 사건 시뮬레이션(Discrete Event Simulation, DES)은 특정한 이벤트에 따라 모델의 상태 변수를 변경시키며 진행되는 특징을 지니는 시뮬레이션을 의미한다(참고문헌 10 및 참고문헌 11 참조).
- [0097] 이러한 이산 사건 시뮬레이션은, 이산 사건 시스템 명세(DEVS)를 기본으로 하여 대상 시스템을 목적에 맞게 변경하여 만든 시뮬레이션 모델과, 모델의 상태 변수를 변경시키는 이벤트들을 발생 시간 순서대로 나열하여 순차적으로 처리하는 구조로 이벤트가 처리될 때 모델의 상태변수를 변경시키고 시뮬레이션의 시간을 진행시키는 시뮬레이션 엔진으로 구성된다(참고문헌 12 참조).
- [0098] 또한, 이하에 설명하는 본 발명의 실시예에서는, 대상 시스템을 묘사하는 이산 사건 시뮬레이션 모델링에 중점을 두어 진행하였고, 이를 확인하기 위한 시뮬레이션 엔진으로는 DEVS 형식론과 추상 시뮬레이션 알고리즘을 C++로 구현한 DEVSsim++을 활용하였다(참고문헌 13 참조).
- [0099] 다음으로, 이산 사건 시스템 명세(DEVS)에 대하여 설명하면, 이하에 설명하는 본 발명의 실시예에서 사용되는 시뮬레이션 모델링은 Zeigler에 의해 개발되어 이산사건 모델들의 계층구조적 모듈화 방법을 제공하는 형식론인 DEVS(Discrete Event System Specification)에 따른다(참고문헌 14 내지 참고문헌 16 참조).
- [0100] 즉, DEVS는 이산 사건 시뮬레이션(DES)의 기본이 되는 이론으로, 시스템을 작은 모듈로 나누고 그것들로 전체 시스템을 계층적(hierarchical)으로 구성해 나가며, 각 모듈은 기본 단위의 원자(Atomic) 모델로 표현되고, 그것들의 계층적 구성은 결합(Coupled) 모델로 표현한다(참고문헌 17 참조).
- [0101] 여기서, 상기한 계층적(hierarchical)의 의미는 본 발명에서 제안하는 계층적(Layered)의 개념과는 다른 의미임에 유념해야 한다.
- [0102] 또한, 결합모델은 하위의 여러 모델의 관계를 정의하는 역할을 하는 것으로, 모델의 상태천이와 시뮬레이션의 시간을 변경하는 원자 모델과 달리 각 모델간의 연결관계 및 우선순위를 결정한다.
- [0103] 즉, 결합모델은 원자모델을 묶어주는 역할을 하며, 이를 통해 복잡한 모델을 계층적인 구조로 정리하여 구현한다.
- [0104] 이러한 특징은 복잡한 시스템에 적용되었을 때 정보를 체계적으로 정리하고 반영하는데 유용하기 때문에 다수의 시뮬레이션이 요구되는 시스템들이 DEVS 명세를 이용하여 시스템 자체를 DEVS 모델화하고 이를 시뮬레이션 엔진과 연동하여 시뮬레이션을 수행한다.
- [0105] 계속해서, 생산 일정 계획 수립을 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 프레임워크(Layered DES Framework)의 구체적인 내용에 대하여 설명한다.
- [0106] 상기한 바와 같이, 거대 주문 생산 산업은, 설계당 제품 생산의 수가 적으므로 항상 새로운 디자인의 개발을 요



구하면서도 제품당 가격이 매우 비싸고, 그로 인해 제품의 주문을 받은 후에 제작을 시작하는 구조를 가진다.

- [0107] 따라서 이러한 구조적 특징으로 인해 거대 주문 생산 산업에서는 일정 예측 시뮬레이션을 적용하는데 문제가 발생하게 되며, 이에, 이하에 설명하는 실시예에 있어서, 본 발명자들은 조선 산업을 기준으로 일정 계획 시뮬레이션을 위한 요구 사항을 분석하였다.
- [0108] 즉, 선박은 대부분 고객의 요구사항에 기초하여 주문 제작되고, 여러 가지 생산 과정을 거쳐 고객이 원하는 시점에 인도되는 고가의 맞춤형 상품이며, 또한, 조선소라는 하나의 시스템 안에 다양한 종류의 공정이 존재하고, 공정 및 설비 정보가 혼용되어 복잡한 시스템을 이루기 때문에 이에 대한 일률적인 정의가 어렵기 때문에(참고 문헌 18 참조), 일반적으로, 조선소에서는, 계층화된 방식의 생산 일정 계획을 수립한다(참고문헌 19 참조).
- [0109] 더 상세하게는, 도 1을 참조하면, 도 1은 조선소의 계층화된 생산일정 계획의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0110] 도 1에 있어서, 대일정 계획(Master Schedule)은 선표 계획으로 선박의 수주 상황을 고려한 각 도크의 운영 계획이고, 그 아래의 중일정 계획은 선표 계획을 기초로 부하를 고려한 선박 건조 기본 일정과 단위 공장에 대한 일정 계획이며, 그 아래의 소일정 계획은 중일정 계획을 기초로 하여 수립되는 단위 공장별 상세 일정 계획이다.
- [0111] 여기서, 이러한 일정 계획은, 상기한 바와 같이 수주단계에서 전체 일정에 대한 예측을 하여야 하므로, 대일정 단계의 예측을 통해 건조기간을 미리 정하고, 추후에 세부 공정 일정을 미리 정해진 일정계획에 맞춰 수행한다.
- [0112] 아울러, 선박 인도 일정의 수정은 불가능하므로, 따라서 첫 대일정의 예측에 오차가 많을 경우 불가피한 잔업이 생기게 되고, 반대의 경우에는 작업의 능률을 떨어트리게 된다.
- [0113] 더욱이, 조선 산업은, 거대 공장 시스템임에도 불구하고, 단일 품목에 대하여 대량 생산을 하는 시스템이 아니기 때문에 동일한 부품의 반복적인 생산이 적고, 각 부품의 가공 정보가 미리 정해져 있지 않음에도 불구하고 대략의 계획과 일정 계획이 요구되는 시스템이다.
- [0114] 또한, 이러한 시스템을 구현할 DES의 요구 사항에 대해서는, DES가 기반하고 있는 DEVS 이론의 특성상 시스템의 검증이 매우 용이하며, 실제 시스템과 가상의 모델 사이의 1 대 1 대응이 자연스럽게 때문에, 조선 생산 시스템과 같은 거대 복잡 시스템에 적용이 용이하고, 이로 인해 많은 상용 시뮬레이션 시스템들이 DEVS 기반으로 작성되고 있다(참고문헌 20 참조).
- [0115] 그러나 기존의 상용 DES 시스템들은, 주로 대량 생산 시스템에 특화되어 모든 정보의 정의를 통한 정확한 시뮬레이션 모델의 구성을 요구하고, 이를 통해 생산관리의 효율성을 극대화하도록 구성되어 있으므로, 이를 조선 생산에 적용하는 경우, 동일 부품을 반복 생산하는 시스템이 아니기 때문에 설비정보를 기준으로 부품단위까지 시뮬레이션하는 것은 효율이 매우 낮다.
- [0116] 아울러, 주문 이후 설계 및 생산에 들어가기 때문에, 주문받는 당시의 제한된 정보를 통해 건조기간 및 자재소요에 대한 예측이 요구되므로 초기 시뮬레이션 단계에서 각 부품 및 기계(machine 또는 서버 등)의 각 엔티티(entity)의 수행시간이 미리 정해져 있지 않다는 것도 중요 요인으로 작용한다.

- [0117] 이는, 조선 생산 시스템의 특성 중 하나로, 특정 부품을 위한 전문화된 기계를 사용하는 경우가 드물고, 생산의 시간적 흐름상 필요한 정보가 존재하지 않는 상태에서 미리 일정계획과 공정계획을 작성해야 하기 때문에 발생하는 문제점이다.
- [0118] 따라서 이러한 문제점을 해소하기 위하여는, 선박을 수주할 때 상세 설계가 존재하지 않는 상황에서도 일정 계획을 미리 정확하게 예측할 수 있는 시뮬레이션 시스템의 개발이 요구되며, 이를 위해 부정확한 결과값을 보완하기 위한 데이터 베이스 연동과 공정 진행 중에 변경 및 추가되는 정보를 이용한 시뮬레이션의 개선이 요구된다.
- [0119] 이에, 본 발명자들은, 상기한 바와 같은 선박 생산 일정 계획 및 상용 DES의 보완사항을 반영하여, 다음과 같이 일정 계획 시뮬레이션의 요구 사항을 정리하였다.
- [0120] [생산 일정 시뮬레이션의 요구사항]
- [0121] - 현업 일정 계획 시스템의 반영
- [0122] - 대-중-소로 이어지는 일정 계획 구조의 반영
- [0123] - 경험적 일정 수립 방법 및 생산 DB의 활용
- [0124] - 제한적인 정보를 이용하여 시뮬레이션 진행이 가능
- [0125] - 생산을 진행하면서 시뮬레이션 및 예측 결과의 개선이 가능
- [0126] - 전체 공정 단계를 포괄함
- [0127] - 공정과 설비 정보를 자연스럽게 혼용 가능하게 함
- [0128] - 모델의 복잡도를 감소시킴
- [0129] - 표준화된 프레임워크의 제공
- [0130] - 적용 및 수정이 용이
- [0131] - 재사용성의 증가
- [0132] 계속해서, 상기한 바와 같은 요구사항들을 고려하여 구성된 본 발명의 실시실시에 따른 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 (Layred DES) 방법의 구체적인 내용에 대하여 설명한다.
- [0133] 여기서, 이하에 설명하는 본 발명의 실시예에서는, 조선 산업의 분석을 통하여 거대 주문생산형 시스템의 특성과 일정 계획 시뮬레이션 시스템 구축을 위한 요구 사항에 대하여 분석하고, 이를 통해 레이어 개념을 이용한 모델의 계층적 분화 및 시스템의 레이어 모델링을 체계화할 수 있는 표준화된 모델링 기법을 포함하는 계층적 이산사건 시뮬레이션 프레임워크(Layred DES Framework) 및 이를 이용한 시뮬레이션 방법을 제시하였으나, 본 발명은 반드시 조선 산업의 경우에만 한정되는 것은 아니며, 즉, 본 발명은, 조선 산업 이외에, 다양한 형태의 거대 주문생산형 시스템의 경우에 각각 적절하게 적용 가능한 것임에 유념해야 한다.
- [0134] 또한, 본 발명에 있어서, 레이어 개념은 하나의 시스템을 명세하는 모델을 묘사 정도에 따라 계층화시켜 구분함과 동시에 각 레이어에 속한 내부 구성 모델이 독립적으로 동작이 가능한 개념을 의미하며, 생산 관리에서 기초가 되는 제품(Product)-공정(Process)-설비(Resource)를 기반으로 제공 정보에 알맞게 모델을 단순화하여 구성하는 기능을 구현한다.

- [0135] 이러한 개념은 대-중-소 레벨로 분화시켜 관리하는 조선소의 일정관리 시스템과도 부합하며, 제품 및 공정관리의 적용에도 크게 문제가 되지 않는다.
- [0136] 더 상세하게는, 도 2 및 도 3을 참조하면, 도 2 및 도 3은 각각 생산 공정에서 제품과 공정 정보의 일반적인 정의 형태인 제품분할구조도(Product Breakdown Structure, PBS)와 공정분할구조도(Work Breakdown Structure, WBS)를 나타내는 도면이다.
- [0137] 도 2 및 도 3에 나타난 바와 같이, 생산 공정에서 제품과 공정은 최상위의 구조 또는 공정을 중심으로 수립하는 트리 구조를 지니고 있고, 이러한 구조는 제품과 공정을 계층화하여 구분하고 세분화시킨다.
- [0138] 따라서 본 발명에서는, 이를 활용하여 보다 효율적인 모델링을 할 수 있도록 도와주는 프레임워크를 고안하였고, 개념 설계 방법론의 하나인 공리적 설계 방법론(참고문헌 21 및 참고문헌 22 참조)과 같은 형태의 행렬을 통해 이를 구현하였다.
- [0139] 이때, 핵심이 되는 정보는 PBS와 WBS로 공리적 설계에서 기능요구사항(FRs)과 물리적 파라미터(DPs)를 계층적 트리구조로 구성하고 이들 간의 관계 정의를 통해 개념 설계를 구체화하는 것과 같이(참고문헌 21 및 참고문헌 22 참조), 후술하는 바와 같이 하여 계층구조의 PBS와 WBS의 관계 정의를 통해 모델을 구성하는 행렬식을 구현하였다.
- [0140] 또한, 레이어 개념을 통한 DES는 모델의 방법에서도 일반적인 상용 DES 시스템과 차별성을 가지며, 즉, 상용 DES 시스템에서의 모델의 구성 방법은 하나의 시물레이션 대상 모델에 대하여 하나의 모델을 생성하고 구성된 모델의 전체 정보 정의를 전제하나, 이러한 모델 구현 방식의 경우, 하나의 시물레이터를 하나의 모델에 연결함으로써 인해 모델의 규모가 커질수록 복잡도가 매우 크게 증가하게 되고, 이로 인해 조선 공정과 같은 거대 모델의 경우 전체 모델을 구성하는 작업이 매우 어려워지게 된다.
- [0141] 아울러, 모델이 거대화될수록 시물레이션의 수행 시간이 길어지고 문제점의 발견 및 수정 작업을 진행하는데 어려움이 발생하며, 특히, 상기한 바와 같은 모델 구현 방식의 경우 주로 설비 정보를 위주로 구현이 되는데, 조선 생산의 경우 매우 방대한 스케일인데 더하여, 서로 다른 성질의 공정정보가 존재하므로, 이러한 단일 방식의 모델로는 이를 전부 구현하는 것이 사실상 불가능하다.
- [0142] 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서는, 다중 모델과 시물레이터가 연동되어야 하며, 본 발명자들은 이러한 개념을 좀더 확장하여 레이어 개념으로 발전시켰다.
- [0143] 즉, 도 4를 참조하면, 도 4는 본 발명에 따른 계층적 이산사건 시물레이션 프레임워크의 계층화 모델의 구동 구조를 나타내는 도면이다.
- [0144] 여기서, 도 4에 있어서, 도 4의 좌측은 본 발명에 따른 계층화 모델의 기본 구조이고, 도 4의 우측은 종래의 상용 DES 시스템에서의 모델 구성을 각각 나타내고 있다.
- [0145] 더 상세하게는, 도 4의 우측에 나타난 종래의 상용 DES 시스템에서의 모델 구성은, 일반적으로, 하나의 대상 시스템(조선에서는 공정)에 대하여 하나의 모델을 생성하여 시물레이션을 진행하는 구조로 이루어지는 것과 달리,

도 4의 좌측에 나타난 바와 같은 본 발명에 따른 계층화 모델은, 하나의 대상에 대하여 여러 묘사 레벨을 구분하는 구조로서, 각각의 모델이 상호 독립적이며 이를 계층 레벨(Layer level)에 맞추어 구분하고, 또한, 시뮬레이션의 동작을 위한 시뮬레이터의 구현은, 각 레이어별 분화뿐만 아니라, 레이어 내부 각각의 모델에 대해서도 생성 가능한 구조를 지향한다.

- [0146] 아울러, 본 발명에 따른 계층화 모델은, 예를 들면, 대표적으로 면적 및 작업용량과 같이, 같은 대상을 묘사하나 계층 레벨(Layer Level)이 다른 모델들은 내부 모델 구성 및 입력구조가 다르며 독립적인 작업 수행이 가능한 별개의 모델이고, 단지 기본적인 제약정보를 공유하는 구조를 지닌다.
- [0147] 여기서, 이러한 제약 조건을 공유하기 위해, 같은 대상을 묘사하는 모델들은 별도의 식별정보를 가지고 제약조건을 공유하며, 즉, 도 4에 있어서, 청색 박스로 표현된 부분은 동일한 식별정보를 가지고 제약조건을 공유하는 부분이다.
- [0148] 더욱이, 같은 대상을 묘사하는 모델들은 소속 레벨이 아래로 갈수록 더욱 상세화된 자료를 지닌 상태에서 구동이 가능해지며, 반대로 최상위 레벨의 모델은 가장 단순화된 구조를 가진다.
- [0149] 즉, 도 4를 참조하면, 상위 레벨에서 M1이라는 DES 상에서의 원자모델(Atomic Model ; DEVS에서 가장 기본적인 모델 단위)로 표현된 대상이 하위 레벨에서는 다양한 내부 모델을 지니는 결합모델(Coupled Model ; 다수의 원자모델(Atomic Model)이 연결되어 만들어진 모델)로 보다 상세하게 묘사됨을 나타내고 있다.
- [0150] 따라서 이러한 구조는 하위모델로 갈수록 원자모델의 수가 증가하며, 도 4에 나타난 바와 같이, 각 원자모델을 모으는 결합모델을 기준으로 각각이 단독적인 구동이 가능하여, 획일화되지 못한 제품정보가 존재하는 조건에서 각각 제품정보에 맞는 모델환경을 제공할 수 있으므로 보다 좋은 결과를 얻을 수 있다.
- [0151] 더 상세하게는, 본 발명에 따른 계층화 모델은, 모델을 단순화시킴으로써 정보의 레벨을 구분 가능하게 하고, 이를 이용하여 각 정보의 수준에 맞는 시뮬레이션을 진행할 수 있도록 구성되는 것으로, 도 4에 나타난 바와 같이, 상위 레이어에서는 모델을 간단히 명세하고 하위 레이어로 갈수록 상세히 규명하는 구조를 가지는 것에 의해, 기존의 소프트웨어의 경우는 모델 하위의 모든 정보까지 정의를 해주어야 하는 반면, 본 발명에 따르면, 상위 레이어에서는 상위 레이어의 단순 모델에 맞는 정보를 정의하고, 추후 상세화된 정보를 이용하여 하위 레이어에서 직접 시뮬레이션을 수행하거나, 하위 레이어에서 발생한 결과물을 상위 레이어의 변수로 변환시켜 상위 레이어에서 사용하는 것도 가능하다.
- [0152] 여기서, 이러한 기능을 수행하기 위해서는 레이어 간 및 내부 연결 모델간의 데이터 상호 연계의 구현이 중요하게 요구된다.
- [0153] 더 상세하게는, 계층화 모델에서 핵심적인 부분은 각 모델이 각각 독립적인 시뮬레이션을 진행한다는 것과 정보의 상호 연결 및 축적이 원활해야 한다는 것이며, 이러한 구조는 현재 제공되는 상용 DES 시스템에서 구현하기 힘든 부분으로, 현재 기본적인 모델 구현방식인 DEVS 이론을 수정하여 보다 적합한 명세를 도출하거나, 또는 DEVS 명세의 외적인 부분, 즉, 상호간의 연계를 담당할 구조를 체계적으로 구축해야 한다.
- [0154] 이에, 본 발명에서는, 이러한 구조를 구현하기 위하여, DEVS 모델 외부의 실험 프레임(Experimental Frame)에 레이어 기능을 위해 필요한 구조를 정의하였다.

- [0155] 계속해서, 도 5를 참조하면, 도 5는 본 발명에 따른 계층적 이산사건 시물레이션 모델의 구조를 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0156] 도 5에 나타난 바와 같이, 본 발명에 따른 계층적 이산사건 시물레이션 모델의 구조는 Layer DB와 Reference DB를 포함하여 이루어지며, 기존 모델의 입출력 및 데이터 저장과 호출에 관한 부분으로 외부 레이어간의 연결 및 데이터 이동을 하기 위한 몇 가지 기능을 구현한다.
- [0157] 더 상세하게는, 먼저, Layer DB는, 시물레이션의 결과값을 저장하고 필요할 시에 연결된 다른 레이어의 모델로 시물레이션 값을 보내는 역할을 한다.
- [0158] 이를 위해, 결과값의 저장과 구분 및 다른 레이어 모델과의 연결관계 정보 정의가 요구되고, 단순 시물레이션 결과뿐만 아니라 모델 내부의 각 구성 모델별 정보의 수집 및 정리를 수행한다.
- [0159] 또한, Reference DB는, 데이터를 입력받는 부분으로, 외부 또는 다른 레이어로부터 입력된 데이터를 통해 모델의 주요 변수값을 설정하고 수정, 저장하는 기능을 가지며, 기존의 경험적 지식 및 DB를 통한 일정예측 시스템을 포괄하기 위하여, DB를 이용한 변수의 생성 및 시물레이션 결과를 통한 변수 생성식의 변경 및 저장 등의 기능도 함께 담당한다.
- [0160] 이는, 초기 정보가 부족한 상태로 데이터가 입력되었을 때 Reference DB 자체의 DB를 이용한 변수생성 기능을 통해 시물레이션이 가능하도록 하며, 아울러, 연결된 하위 레이어 모델의 결과값을 분석하여 오차를 분석하고 변수 생성식의 수정을 진행하여 모델의 재사용성을 확장시킨다.
- [0161] 여기서, 이러한 구조의 전체로는 Excel이나 Xml 스키마와 같은 표준화된 데이터 처리 양식이 요구되며, 이러한 데이터 양식의 자유로운 입출력을 통해 레이어 정보 이동을 구현한다.
- [0162] 상기한 바와 같은 두 기능은 레이어 개념에서 가장 핵심이 되는 부분으로, 계층적 DES 모델을 이용하여 시물레이션을 수행하기 위해서는 시물레이션 엔진에 반드시 포함이 되어 있어야 한다.
- [0163] 아울러, 이러한 두 기능은 레이어 개념에서 가장 핵심이 되는 부분으로, 계층화 DES 모델을 이용하여 시물레이션을 수행하기 위해서는 시물레이션 엔진에 반드시 포함이 되어 있어야 한다.
- [0164] 이에, 본 발명자들은, 계층화 DES 프레임워크의 모델을 기반으로 하는 시물레이션 엔진을 구현하면서 상기한 두 기능을 함께 구현하였으며, 이러한 시물레이션 엔진의 구체적인 내용에 대하여는 후술한다.
- [0165] 더욱이, 본 발명에서는, 이러한 두 기능을 모델 내부가 아닌 실험 프레임(Experimental Frame)에 정의하여 일반적인 DEVS 형식(formalism)을 수정하지 않고 사용할 수 있도록 함으로써 모델의 활용도를 보다 높였고, 다른 레이어 모델과의 연동을 통해 각 모델에서 구현해야할 비중을 감소하여, 각 시물레이션의 복잡도와 수행 시간을 줄이고, 모델 자체의 수정 및 보완이 용이하도록 구성하였다.
- [0166] 계속해서, 본 발명에 따른 계층화 DES 프레임워크의 구성에 대하여 설명한다.

- [0167] 즉, 본 발명자들은, 레이어 개념을 확실히 정립한 후 이를 실제 시스템에 적용하여 효율적인 모델링을 프레임워크를 고안하기 위해, 어느 한 시스템의 특성에 의존하지 않는 표준화된 모델링 환경을 구축하고자 하였고, 공리 설계와 OPI Matrix의 분석을 통해 제품-공정-설비 정보에 기반하는 행렬형태 프레임워크를 완성하였다.
- [0168] 더 상세하게는, 도 6을 참조하면, 도 6은 제품-공정-설비 정보에 기반하여 본 발명에 따른 계층화 모델의 구성 및 상호 연결정보를 생성하기 위한 모델생성 행렬의 내용을 나타내는 도면이다.
- [0169] 도 6에 나타난 바와 같이, 모델생성 행렬은, 기본적으로 제품트리구조(PBS), 설비정보를 포함하는 작업분할구조(WBS), 계층간 공유 제약조건과 같은 주요 속성 변수 자료형인 Attributes의 3 가지 정보로 구성되며, 제품 생산공정이라는 특징에 맞게 각 작업공정에는 입력 및 출력을 구분하여 정의한다.
- [0170] 따라서 이를 이용하여 완성되는 계층화 구조의 DES 모델은 모델의 기본 구조 및 연결뿐만 아니라 내부 모델간의 상호 연계 정보까지 포함하게 된다.
- [0171] 더 상세하게는, 도 6에 나타난 바와 같이, 모델생성 행렬의 최상위에는 WBS 형태의 공정 및 설비 정보가 위치하며, 그 바로 하위는 모델의 묘사 레벨을 정의하는 부분으로, 공정기반의 개략적인 모델을 구성하는 Atomic(원자 모델)과 하위 공정 및 설비 정보를 함께 묘사하여 모델을 구성하는 Coupled(결합 모델)로 나뉘며, 좌측 상단부에는 각 모델에서 주요 변수 및 데이터 형태인 Attributes가 기록되고, 공정 정보와의 행렬 관계 표시를 통해 각 모델에서의 주요 변수를 정의하며, 좌측 하단부에는 PBS 정보가 계층 구조에 맞게 기입되고 공정 정보와의 행렬 구조를 통해 각 공정이 속하는 레이어 정보 및 모델의 묘사 정도를 결정한다.
- [0172] 여기서, 도 6에 나타난 예에서는 공정정보가 한 단계만 정의되었으나, 구체화될 경우 좌측 하단의 PBS와 같은 방식으로 상세화를 진행하면 된다.
- [0173] 또한, 공정의 표시는 진행 순서에 맞게 표기를 하여 추후 모델의 구성에 혼동이 생기지 않도록 하며, 이때, 각 공정 모델의 묘사 정도 및 소속 레이어를 결정하고 제품의 이동 흐름을 파악하기 위하여 행렬의 가운데부에 공정별 Input, Output 기준을 삽입하였다.
- [0174] 즉, Input, Output은 공정에서 처리되는 제품의 정보를 정의하는 것으로, 실제 공정에 들어가는 제품을 Input에, 공정에서 나오는 제품을 Output에 표기한다.
- [0175] 여기서, 도 6에 나타난 바와 같은 모델생성 행렬은, 계층별 모델링 방법을 제시하여 모델구조 구성을 하기 위한 것으로, 모델 상세기능 정의 및 구현을 위해서는 각각 모델에 맞는 제품 공정 설비 정보가 반드시 수반되어야 한다.
- [0176] 더 상세하게는, 먼저, PBS는 제품 트리구조를 의미하며, 조선에서는 각 부품들이 조립되어 최종 제품이 완성되는데, PBS는 이러한 트리 정보를 나타내는 것이다.
- [0177] 또한, Attributes는 각 시스템 대상을 다중으로 묘사했을 때 공유해야 하는 정보를 기록하는 것이며, 대표적으로, 정반 면적 및 작업 용량, 공정 시스템 사용률 등이 포함되고, 특정 설비에 대한 사용 여부 정보도 포함된다.



- [0178] 아울러, WBS는 시물레이션에서 묘사해야 하는 공정을 의미하며, 즉, 하나의 인자는 레벨에 따라 다양하게 묘사되고, 예를 들면, 대표적으로 면적 및 작업 용량과 같이, 하나의 인자는 상기한 바와 같이 기본적인 제약정보를 공유하는 구조를 가지므로 동일한 식별정보를 가진다.
- [0179] 더욱이, Attribute vs. WBS는 각 공정을 기준으로 레벨 간에 연동되어야 하는 인자(제약조건)의 공유 기준을 정리하는 것으로, 관련된 인자를 행렬에 표시하는 방식이며, Atomic(원자 모델)과 Coupled(결합 모델)로 공유 정보의 레벨 역시 분화된다.
- [0180] 즉, Atomic에서는 포괄적인 정보를 연동하고, Coupled에서는 포괄적이지는 않으나 레벨 간에 처리되어야 하는 부분을 정의한다.
- [0181] 예를 들면, 전체 공정의 사용률 및 용량 면적 등은 Atomic, 하위 레벨에서 각각의 세부 공정별 사용률과 같은 정보는 Coupled에 표기한다.
- [0182] 계속해서, 하단의 PBS vs. WBS는 모델의 구조를 정의하는 가장 중요한 요소로서, 각 공정에서 입출력 정보와 각 제품 정보를 연결하여 명시하며, 이렇게 표시하는 경우 이하에 설명하는 바와 같은 4가지 케이스로 공정을 구분할 수 있다.
- [0183] 더 상세하게는, 도 7을 참조하면, 도 7은 도 6에 나타난 모델생성 행렬의 실제 구성예를 나타내는 도면이다.
- [0184] 더 상세하게는, 도 7에 나타난 예에 있어서, 녹색선 표시는 공정에 동일한 제품이 들어가서 나오는 경우로 비조립 공정에 해당되며, 더 상세한 하위제품 정보가 없이도 상세한 모델을 구현할 수 있다.
- [0185] 또한, 붉은색 선 표시는 일반적인 조립공정 명세로, 하위 단계의 부품이 공정에 입력되어 상위 단계의 부품으로 출력되는 구조를 의미하며, 입력 및 출력 부품 정보를 소지하여 공정 모델 내부에서 조립과정에 대한 명세가 반드시 요구된다.
- [0186] 즉, 상기한 경우와 마찬가지로, 입출력 정보를 모두 포함하고 있기 때문에 상세한 모델 구현이 가능하다.
- [0187] 아울러, 보라색 선 표시는 일반적으로 상위단계의 제품으로 변경된다는 점에서 조립공정이나, 하위 제품정보가 하나만 존재하는 경우로 비조립으로 정의하였으며, 일반적으로, 이러한 경우는, 예를 들면, 중심 하위 제품 외 추가되는 제품들이 생략되는 과 같이, 매우 작은 파트들에 대한 명세가 부족하여 발생할 수 있다.
- [0188] 더욱이, 청록색 선 표시는 입력 명세가 존재하지 않는 경우로, 제품 트리에서 최하위에 위치한 부품에 해당하고, 특히, 본 발명에서 다루고자 하는 다양한 정보 레벨을 가진 제품의 의미는 하위 제품 트리 정보가 명확하게 나오지 않은 경우를 포함하며, 이 경우 모델 생성시 입력 제품값이 없기 때문에 출력 제품값을 그대로 입력 값으로 사용하고, 그 대신 하위 공정 정보를 정확히 기록할 수 없기 때문에 이에 대한 묘사는 앞서 정의한 단순화 모델인 Atomic으로 기술한다.
- [0189] 즉, 기본적으로, 상세 모델 기술은 정확한 입출력 제품 존재 유무에 기인하며, 이에 대한 차이로 원자(atomic) 모델과 결합(Coupled) 모델을 규정하며, 사용하는 입장에 따라서 결합 모델 자체는 단일화되게 표기할 수도 있

고, 내부 명세 수준에 따라 계층으로 분화하여 정의할 수도 있다.

- [0190] 더 상세하게는, 도 7에 나타난 예에 있어서, Layer1을 이루는 제품은 P1, P2, P3이며, 이 제품들과 관련한 정보만을 이용하여 모델을 구성하게 되고, Layer2의 경우는 P1.1, P1.2, P2.1, P2.2 및 Layer1의 P1, P2, P3 정보를 포함하여 모델을 구성하며, Layer3의 경우는 행렬에 표시된 전체 파트를 사용한다.
- [0191] 또한, Layer3 모델을 기준으로 패턴 분석을 수행하면, 첫 번째 패턴은, 예를 들면, 열처리와 같이, 입출력 값이 하나의 공정에서 함께 이루어지는 것으로 비조립 공정에 해당하는 작업이다.
- [0192] 두 번째 패턴은, 서로 다른 다수의 제품이 하나의 공정에 입력된 후 다른 상위 레벨의 제품으로 출력되는 경우로, 전형적인 조립공정의 형태 표기이다.
- [0193] 세 번째 패턴은, 하위 레벨의 제품이 입력되고 상위 레벨의 제품이 출력되지만 입력 제품이 하나일 경우로, 비조립 공정에 해당하며, 이러한 작업으로는, 예를 들면, 용접을 통한 강재의 곡가공과 같은 강재의 가공작업을 들 수 있다.
- [0194] 마지막으로, 입력 정보가 없고 출력 정보만 정의되는 경우로서, 이는 PBS의 세부 레벨의 정보의 부족으로 인한 것으로, 하위 제품의 정보가 정의되지 않아 발생한다.
- [0195] 이 경우는, 모델 생성시 입력 제품값이 없기 때문에 출력 제품값을 그대로 입력값으로 사용하고, 그 대신 하위 공정 정보를 정확히 기록할 수 없기 때문에 이에 대한 묘사는 앞서 정의한 단순화 모델인 Atomic으로 기술한다.
- [0196] 또한, 상기한 바와 같은 제품 정보를 가지는 제품의 경우 다음과 같은 모델을 통하여 시뮬레이션 작업이 수행되게 된다.
- [0197] 즉, 도 8을 참조하면, 도 8은 도 7에 나타난 모델생성 행렬의 내용에 따라 생성된 모델의 구성예를 나타내는 도면이다.
- [0198] 도 8에 나타난 바와 같이, 모델생성 행렬은 제품의 공정 흐름 정보와 모델 요소의 정의를 함께 진행하여 줄 수 있다.
- [0199] 또한, 도 8에 나타난 예에 있어서, 전체 표기 공정에 대한 입력 내지는 출력 제품 정보가 표기되었는데, 상위 레이어의 모델일수록 그렇지 않은 경우가 발생하며, 도 8에 나타난 예 역시, Layer1 모델의 경우 Process1, 2, 3이 정의되지 못하는데, 이러한 경우, 후술하는 바와 같이, 버퍼(Buffer) 개념 모델을 도입하여 문제를 해결한다.
- [0200] 즉, 도 8에 나타난 예에 있어서, Process 1에 대해서만 입력 명세가 되어있지 않기 때문에 원자모델로 구현을 하였으나, P1.1, P1.2, P2.1, P2.2가 최하위 정보로 되고, 그 하위 제품 정보가 주어지지 않는 경우 모델의 형상 역시 바뀌게 된다.
- [0201] 또한, DEVS 기반 시뮬레이션 모델은 크게 Model과 Experimental Frame 파트로 구분되고, 여기서, PBS vs. WBS



(제품-공정)(설비정보 포함) 행렬은 Model 부분을 생성하며, Attribute vs. WBS(주요 속성치-공정)(설비정보 포함) 행렬은 Experimental Frame의 구현을 맡아 진행하는데, 간단하게 행렬에 구분된 공정 모델별 해당 Attribute를 Experimental Frame에 기록한다.

- [0202] 이러한 Attribute 변수 값은 시뮬레이션 종료 후 Layer DB에 저장되며, 시뮬레이션 시작 시 Reference DB에서 생성해 주어야 한다.
- [0203] 계속해서, 도 9를 참조하면, 도 9는 도 8에 나타난 모델에 속성정보 행렬을 이용하여 생성되는 최종 시뮬레이션 모델의 구성예를 나타내는 도면이다.
- [0204] 즉, 도 9의 좌측에 나타난 행렬은 임의로 생성한 계층화 DES 프레임워크 행렬의 구성예이며, 우측의 모델 구조는 좌측의 행렬로 데이터를 채운 후 레이어별 모델 흐름 및 공유 제약 조건을 표시한 것이다.
- [0205] 더 상세하게는, 도 9에 있어서, Layer 1 모델의 경우 P1, P2, P3를 파트로 하게 되며, 행렬의 관계 분석을 통해 최종 모델을 얻을 수 있다.
- [0206] 여기서, 상기한 버퍼(Buffer) 개념이 적용되며, 이는 부품의 레벨로 인하여 정의되지 못한 앞선 공정들을 대신 하는 역할을 하는 것으로, 사전 정의된 데이터에 맞추어서 지정 파트의 아웃풋 시기를 결정한다.
- [0207] 또한, 버퍼(Buffer)는 일반 FIFO(First-In-First-Out)의 큐(Queue)가 아니라 앞의 생략한 공정에 대한 공정 시간을 블록별 상황에 맞추어 시간 진행(Time advanced) 하는 기능을 추가로 포함한다.
- [0208] 아울러, 이 부분에 대해서는 사전에 초기 예측값이 정의되어 있어야 하고, 이에 대한 계산은 하위 레이어 결합(Coupled) 모델에서 기록하는 수치로 수정이 가능하도록 정의한다.
- [0209] 상기한 바와 같이, 제품-공정 행렬은 모델의 생성부분을 담당하며, 부품이 입출력에 모두 관계가 있을 경우 결합(Coupled) 모델을, 출력만 관계가 있을 경우 원자(Atomic) 모델을 생성한다.
- [0210] 더욱이, 일부는 입출력, 일부는 출력 관계로 혼재할 경우 Atomic으로 구성하며, 이는 전체 관련 제품의 입출력 정보가 정의되기 전까지 지속된다.
- [0211] 아울러, 데이터(Data) 교환의 경우, 도 9에 나타난 구조와 같이 진행되며, 즉, 각 레이어에서 저장된 변수를 상하의 레이어로 보내고, 받은 정보에 대해서는 각자 보유 모델에 맞추어 변수 값을 변경하는 구조이다.
- [0212] 이때, 변수의 이동은 각 상호 레이어 사이에서 또는 레이어 내부의 연계 모델 사이에서 가능하다.
- [0213] 즉, 도 10을 참조하면, 도 10은 계층화된 모델간의 연결관계에 대한 예를 나타내는 도면이다.
- [0214] 여기서, 도 10은 조선포에서의 시나리오를 가정으로 작성한 것이며, 도 10에 있어서, level 2와 3의 연결이 결합모델 간의 연결로 표시된 경우(Assembly)는 level 2 와 3의 모델이 동일하게 구현되어도 무방하다.

- [0215] 계속해서, 도 11을 참조하면, 도 11은 상기한 바와 같은 모델 생성작업의 일련의 과정을 포함하여 구성되는 본 발명의 실시예에 따른 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 프레임워크 설계방법의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 플로차트이다.
- [0216] 도 11에 나타난 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 계층적 이산사건 시뮬레이션 프레임워크 설계방법은, 먼저, 대상 시스템을 설정한 후, 제품-공정-설비 정보 및 기본 속성 정보를 이용하여 계층화 DES 프레임워크 행렬을 구성한 후, 모델(Model)과 실험 프레임(Experimental Frame) 파트로 나누어 각각 모델링을 진행한다.
- [0217] 더 상세하게는, 모델 설계(Model Design)의 경우, 먼저, 해당 모델의 레이어 수를 설정하고, 해당 레이어에서 전체 모델 명세를 원하는지 일부 모델 명세를 원하는지를 정의하여 준다.
- [0218] 여기서, 만약, 일부 공정에 대한 모델 구성을 선택할 경우, 기존의 데이터에서 파트 입력 시기의 정의 여부가 확인되어야 하며, 문제가 되지 않을 시에는 모델을 구축한다.
- [0219] 이어서, 상기한 바와 같이 하여 전체 모델을 구축한 후, 정의된 실험 프레임(Experimental Frame)에서 맞는 요소들과 연결하는 작업을 수행하고, 이러한 과정을 통하여 전체 시뮬레이션 모델을 생성한다.
- [0220] 그 후, 상기한 바와 같이 하여 구성된 모델을 이용하여 실제 시뮬레이션을 수행하고 결과값을 얻는다.
- [0221] 계속해서, 상기한 바와 같이 하여 구성된 모델을 이용한 시뮬레이션 구현 방법의 구체적인 내용에 대하여 설명한다.
- [0222] 즉, 생산 시뮬레이션을 수행하기 위하여 각각 개별적인 모델을 만드는 것은 비효율적이며 재사용성에 있어서도 매우 불리하므로, 통합을 위해서 제공되는 표준 포맷에 맞추어 모델을 수립하는 것이 바람직하다.
- [0223] 또한, 모델의 종류가 많아질수록 복잡해지고 재 사용성이 떨어지나 시뮬레이션 본연의 기능에는 보다 충실할 수 있는 반면, 모델의 표준화를 위해 하나의 형태로 단순화할 경우는 공통 인자를 정리하여 재사용성을 높일 수 있다.
- [0224] 따라서 본 발명에서는, 계층화(Layered) 기능 구현과 관련하여 후자를 택하여 진행하고, 생산 공정에 있어서 조립/비조립으로 크게 구분하며, 위와 같은 시뮬레이션 코드 상의 연결 로직을 가지도록 구성하였다(Part flow 와는 별개임).
- [0225] 더 상세하게는, 일반적인 모델은 각각의 객체(여기서는 제품)가 실제로 공정 모델을 이동하며 시뮬레이션을 수행하지만, 이 경우 다모델 간의 제약조건의 공유 및 라우팅(Routing) 지정(각 파트별로 가진 계층(Layer) 정보를 바탕으로 라우팅(Routing)을 함) 등의 기능들을 구현하면서 입력값에 맞추어 자동으로 모델을 생성하는 것에 어려움이 발생한다.
- [0226] 특히, 모델간의 1:N 연결 구조와 N:1 연결 구조의 정의 문제, 일반적이지 않은 연결 패턴 문제들에 대해 추가적인 작업이 많이 요구된다.

- [0227] 이에, 본 발명은, 이러한 문제점을 해결하기 위해, 주요한 시물레이션 모델 구동 방식으로서, 기존 모델의 구분은 동일하나 공유하는 자원을 효율적으로 관리하기 위하여 Information system model(Inf\_Sys)이라는 중앙 컨트롤러 모델을 포함하도록 구성하였다.
- [0228] 즉, 도 12를 참조하면, 도 12는 Information system model의 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0229] 도 12에 나타난 바와 같이, 모델의 연결은, Part flow와는 별개로 각각의 모델의 입출력 포트가 전부 Information system model에 연결되고, 이때, 주고받는 값은 일반적인 제품이 아닌 모델의 동작 활성화 및 정보의 변경사항을 확인하기 위한 신호를 주고 받도록 구성된다.
- [0230] 따라서 이러한 구성에 따르면, 시물레이션의 구동 중에도 각각의 모델간에 파트 이동이 이루어지지 않으며, 그것에 의해, 모델간의 연결 문제가 해결될 수 있다.
- [0231] 또한, 모델간의 실행 및 정보 변경은 Information system model과의 신호 값 교환을 통해 진행이 되므로, 보다 단순화된 형태를 가지게 된다.
- [0232] 아울러, 도 13을 참조하면, 도 13은 도 12에 나타난 Information system model에 적용되는 기본 정보 포맷의 구성예를 나타내는 도면이다.
- [0233] 즉, 도 13은 계층화 시스템을 지원하고 상기한 시물레이션 구동방식을 위한 제품-공정-설비의 기본 정보 틀을 정의한 것이다.
- [0234] 더 상세하게는, 먼저, ID는, 시물레이션 상에서 각각의 고유 객체를 식별하기 위한 인자를 의미하고, Name은 각 개체의 이름이며, Type은, 예를 들면, 제품의 형태나 공정 설비의 종류 등과 같이, 각 고유 속성치의 종류를 구분하기 위한 인자를 나타낸다.
- [0235] 또한, NextProcesses는 다음의 공정 정보를 저장하여 시물레이션 상에서 부품흐름을 결정하기 위한 것이고, Plant는 소속 위치를 결정하기 위한 것으로 계층 모델에서 각 공통 인자를 공유하기 위한 단위를 형성한다.
- [0236] 아울러, LayerLevel은 layer 소속 위치를 결정하기 위한 것이며, Constraints는 각종 제약 조건 및 Plant 내부에서 공유해야 할 사항을 계산하기 위한 수치 자료와 같은 인자를 저장하기 위한 것이다.
- [0237] 더욱이, ParentProduct는 제품 트리구조에서 상위 부품 정보를 저장하는 것으로, 조립 공정에서 필수로 요구되는 자료이며, Preprocess는 현재 작업 위치를 설정하기 위한 것이다.
- [0238] 즉, 본 실시예의 시물레이션 구조에 있어서, 각 부품들은 자신들의 위치를 preprocess(현재위치 저장객체) 정보를 통해 기억하며, 종래의 방식과 같이 각 모델에서 작업을 수행한 후 모델간의 직접적인 이동을 통하여 위치 정보를 변경하는 방식을 취하지 않고, preprocess 정보를 변경하여 간단하게 모델의 위치 정보를 변경하도록 구성된다.

- [0239] Resource는 크레인, 기계류와 같은 설비 정보를 저장하기 위한 것이다.
- [0240] 또한, 본 발명자들은 상기한 바와 같은 내용에 근거하여 비조립 및 조립 형태의 각각의 공정에 대하여 기본적인 표준 모델을 개발하였다.
- [0241] 즉, 도 14 내지 도 17을 참조하면, 도 14 및 도 15는 비조립 공정 모델에 대한 내부 논리구조와 그에 따른 실제 구동 논리구조를 각각 나타내는 플로차트이고, 도 16 및 도 17은 조립 공정 모델에 대한 내부 논리구조와 그에 따른 실제 구동 논리구조를 각각 나타내는 플로차트이다.
- [0242] 따라서 도 14 내지 도 17에 나타난 바와 같은 일련의 처리를 구현함으로써, 도 11의 "Run Simulation" 부분의 처리를 구현할 수 있다.
- [0243] 계속해서, 상기한 바와 같이 하여 구현되는 본 발명의 실시예에 따른 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시물레이션 방법의 성능을 실험을 통해 검증한 내용에 대하여 설명한다.
- [0244] 여기서 이하에 설명하는 실시예에서, 본 발명자들은, 일정 계획 중 가장 초기에 수립되는 선행중일정 계획에 사용할 수 있는 시물레이션을 구성하고, 이를 이용하여 본 발명에 따른 계층적 이산사건 시물레이션 프레임워크의 적용 방법을 확인하고 시물레이션 모델의 성능 및 기술적 가능성을 평가하였다.
- [0245] 또한, 선행 일정은 드라이 독(Dry Dock) 내 작업을 하기 전까지의 공정 일정을 지칭하며, 초기 단계에서 선행 의장(Pre-Outfitting)까지의 공정을 포함한다.
- [0246] 따라서 선행중일정은, 탑재 이전의 강재의 처리 및 블록의 생성 및 조립을 모두 포함한 공정을 중일정 계획 레벨로 수립한 것을 의미하며, 일반적으로, 이러한 일정 계획 수립을 위해서 전체 분할 정보(Block Division)와 같은 상세화된 부품 및 공정 정보가 요구된다.
- [0247] 그러나 상기한 바와 같이, 극초기 단계의 경우에는 이러한 정보조차 없이 선급 규모 정보만을 이용하여 일정 계획을 수립해야 하므로 이를 예측하는 것은 쉽지 않을 뿐만 아니라, 시물레이션 작업을 수행하는 것 역시 용이하지 않다.
- [0248] 이러한 시물레이션을 수행하기 위해, 본 발명자들은, 본 발명에 따른 계층화 DES 프레임워크를 이용하여, 초기 정보를 이용한 Layer1 모델의 구성과 이후 추가되는 정보를 이용하여 구성하는 Layer2 모델의 구성 및 이 두 모델간의 정보 연동의 기술적 가능성을 평가하여 보다 체계적이고 신뢰도 높은 선행중일정 계획을 수립하였다.
- [0249] 도 18을 참조하면, 도 18은 본 발명의 실시예에 따른 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시물레이션 방법의 성능을 검증하기 위한 시물레이션에 적용된 선행일정에 포함되는 공정 정보를 나타내는 도면이다.
- [0250] 도 18에 나타난 바와 같이, 선행일정은, 가공/커팅을 포함하여 소조립 이전의 가공 단계를 하나의 모델로 묶은 Fabrication Shop, 그 위에 소조립 공정을 수행하는 Sub-Assembly Shop, 대조립 공정을 수행하는 Assembly Shop, 선행 의장/도장을 수행하는 Pro-Outfitting Shop으로 구성된다.

- [0251] 또한, 시뮬레이션을 수행하기 위하여 기본 문제의 정의 및 제품(Product), 공정(Process), 설비(Resource) 정보를 정의하였고, 이를 이용하여 계층적 DES 프레임워크를 적용하였다.
- [0252] 아울러, 시뮬레이션을 수행하기 위한 시뮬레이션 시스템으로는, DEVSim++와 Visual Studio 208.Net 을 이용하였으며, 사전 정의된 선행공정의 제품분할구조도(Product Breakdown Structure, PBS)와 작업분할구조도(Work Breakdown Structure, WBS)는 각각 도 19 및 도 20에 나타낸 바와 같다.
- [0253] 즉, 도 19 및 도 20을 참조하면, 도 19는 본 발명의 실시예에 따른 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법의 성능을 검증하기 위한 시뮬레이션을 수행하기 위하여 사전 정의된 선행공정의 제품분할구조도(Product Breakdown Structure, PBS)를 나타내는 도면이고, 도 20은 작업분할구조도(Work Breakdown Structure, WBS)를 각각 나타내는 도면이다.
- [0254] 여기서, 설비 정보의 경우 계층적 DES 프레임워크 행렬을 토대로 만들어진 모델에 맞게 설정하였으며, 생산을 위한 기본적인 주요 변수 속성치(Attributes)는 도 21에 나타낸 바와 같이 정의하였다.
- [0255] 즉, 도 21을 참조하면, 도 21은 본 발명의 실시예에 따른 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법의 성능을 검증하기 위한 시뮬레이션에 적용된 생산을 위한 기본적인 주요 변수 속성치(Attributes)를 표로 정리하여 나타내는 도면이다.
- [0256] 또한, 제품 구조는 크게 곡블럭(BU)와 평블럭(BP)로 구분하여 총 4가지 타입의 대조립 블럭과 하위 10가지의 소조립 블럭을 정의하였으며, 전체 블럭 수는 8개의 대조립 블럭이고, 이에 대응하여 공정의 경우 초기 일정 계획 임을 고려하여 상세단계로 나누지 않고 제품의 변화 흐름에 맞추어 4가지 단계로 나누었다.
- [0257] 이를 통해, Layer1에서는 대조립 블럭과 단순화된 공정 정보를 이용하여 모델을 생성하고, Layer2에서는 소조립 블럭을 이용하여 보다 상세하게 묘사된 모델을 생성할 수 있도록 하였다.
- [0258] 아울러, 초기 단계 시뮬레이션의 경우, 이러한 간단하게 생성한 블럭 정보와 조선소에 누적된 공정정보를 이용하여 각 공정별 용량 및 자재처리량(Part throughput)과 같은 정보를 정의하여 수행하고, 전체 분할 정보를 정의한 이후에는 정확하게 정의된 PBS를 이용하여 시뮬레이션을 수행한다.
- [0259] 더욱이, Layer2에서 전체 정보가 충분치 않을 시에는 Layer1에서 기록된 결과값을 토대로 일정 부분만 시뮬레이션이 가능하도록 구성하였으며, 본 실시예에서는, 이러한 구조를 확인하여 Layer1과 Layer2의 정보가 모델별로 교환 가능함을 나타내고, 이를 통하여 전체 공정에 걸쳐 정보 교환이 가능함을 확인하고자 하였고, 도출된 계층적 DES 프레임워크 행렬식을 확인하여 모델 구조 및 종류, 주요 변수를 설정하여 모델을 구성하였다.
- [0260] 즉, 도 22를 참조하면, 도 22는 상기한 바와 같은 사전 정의 정보를 이용하여 작성한 계층적 DES 프레임워크 행렬의 구성을 나타내는 도면이다.
- [0261] 계속해서, 도 22의 분석된 계층적 DES 프레임워크 행렬을 이용하여 2개의 레이어 모델을 생성하였으며, 먼저, Layer1 모델은 해당 시뮬레이션 파트가 Layer1의 경우 시뮬레이션의 파트 구성이 BUA, BUB, BPA, BPB와 같이 블럭 레벨 파트로 구성되며, 행렬에서 볼 수 있듯이 실제 공정에서 대조립 공정(Assembly)의 아웃풋으로 발생하는

부품이다.

- [0262] 따라서 이러한 부품이 명세되지 못하는 대조립 이전의 공정은 Pre-Process 모델로 표시하고, 대조립 공정 역시 인풋 파트가 블록 레벨이 아니므로 원자모델로 명세한다.
- [0263] 또한, 선행의장(Pre-Outfitting)에서도 일부 파트가 인풋되지 않으므로 원자 모델로 명세한다.
- [0264] 아울러, 실험 프레임(Experimental Frame)에서는 현재 모델에서 사용되는 주요 환경 변수를 기록하며, 다른 시뮬레이션의 결과 내지는 실측 데이터 값을 이용하여 이 변수들을 변경하는 방법으로 시뮬레이션 결과를 업데이트 할 수 있다.
- [0265]
- [0266] 더욱이, Layer2 모델의 경우는 행렬에서 정의된 모든 파트 정보를 사용하며, 가장 하위 레벨의 파트들이 소조립 공정(Sub-Assembly)에서 아웃풋 되므로, 소조립 공정은 원자 모델로 구성되고, 대조립 및 선행의장 공정의 경우 내부에 공정 리소스 정보를 기반으로 하는 결합모델로 구성되어 보다 상세하고 정확한 시뮬레이션 값을 얻을 수 있다.
- [0267] 또한, 상위 레벨 모델의 주요 변수에 영향을 미치는 속성치를 기록하여 시뮬레이션 데이터를 이용하여 상위 시뮬레이션 모델의 결과값을 개선시킨다.
- [0268] 즉, 도 23을 참조하면, 도 23은 상기한 바와 같은 시뮬레이션 내용에 대하여 각 모델별 변수의 흐름 관계를 나타내는 도면이다.
- [0269] 도 23에 나타난 바와 같이, 이러한 시뮬레이션 구조는 모델간의 상호 변수 연결을 정의할 수 있다.
- [0270] 상기한 바와 같이, 레이어(Layer) 내부의 모델간의 변수의 연동이 가능하고, 각 모델의 특성에 따라서 연동 가능한 변수 역시 다르게 정의할 수 있으며, 이러한 변수 관계는 계층적 DES 프레임워크 행렬의 Attributes Vs. WBS 관계에 표시된다.
- [0271] 또한, 본 발명자들은, 상기한 바와 같이 하여 시뮬레이션 모델의 DEVS 명세 후 이산 사건 모델링 시뮬레이션 시스템인 DEVSIM++를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다.
- [0272] 여기서, DEVSIM++는 DEVS 형식론과 추상 시뮬레이션 알고리즘을 C++로 구현한 것으로, 계층적이고 모듈러한 시스템을 지원하여(참고문헌 23 참조), 모델의 형식 및 구현이 자유로운 시뮬레이션 엔진으로 제안하는 모델을 알맞게 구현하는데 적합하다.
- [0273] 더 상세하게는, 도 24를 참조하면, 도 24는 DEVSIM++를 이용하여 구성된 Layer1 모델의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0274] 도 24에 나타난 바와 같이, DEVSIM++를 이용하여 구성된 Layer1 모델은, 기존의 실험 프레임에서 저장하는 각종 변수 속성치를 트랜스듀서(Transducer) 모델로 모아서 기록하였으며, 사전 정의되지 않은 공정인 Pre-process에

대해서는 Buf 형태의 모델 두 개를 이용하여 자재 투입 시기 및 파트 흐름량을 기록하기 알맞도록 구현하였다.

- [0275] 또한, 도 25를 참조하면, 도 25는 Layer1 모델에서 기록하는 변수 값의 정의를 표로 정리하여 나타내는 도면이다.
- [0276] 여기서, 도 25에 나타난 변수 값에 있어서, 기본적으로 시뮬레이션을 수행하기 위해 초기 필요한 자료에 대해서는 가정하여 정의해 주었으며, 실제적인 활용시에는 초기 가정값은 기존의 누적된 데이터를 이용하여 생성되고, 이러한 역할은 Reference DB에서 구현되도록 구성된다.
- [0277] 아울러, 시뮬레이션의 시간은 1일 단위로 정하였으나 이는 수정 가능하며, 제약 조건의 경우 선박 생산에서 일반적인 관리 단위로 사용되는 무게를 이용하였다(참고문헌 24 참조).
- [0278] 계속해서, 도 26 및 도 27을 참조하면, 도 26은 DEVSIM++를 이용하여 구성된 Layer2 모델의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이고, 또한, 도 27을 참조하면, 도 27은 Layer2 모델에서 기록하는 변수 값의 정의를 표로 정리하여 나타내는 도면이다.
- [0279]
- [0280] 더 상세하게는, 결과 분석의 경우, 상기한 바와 같이 전체 모델간의 정보 교환에 앞서 모델간의 정보 교환 기능에 대한 확인을 위하여 Layer2 모델을 임의적으로 Sub-Assembly 공정 이후 Transducer 모델에 기록이 전송되도록 설정하였으며, 이는 추후 확장하여 모델을 작성할 수 있다.
- [0281] 이러한 모델간의 정보 이동은 생산 과정에서 늘어나는 정보의 양이 일률적이지 않기 때문에 하위 레이어 모델의 전체 정보가 정의되기 전에 그 일부를 상위 레이어의 결과값을 이용하여 시뮬레이션하고 이 정보를 상위 레이어 모델에 전송하여 시뮬레이션 결과값을 개선시키는 계층적 DES 프레임워크의 주요한 기능 중 하나이다.
- [0282] 즉, Layer2 모델은 Layer1 모델의 확장형으로 부품의 레벨이 더 상세화 된 점을 반영하여 Sub-Assembly 공정을 기존 상위 레이어의 Pre-process 모델에서 분리 시키고, Assembly와 Preout-fitting의 경우 조립 공정임을 감안하여 보다 상세화된 묘사를 하였다.
- [0283] 다음으로, 도 28 및 도 29를 참조하면, 도 28 및 도 29는 각각 상기한 바와 같이 하여 구성되는 Layer 1 및 Layer2 모델에 대하여 시뮬레이션을 수행한 결과를 나타내는 도면이다.
- [0284] 즉, 본 발명자들은, 상기한 바와 같이 구성된 각각의 모델에 대하여 DEVSIM++을 사용하여 코딩을 진행하였으며, 초기 Layer 1 모델을 수행한 결과값은 도 28에 나타난 바와 같다.
- [0285] 또한, 전체 시뮬레이션 기록 외에 Layer2의 Pre-Process - Sub-Assembly 모델과 연계될 Pre-Process 모델에 대하여 상세 기록을 남겼으며, 초기 설정한 Capacity와 Process Time을 설정하고 시뮬레이션을 수행한 결과, 도 28에 나타난 바와 같이, 블록 공정의 작업 시간이 8일로 설정되어 있음에도 불구하고 파트당 9일 정도의 처리 시간을 나타내는 것을 확인할 수 있다.
- [0286] 이는, 버퍼를 통한 대기 및 공정의 Capacity를 고려하여 공정 내부의 작업량에 부하가 걸린 경우에는 파트가 다음 공정으로 출력되기 전까지 새로운 파트의 입력을 막았기 때문으로 판단되며, 또한, 이와 같은 부분에 대해서 Layer 2에서는 Capacity를 각 공정당 800(Ton/Month), Process Time of Pre-Process와 Process Time of Sub-



assembly를 각각 4(days)로 분할하여 시뮬레이션을 수행하였고, 이에 대한 결과는 도 29에 나타난 바와 같다.

- [0287] 상기한 내용으로부터, Layer 1 모델의 Pre-Process의 결과가 Layer 2 모델의 Pre-Process와 Sub-Assembly의 결과와 같으므로, 이를 비교하면 결과값에 있어서 상당히 큰 차이가 있음을 볼 수 있다.
- [0288] 특히, 설정 Sending Time의 경우 변화가 없으나, 부품 정보의 변화, Capacity와 Throughput의 감소 및 모델의 구현 상세화 차이로 인하여 공정 마무리 시간이 크게 증가됨을 확인할 수 있다.
- [0289] 여기서, 일반적으로, 하위 레이어의 시뮬레이션은 상위 레이어보다 정확하고 많은 정보를 가지고 시뮬레이션을 하기 때문에 보다 정확한 결과값을 얻을 수 있으므로, 따라서 본 실시예의 시뮬레이션에서는, Layer 1의 시뮬레이션 결과값을 향상시키기 위하여 Layer 2 모델에서의 주요 변수 값을 이용하여 Layer 1의 변수 값을 수정하여 시뮬레이션을 수행하였다.
- [0290] 또한, 이를 위한 변수의 수정은 이하와 같이 하여 진행하였다.
- [0291] Capacity of Pre-Process : 1000 → 800 (Ton/Month)
- [0292] Process time of Pre-Process : 8 → 14 (Days)
- [0293]  $Process\ Time = 8 * (Part\ Throughput\ of\ Layer1) / (Part\ Throughput\ of\ Layer2) = 8 * 579.310 / 326.861 = 14.179\ (Days)$
- [0294] 아울러, 상기한 바와 같이 Process Time과 Capacity 값을 변경한 Layer 1의 시뮬레이션 결과는 도 30에 나타난 바와 같다.
- [0295] 즉, 도 30은 Layer 1 모델에 대하여 변수값을 수정하여 재차 시뮬레이션을 수행한 결과를 나타내는 도면이다.
- [0296] 도 30에 나타난 바와 같이, Layer2 모델의 Pre-Process와 Sub-Assembly 정보를 Layer1에 업데이트 함으로써, Layer1 모델의 Pre-process 모델의 경우 Layer 2 모델과 유사한 결과값을 나타내게 되었고, 전체 공정에 이 부분이 반영이 되어 전체 시뮬레이션 공정 시간이 늘어났음을 확인할 수 있다.
- [0297] 따라서 상기한 바와 같은 방식을 통하여, 본 발명에 따르면, 각 레이어 모델 간의 연계를 통하여 시뮬레이션 결과를 개선 시켜나갈 수 있다.
- [0298] 또한, 상기한 실시예의 경우, 실제적인 정보 교환을 수동적으로 진행하였으나, 이 부분에 대하여는, 레이어간의 정보 이동을 돕는 Layer DB 기능과 누적 데이터 및 다른 레이어 모델에서 전송된 정보를 토대로 시뮬레이션의 변수값을 조절하는 Reference DB를 구현하는 것에 의해, 시뮬레이션 모델 및 결과값의 개선 작업이 원활하게 이루어질 수 있도록 구성될 수 있다.
- [0299] 아울러, 이러한 기능은, 예를 들면, 엑셀이나 XML 스키마와 같이, 표준화된 형식의 파일을 제작하고 이용하여 데이터를 기록하고, 이 파일을 생성, 호출하는 방식을 통하여 구현할 수 있다.

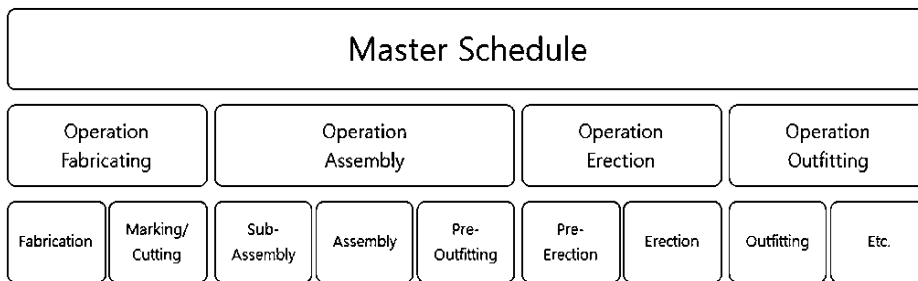


[0300] 따라서 상기한 바와 같이 하여 본 발명에 따른 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법을 구현할 수 있다.

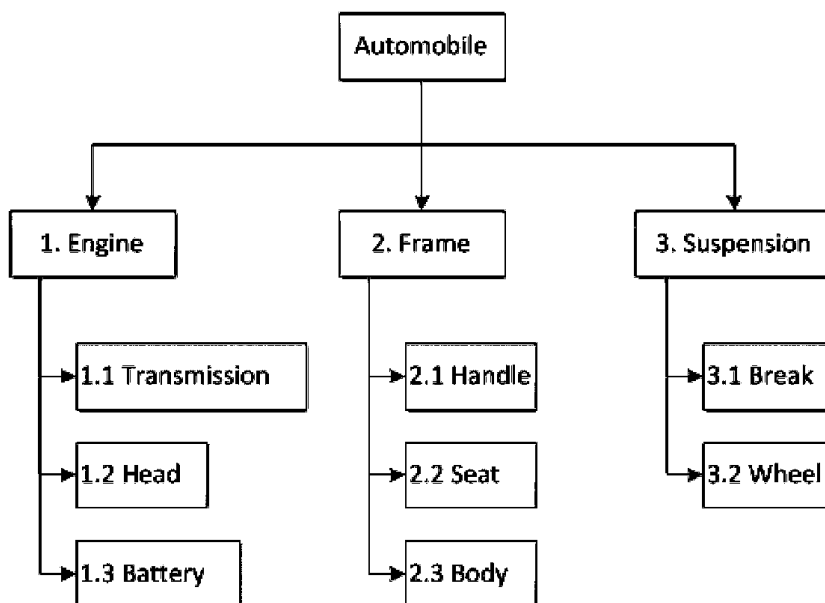
[0301] 이상, 상기한 바와 같은 본 발명의 실시예를 통하여 본 발명에 따른 생산일정 예측 및 관리를 위한 계층적 이산사건 시뮬레이션 방법의 상세한 내용에 대하여 설명하였으나, 본 발명은 상기한 실시예에 기재된 내용으로만 한정되는 것은 아니며, 따라서 본 발명은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 설계상의 필요 및 기타 다양한 요인에 따라 여러 가지 수정, 변경, 결합 및 대체 등이 가능한 것임은 당연한 일이라 하겠다.

도면

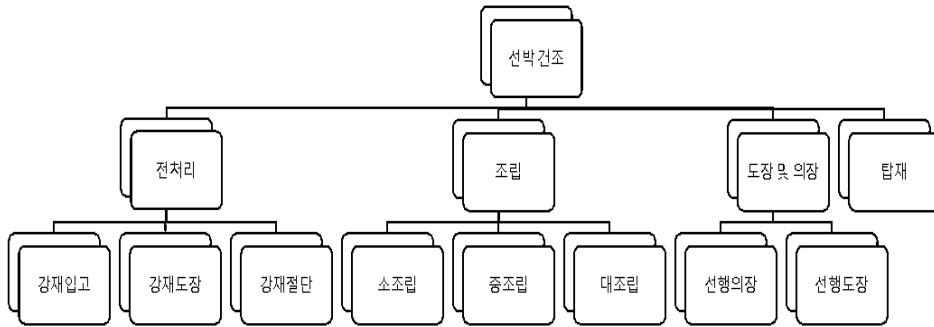
도면1



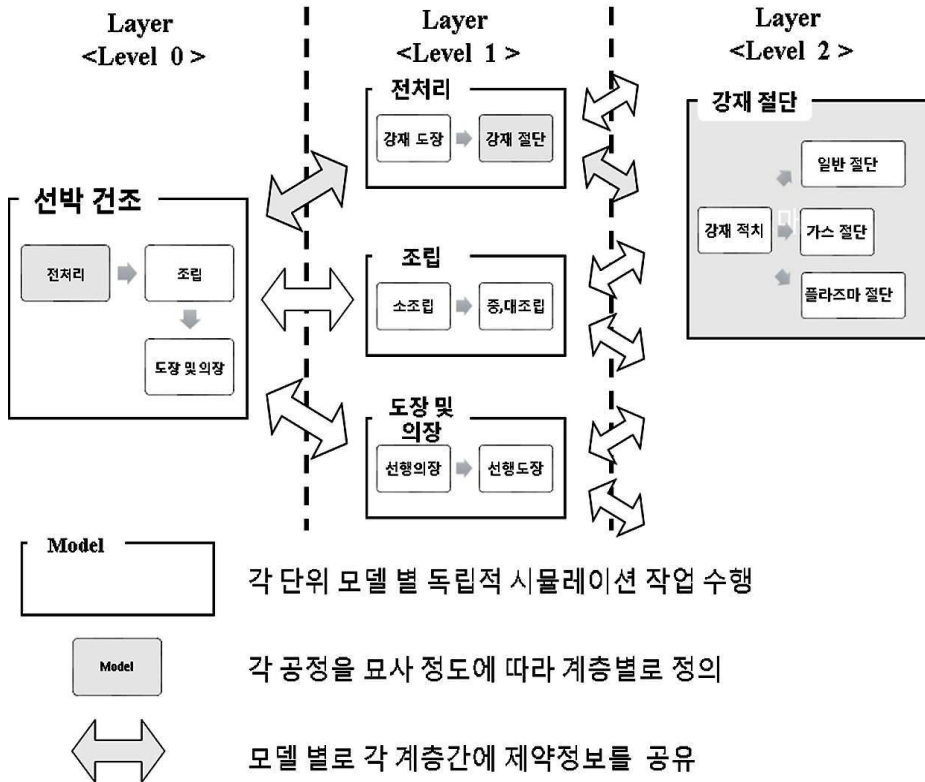
도면2



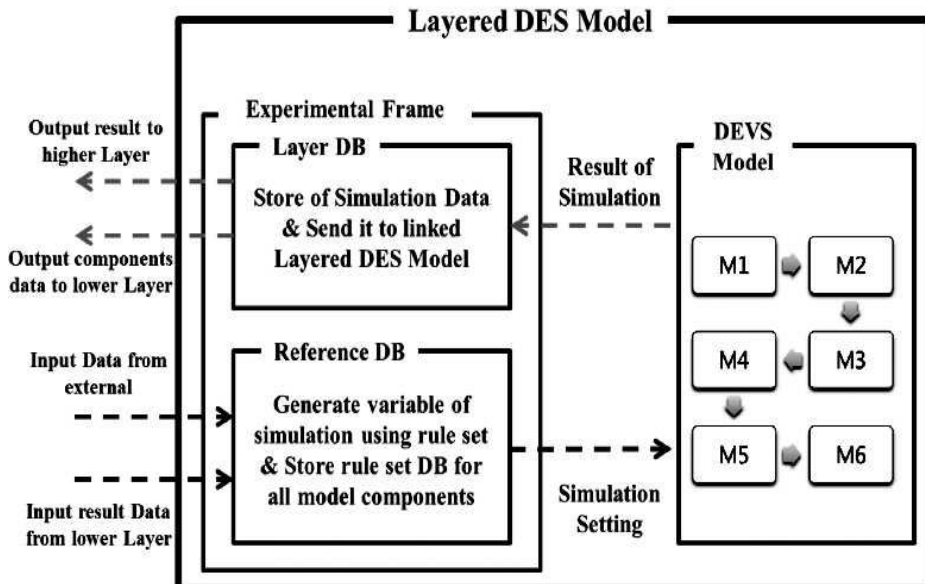
도면3



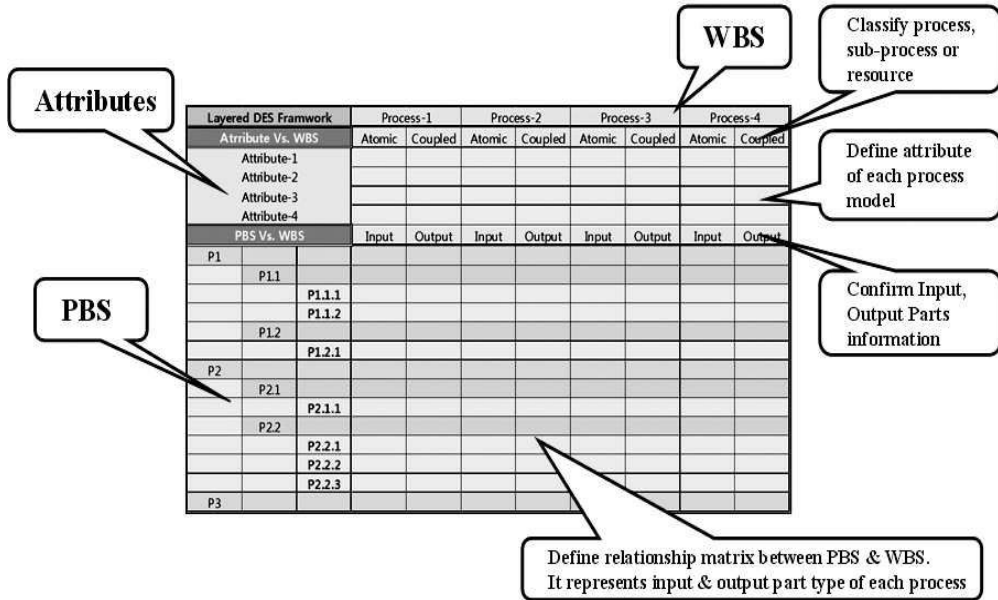
도면4



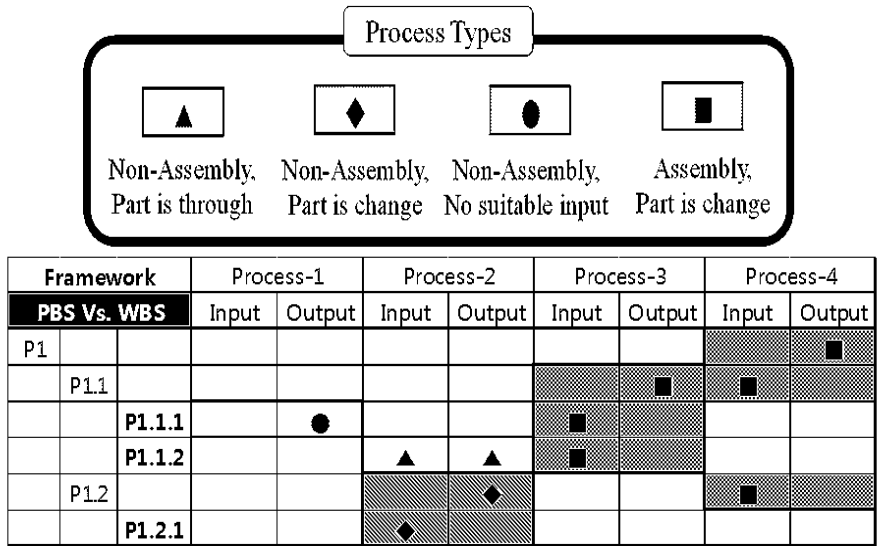
도면5



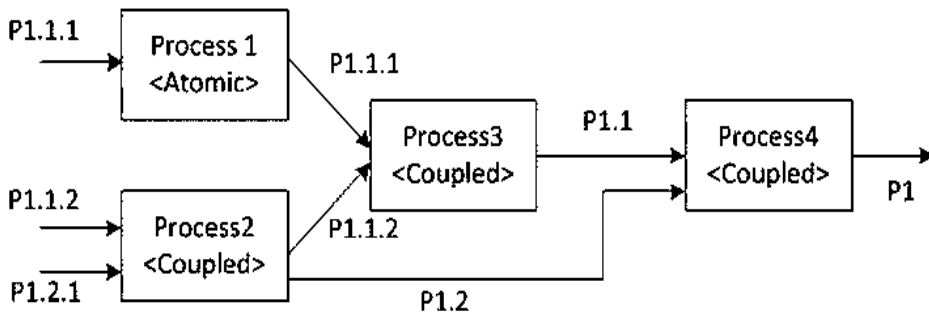
도면6



도면7



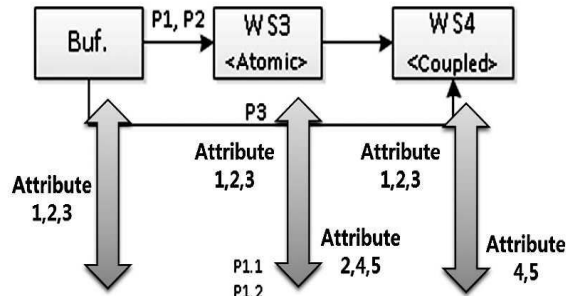
도면8



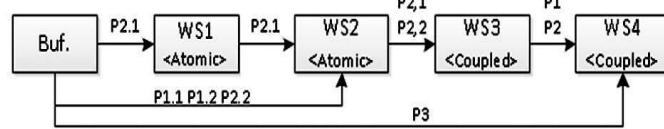
도면9

Layered DES Framework		Process-1		Process-2		Process-3		Process-4	
Attribute vs. WS		Atomic	Coupled	Atomic	Coupled	Atomic	Coupled	Atomic	Coupled
Attribute-1		V		V		V		V	
Attribute-2		V	V	V	V	V	V	V	V
Attribute-3		V		V		V		V	
Attribute-4			V		V		V		V
Attribute-5					V		V		V
PR vs. WS		Input	Output	Input	Output	Input	Output	Input	Output
P1						V	V	V	V
	P1.1					V	V		
	P1.1.1	V	V	V					
	P1.1.2	V	V	V					
	P1.2					V	V		
	P1.2.1			V		V	V		
P2								V	V
	P2.1			V	V	V	V		
	P2.1.1	V						V	V
	P2.2					V	V		
	P2.2.1	V	V	V					
	P2.2.2	V	V	V					
	P2.2.3			V					
P3								V	V

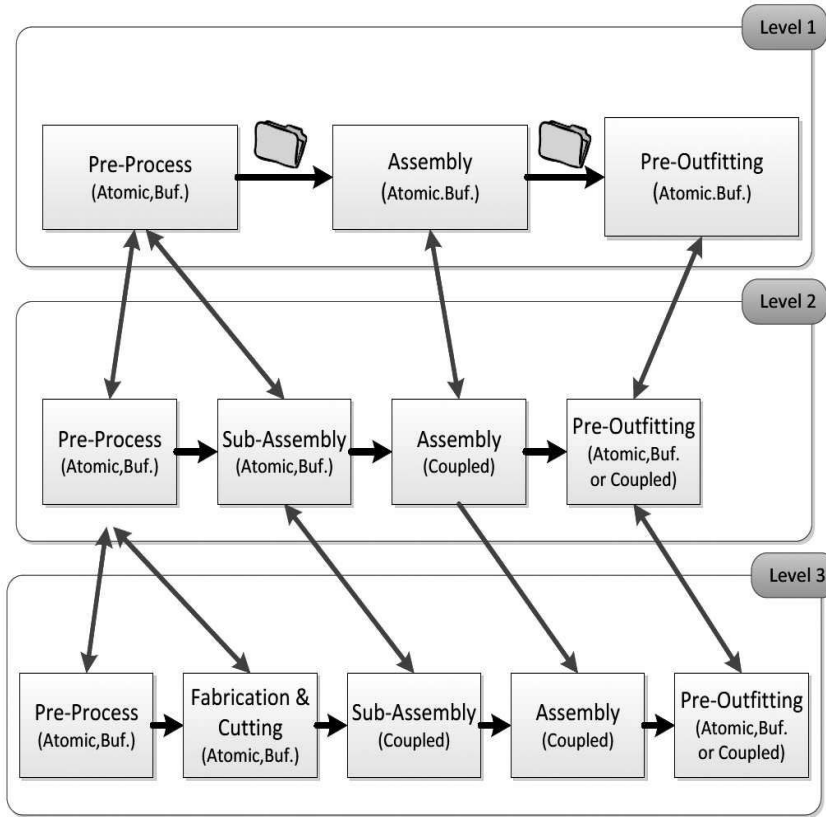
Layer 1



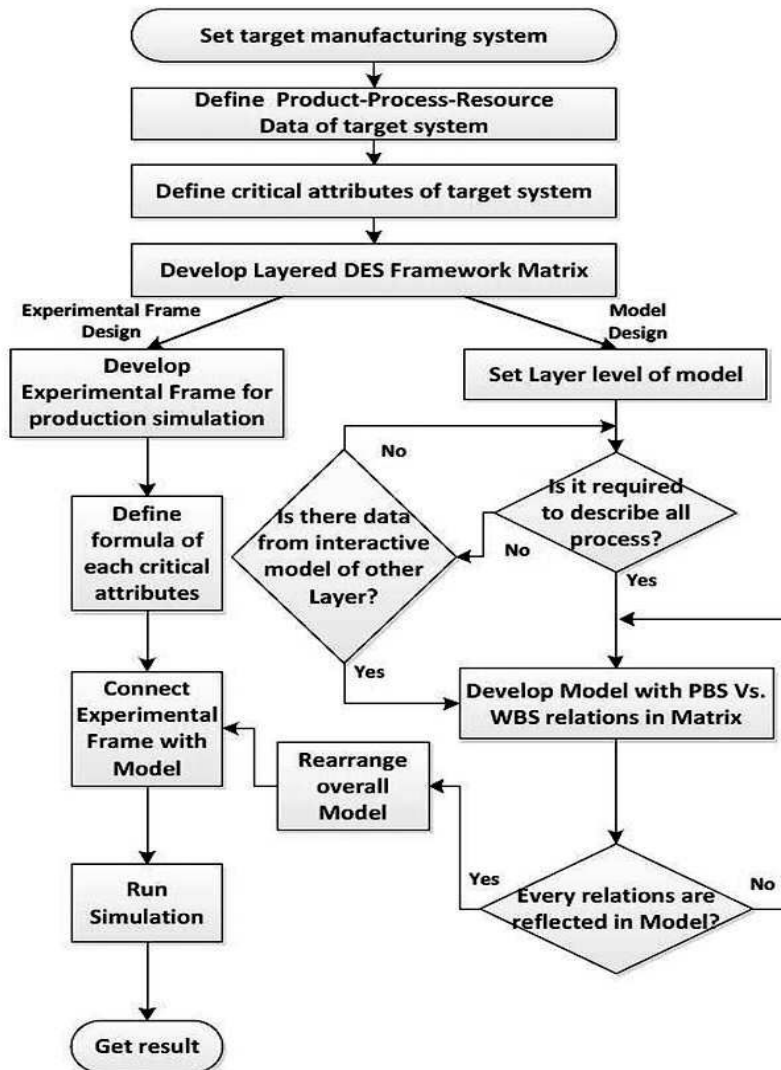
Layer 2



도면10

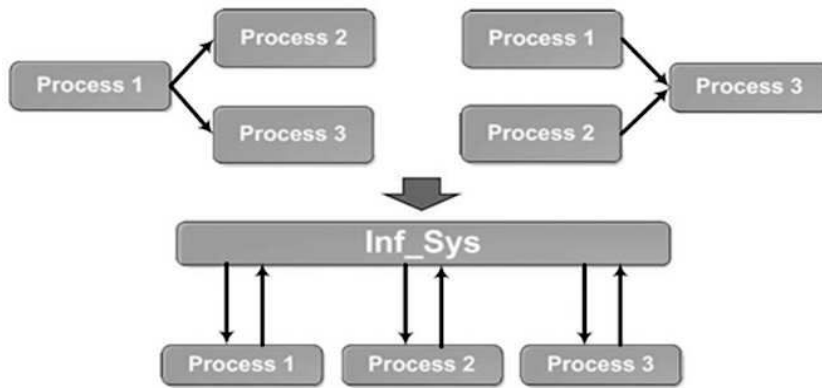


도면11





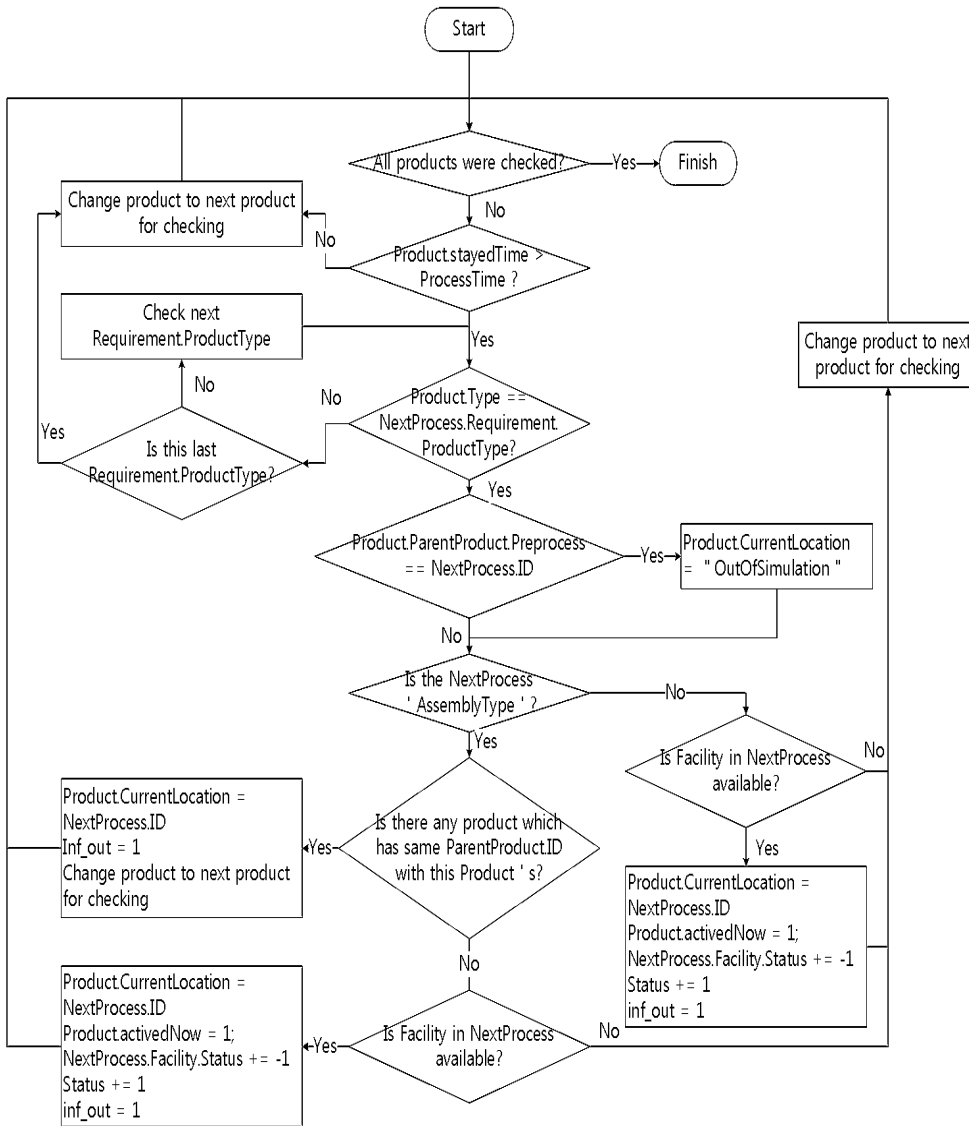
도면12



도면13

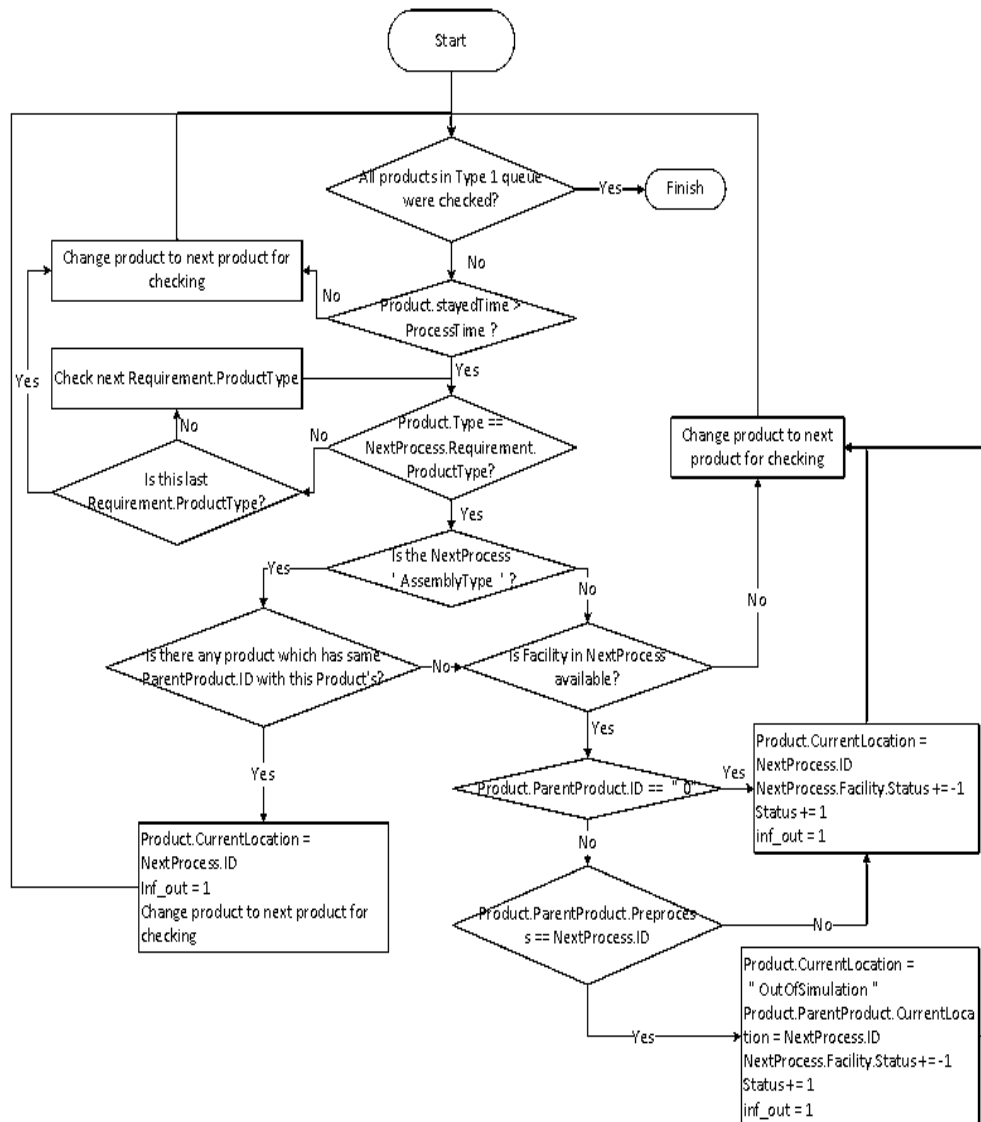
Process	Product	Resource
ID	ID	ID
Name	Name	Name
NextProcesses	ParentProduct	Type
Type	Preprocess	Plant
Plant	Type	Constraints
LayerLevel	Layerlevel	
Constraints	Constraints	

도면14

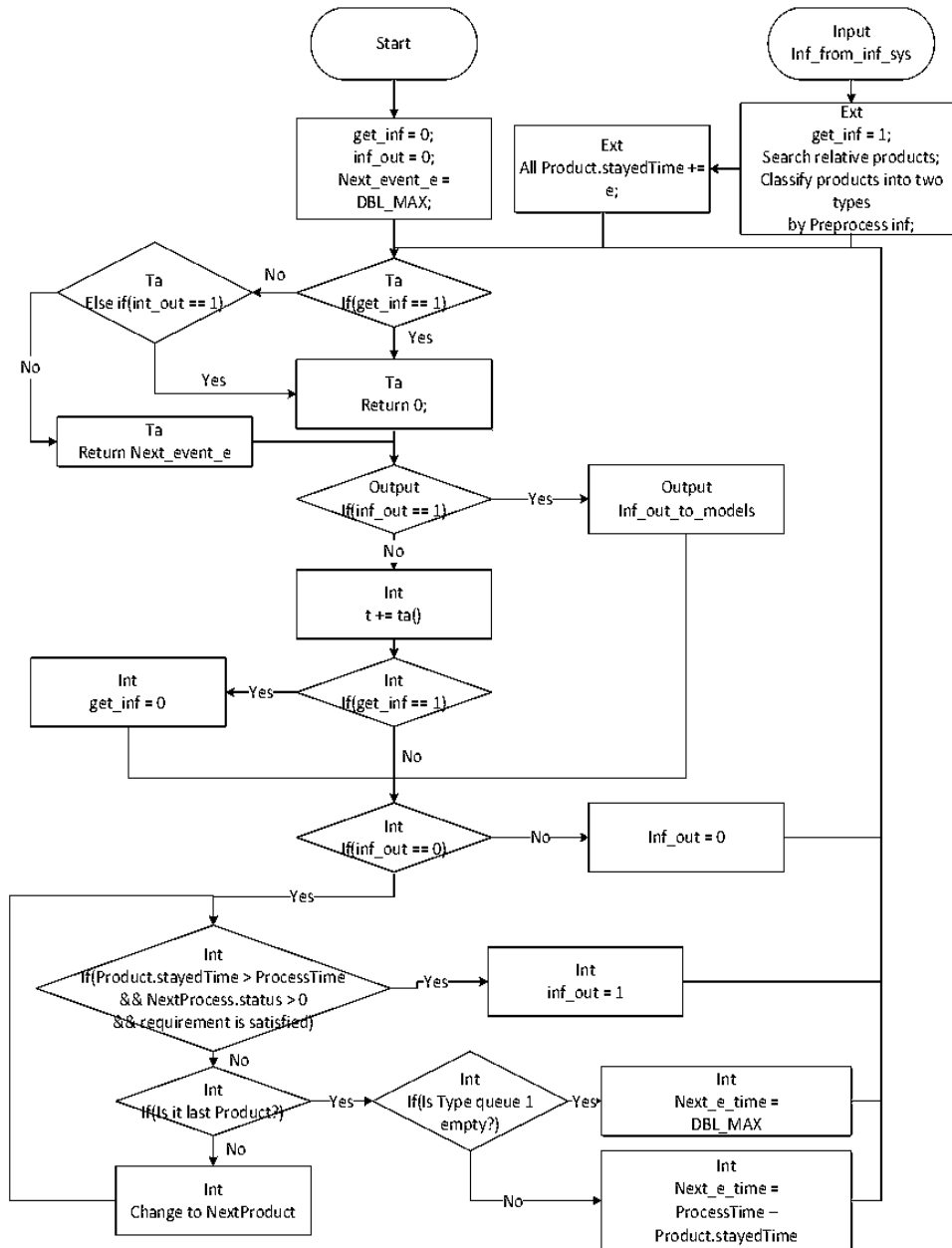




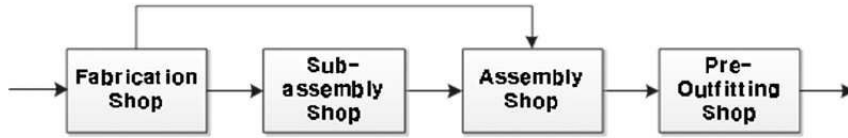
도면16



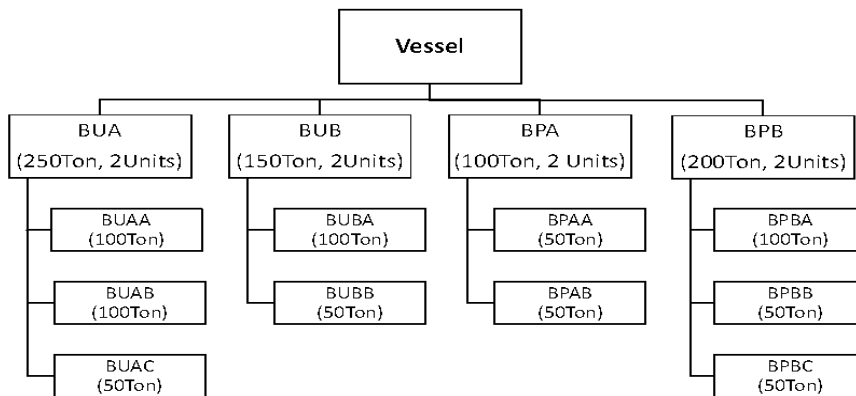
도면17



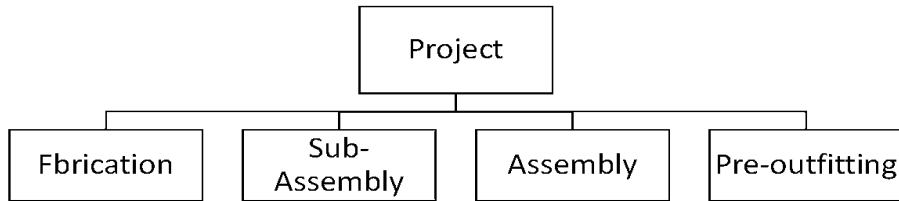
도면18



도면19



도면20



도면21

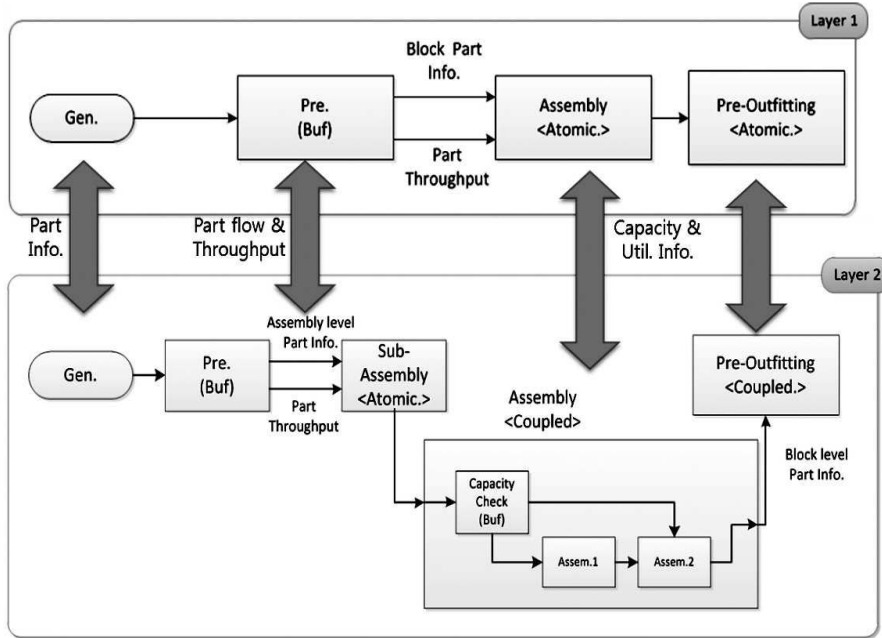
Attributes
<b>Basic information</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- # of part generated &amp; jobs finished (Units)</li> <li>- Simulation Finishing Time (Days)</li> <li>- Total Throughput Weight (Ton)</li> </ul>
<b>Layer interaction information</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Part Cycle Time (Days) , for each Component Model</li> <li>- Capacity (Ton/Month), for each Component Model</li> <li>- Start &amp; Finish Time (Days), for each Component Model &amp; Part</li> <li>- Utilization (%), for each Component Model</li> <li>- Process Time(Days), for each Component Model</li> <li>- Average Throughput(Ton/Month), for each Component Model</li> <li>- Assembly Parts and Time (Part, Start Time, Finish Time, Model), for Assembly Model</li> </ul>



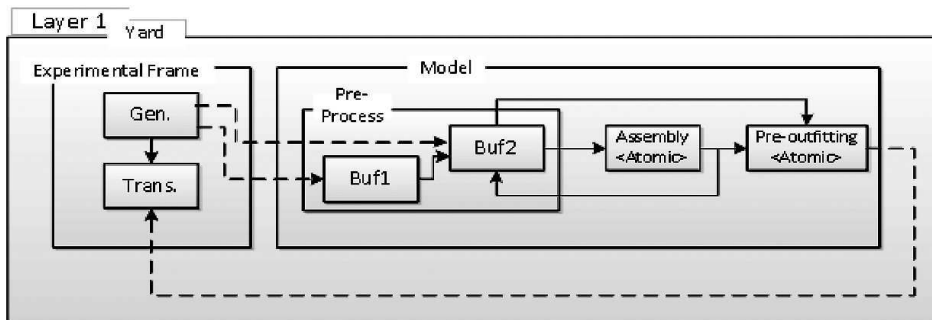
도면22

Layered DES Framework			Fabrication		Sub-Assembly		Assembly		Pre-Outfittin	
Attribute Vs. WBS			Atomic	Coupled	Atomic	Coupled	Atomic	Coupled	Atomic	Coupled
Capacity			V	V	V		V		V	
Utilization			V	V	V	V	V	V	V	V
Part Throughput			V	V	V	V	V	V	V	V
Process Time			V	V	V	V	V	V	V	V
Assembly Information				V		V		V		V
PBS Vs. WBS			Input	Output	Input	Output	Input	Output	Input	Output
Vessel										
	BUA							V	V	V
		BUAA				V	V			
		BUAB				V	V			
		BUAC				V	V			
	BUB									V
		BUBA				V			V	
		BUBB				V			V	
	BPA							V	V	V
		BPAA				V	V			
		BPAB				V	V			
	BPB							V	V	V
		BPBA				V	V			
		BPBB				V	V			
		BPBC				V	V			

도면23



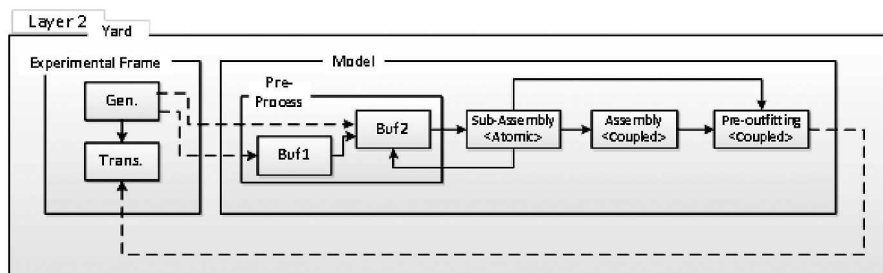
도면24



도면25

Attributes	
Basic information	
-	# of part generated & jobs finished : 8 (Units)
-	Simulation Finishing Time : Simulation result (Days)
-	Total Throughput Weight : 1400 (Ton)
Layer interaction information	
-	Part Cycle Time : Simulation result (Days) , for each Component Model
-	Capacity : Pre-determined (Ton/Month), for each Component Model
-	Start & Finish Time : Simulation result (Days), for each Component Model & Part
-	Utilization : Simulation result (%), for each Component Model
-	Process Time : Pre-determined (Days), for each Component Model
-	Average Throughput(Ton/Month), for each Component Model

도면26



도면27

Attributes
<p>Basic information</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- # of part generated &amp; jobs finished : 20 (Units)</li> <li>- Simulation Finishing Time : Simulation result (Days)</li> <li>- Total Throughput Weight : 1400 (Ton)</li> </ul>
<p>Layer interaction information</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Part Cycle Time : Simulation result (Days) , for each Component Model</li> <li>- Capacity : Pre-determined (Ton/Month), for each Component Model</li> <li>- Start &amp; Finish Time : Simulation result (Days), for each Component Model &amp; Part</li> <li>- Utilization : Simulation result (%), for each Component Model</li> <li>- Process Time : Pre-determined (Days), for each Component Model</li> <li>- Average Throughput(Ton/Month), for each Component Model</li> <li>- Assembly Parts and Time (Part, Start Time, Finish Time, Model), for Assembly Model</li> </ul>

도면28

Attributes
<p>Basic information</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- # of part generated &amp; jobs finished : 8 (Units)</li> <li>- Simulation Finishing Time : 106.902344 (Days)</li> <li>- Total Throughput Weight : 1400 (Ton)</li> </ul>
<p>Layer interaction information</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Part Cycle Time : 13.3627930045 (Days)</li> <li>- Part Cycle Time of Pre-Process: 9.0625 (Days)</li> <li>- Capacity of Pre-Process: 1000 (Ton/Month)</li> <li>- Start &amp; Finish Time of Pre-Process: 0 &amp; 72.5 (Days)</li> <li>- Utilization of Pre-Process: 57.9310344828 (%),</li> <li>- Process Time of Pre-Process : 8 (Days)</li> <li>- Average Throughput of Pre-Process : 579.310344828 (Ton/Month)</li> </ul>

도면29

Attributes
<p>Basic information</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- # of part generated &amp; jobs finished : 20 (Units)</li> <li>- Simulation Finishing Time : 142.293563277 (Days)</li> <li>- Total Throughput Weight : 1400 (Ton)</li> </ul>
<p>Layer interaction information</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Part Cycle Time: 7.11467816383 (Days)</li> <li>- Capacity of Pre-Process: 800 (Ton/Month)</li> <li>- Process Time of Pre-Process for each Blocks : 4 (Days)</li> <li>- Finish Time of Pre-Process : 142.061766654 (Days)</li> <li>- Utilization of Pre-Process: 36.9557561027 (%)</li> <li>- Part Cycle Time of Pre-Process: 7.10308833271 (Days)</li> <li>- Average Throughput of Pre-Process: 295.646048822 (Ton/Month)</li>   <li>- Capacity of Sub-Assembly: 800 (Ton/Month)</li> <li>- Process Time of Sub-Assembly for each Blocks : 9.05129109398 (Days)</li> <li>- Start Time of Sub-Assembly : 25 (Days)</li> <li>- Finish Time of Sub-Assembly : 142.293563277 (Days)</li> <li>- Utilization of Sub-Assembly: 44.7594893816 (%)</li> <li>- Part Cycle Time of Sub-Assembly: 5.86467816383 (Days)</li> <li>- Average Throughput of Sub-Assembly: 358.075915052 (Ton/Month)</li> </ul>

도면30

Attributes
<p>Basic information</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- # of part generated &amp; jobs finished : 8 (Units)</li> <li>- Simulation Finishing Time : 148.902344036 (Days)</li> <li>- Total Throughput Weight : 1400 (Ton)</li> </ul>
<p>Layer interaction information</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Part Cycle Time : 18.6127930045 (Days)</li> <li>- Part Cycle Time of Pre-Process: 15.0625 (Days)</li> <li>- Capacity of Pre-Process: 800 (Ton/Month)</li> <li>- Start &amp; Finish Time of Pre-Process: 0 &amp; 120.5 (Days)</li> <li>- Utilization of Pre-Process: 43.5684647303 (%),</li> <li>- Process Time of Pre-Process : 14 (Days)</li> <li>- Average Throughput of Pre-Process: 348.547717842 (Ton/Month)</li> </ul>