

# 다공장 구조의 생산계획 및 통제시스템에 대한 객체지향적 분석 및 설계

## Object-Oriented Analysis and Design for A Hierarchical Planning and Control System of Inter-plant Production

고려대학교 산업공학과

강 용혁, 서 동욱, 김 성식

### abstract

일반적으로 한 제품은 원자재로부터 중간의 여러 단계의 공장을 거쳐 최종 완제품으로 시장에 선보이게 된다. 이러한 다공장 구조에서는 제조기업 전체차원, 하부 공장차원, 단위작업장 차원을 유기적으로 연결하여 생산계획 및 생산 통제를 담당하는 운영시스템이 필요하다.

본 연구에서는 Jacobson[2]의 Use Case Driven 기법을 이용하여 이러한 다공장의 계층적 구조를 가진 생산계획 및 통제시스템에 대한 객체지향적 분석 및 설계를 수행하였다. 우선 각 계층의 시스템에 대하여 Actor와 Use case를 도출하였다. 그리고 도출된 Use-case로부터 객체를 규명하여 시스템에 대한 분석모델을 수립하였다. 또한 주요 Use case를 규명된 객체간의 메시지 교환과 통제의 이행과정을 통하여 표현함으로써 시스템의 객체지향적 구현의 기반을 구축하였다.

그러나, 계층적 생산계획 및 통제 시스템은 개발이 어려울 뿐만 아니라 유지, 보수 또한 쉽지 않다. 더구나 다변하는 생산환경에 따라 자주 수정과 개선 작업을 하기는 더욱 어렵다. 이러한 조건에서 급증하는 생산계획 및 통제시스템에 대한 수요를 충족시키며, 특정 환경에 적합한 시스템을 용이하게 구축하기 위해서는 유지, 보수 및 재사용성이 뛰어난 객체지향적 설계 및 프로그래밍이 필요하다.

본 연구에서는 계층적 생산계획 및 통제시스템에 대한 객체지향적 분석 및 설계를 수행하기 위하여 Jacobson이 제시한 Use Case Driven 기법을 이용하였다.

Jacobson은 그의 책에서 크게 Requirement ,

### 1. 서론

일반적으로 한 제품은 원자재로부터 중간의 여러 단계의 공장을 거쳐 최종 완제품으로 시장에 선보이게 된다[그림 1]. 이러한 다공장 구조에서의 생산계획과 통제를 담당하는 소프트웨어(이하 계층적 생산계획 및 통제 시스템)는 작업현장을 통제하는 작업장계층과 작업장들에 대한 계획 및 조정기능을 수행하는 공장계층, 그리고 기업 차원에서 단위 공장간의 통합계획을 수립하고 조정하는 제조기업 계층으로 구성된다(정양근[1]).

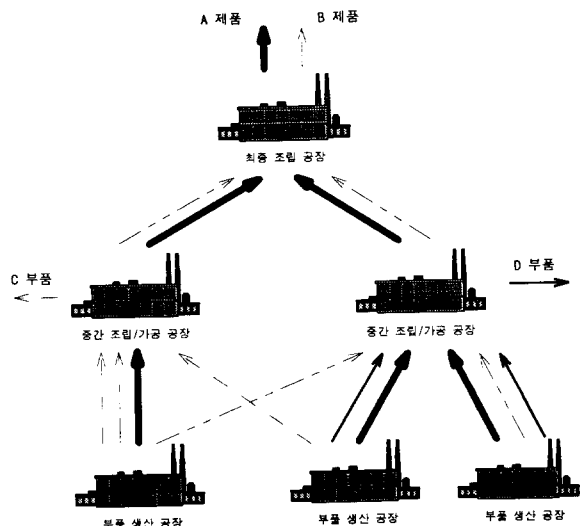


그림 1. 다공장구조에서의 완제품 생산경로

Analysis, Design, Implementation의 네단계 model을 거쳐서 객체지향적 설계를 할 것을 제안하였다. 먼저 Requirement model은 해당 시스템에 작용을 가하는 외부 시스템인 Actor를 도출한다. 그리고 Actor로부터 시작된 작업이 시스템내에서 진행되는 구체적 과정을 상세하게 서술한 Use case를 뽑아냄으로써 이후 모든 분석과 설계의 기초를 마련한다. Analysis model은 Use case로부터 객체를 뽑아내고 관계를 규명하는 단계이다. Design model은 한 작업이 어떻게 이루어지는가를 객체간의 메시지 교환과 통제의 이행과정을 통하여 보여줌으로써 이후 구현단계의 실질적 기초를 마련하는 단계이다. Implementation model은 프로그래밍에 적합한 언어를 선택하고 코드로 만들어 실행하는 단계이다.

본 연구는 우선 계층적 생산계획 및 통제시스템의 각 계층의 통제시스템에 대하여 Actor를 선정하고 Use case를 도출하여 이로부터 객체로 이루어진 Analysis model을 구축하였다. 또한 주요 Use case에 대해 객체간의 메시지 교환과 통제의 이행과정을 통하여 분석함으로써 Design model을 구축함으로써 이후 구현에 기반을 마련하였다.

## 2. 본론

### 1) 계층적 생산계획 및 통제시스템

제품을 생산하는 과정에 필요한 모든 생산능력 및 자재의 수급계획을 수립하고, 생산일정을 결정하는 생산계획 및 통제시스템이 반드시 가져야 하는 기능으로는 정보제공 및 처리 기능, 생산계획 수립시 가용 생산능력의 동시 고려 기능, 생산계획 기능, 작업일정계획 기능, 작업 우선순위 결정 기능, 주문에 대한 예상완료시점 제공기능이다. 또한 다공장 구조에서는 제조기업들이 최종완제품을 지역적, 기능적으로 분리된 여러공장에서 가공, 조립되는 부품 및 중간조립품들을 이용하여 생산하기 때문에 제조기업을 구성하는 관련 공장들에 대한 공장간 통합 계획 수립 기능, 공장간 통합 계획 조정 및 능력계획 기능들도 포함되어야 한다.

본 연구에서 대상으로 하는 계층적 생산계획 및 통제 시스템은 이러한 요구를 충족하기 위해 제안된 시스템으로서 그 구조와 기능들은

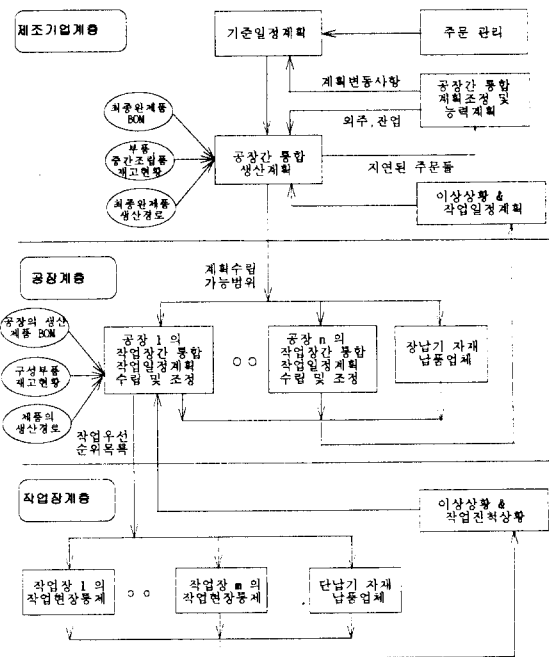


그림 2. 계층적 생산계획 및 통제시스템

그림 2와 같다.

그림에서 임의의 계층은 상위계층으로부터 받은 결정사항을 가지고 독립적으로 운영되며, 자신의 하부계층에 대한 계획을 수립하고 조정한다. 또한 하부계층에서의 작업들이 수행되는 상황을 모니터링하고 필요시에 재계획을 수립하며, 자신의 해결범위를 뛰어 넘는 것은 상부에 통보하여 지시를 받는다.

먼저, 최상위 계층인 제조기업 계층에 대해 살펴보면 주문에 대한 예상완료시점 제공기능에서는 최종완제품에 대한 주문과 하부부품에 대해 개별적으로 수주된 주문들에 대하여, 수립된 생산계획정보를 이용하여 생산현장에 무리한 부하량을 제공하지 않고 주문수량을 가장 빨리 제공할 수 있는 주문의 예상완료시점을 계산한다.

공장들에 대한 통합계획수립 기능에서는 수요예측 및 주문 수량에 대한 최종 완제품 생산공장과 부품, 중간조립품들을 생산하는 공장들간의 통합계획을 수립하기 위하여, 완제품 조립일정계획을 맞추기 위한 각 하부 공장들의 계획수립 가능범위를 구하고, 작업부하를 할당한다. 그리고 할당된 작업부하를 기준으로 장납기 자재들에 대한 자재수급계획을 수립하고, 구해진 계획수립 가능범위를 하부계층인 작업장에 대한 계획 및 조정 기능에 제공한다.

공장간 통합 계획조정 및 능력계획 기능에서

는 최종완제품의 주문납기를 지키지 못할 경우, 공장간 통합생산계획 수립후 임의의 공장에서 이상상황으로 인하여 계획지연이 발생한 경우, 제공된 계획수립 가능범위 안에서 공장을 구성하는 작업장들에 대한 작업일정계획 수립이 기존에 수립된 생산계획 및 작업장에서의 생산능력 제한등으로 인하여 불가능할 경우에 관련된 공장들에 대한 계획수립 가능범위들을 조정한다. 또한 관련 공장들에서 잔업, 외주 등의 생산능력을 추가하여 납기를 만족시킬 수 있으므로 관련 공장들을 통합하여 납기 준수를 제공하는 능력계획을 수립할 수 있다.

차하위 계층인 공장계층에서는 작업장들에 대한 계획 및 조정 기능을 수행한다. 즉, 상위 계층에서 제공된 공장의 계획수립 가능범위안에서 공장의 운영목적(최대의 가동률, 최소의 재고등)에 맞게 작업일정계획을 수립한다. 수립된 작업일정계획은 제품이 언제, 어디서, 어떤 순서로 제조되어야 하는지를 지시하며, 이를 기준으로 단납기자재들에 대한 자재 수급계획을 수립하고, 하부계층 기능인 작업현장통제로 작업우선순위 목록을 제공한다. 만일 하부계층 기능에서 기계고장, 자재미입고, 작업자 결근등의 이상상황으로 인하여 계획 지연이 발생한 경우에는 관련된 작업장들에 대한 재일정계획을 수립한다.

공장계층에서는 또한 작업장들에 대한 통제 기능을 수행한다. 작업물의 교환, blocking의 처리, 대체 경로의 결정등은 작업장 단독으로 판단하기 힘들기 때문에 공장전체의 상황을 종합하여 수행되어야 한다.

최하위 계층인 작업장 계층에서는 작업현장 통제 기능을 수행한다. 상위계층에서 수립된 작업일정계획과 가용 기계현황, 자재 가용여부등을 고려하여 실시간으로 작업일정계획을 수행하며, 실적치를 모니터링하여 계획 대 실적이 차이가 발생하면 상위계층에 계획조정을 요청한다. 또한 각 기계장비에 대한 통제기능을 수행한다. 본 연구는 작업장계층으로서 가공작업장인 CELL 통제시스템, 운반장비인 AGV 통제시스템, 자동창고(AS/RS) 통제시스템을 대상으로 한다.

## 2) Use case의 도출

본 연구에서는 계층적 생산계획 및 통제시스

템의 각 계층에 대해 Actor를 선정하고 각각의 Actor들이 계층에 대해 작용하는 Use case를 도출하였다. 각 계층에서 도출된 Use case를 서술하면 다음과 같다.

### <제조기업계층>

- 주문의 예상완료시점 문의(Actor:고객)
- 주문의 수주(Actor:고객)
- 통합 생산계획의 수립(Actor:생산관리자)
- 통합 생산계획의 조정(Actor:공장계층, 생산관리자)
- 통합 작업일정계획의 수립(Actor:생산관리자)
- 통합 작업일정계획의 조정(Actor:공장계층, 생산관리자)
- 공장단위 생산완료(Actor:공장계층)

### <공장계층>

- 제품의 공급가능시점 문의(Actor:고객,제조기업계층)
- 생산계획 수립지시(Actor:제조기업계층)
- 생산계획의 조정(Actor:제조기업계층)
- 작업일정계획의 수립(Actor:제조기업계층)
- 작업일정계획의 조정(Actor:작업장계층, 제조기업계층)
- 생산시작(Actor:공장관리자)
- Cell단위 생산완료(Actor:작업장계층)
- 원자재, 중간자재 입하(Actor:납품업체, 공장계층)
- 생산제품 출하(Actor:공장관리자)

### <작업장계층>

#### [CELL 통제시스템]

- 작업일정계획의 전달(Actor:공장계층)
- 작업일정계획의 변경(Actor:공장계층)
- 작업물의 도착예정(Actor:공장계층)
- 작업물의 도착(Actor:운반장비)
- 가공완료(Actor:생산장비)
- Blocking 발생(Actor:공장계층)
- Blocking 해제(Actor:공장계층)
- 기계고장(Actor:생산장비, 작업자)
- 수리완료(Actor:작업자)
- 불량발생(Actor:생산장비, 작업자)

#### [AGV 통제시스템]

- 작업물 수령 명령(Actor:공장계층)
- 작업 우선순위 변경 및 작업취소(Actor:공장

- 계층)
- 고장(Actor:AGV, 작업자)
- 수리완료(Actor:작업자)

[AS/RS 통제시스템]

- 원자재 및 중간자재 입하(Actor:공장계층)
- 작업물 입고 및 출고(Actor:공장계층)
- 생산제품 출하(Actor:공장계층)
- 작업 우선순위 변경 및 작업취소(Actor:공장계층)
- 고장(Actor:기계장비, 작업자)
- 수리완료(Actor:작업자)

3) Analysis Model

Jacobson은 객체를 Entity 객체, Interface 객체, Control 개체의 세가지로 나눔으로써 객체 도출작업을 좀더 편리하도록 하였다. 여기에서 Entity 객체는 긴 시간동안 정보를 유지하는, 따라서 데이터의 비중이 상당히 큰 객체이다. 그리고 Interface 객체는 외부환경과 직접적으로 연결되는 기능을 가지는 객체이며, Control 객체는 앞의 두 객체에 속하지 못하면서 주로는 Entity 객체와 Interface 객체를 이어주면서 Entity 객체의 정보를 가공하는 작업을 위주로 한다.

그러면 CELL을 대상으로 Analysis model을 세워보자. 앞에서 서술한 Use case 로부터 CELL 통제시스템의 객체를 도출해보면 우선 다른 단위들과 통신하기 위한 외부통신(EPC)객체와 내부통신(IPC)객체가 있어야 한다. 그리고 통신을 통해서 들어온 Job들을 관리하는 Job관리자와 이 Job들을 해석하여 수행할 객체에게 메시지를 전달하는 역할을 하는 Job해석기가 있다. CELL이 수행하는 역할과 받을 수 있는 메시지의 내용을 분석을 통하여 AGV, Conveyor등 운반장비와의 작업물 교환을 책임지는 작업물 교환자, 이상상황을 처리하는 고장처리기, Blocking 처리기, 불량처리를 도출하였다. 그리고 작업장의 상황에 맞게 실시간으로 작업물의 투입에 대한 의사결정을 담당하는 Dispatcher, lot에 대한 정보 및 lot들간의 관계를 관리하는 Lot 관리자와 CELL내의 모든 상황정보 및 이상상황을 검토하여 필요시 상위계층에 보고하는 모니터등이 있다. 그림 3은 이러한 객체들로 이루어진 CELL 통제시스템에 대한 Analysis model을 기호로 표현한 것이다.

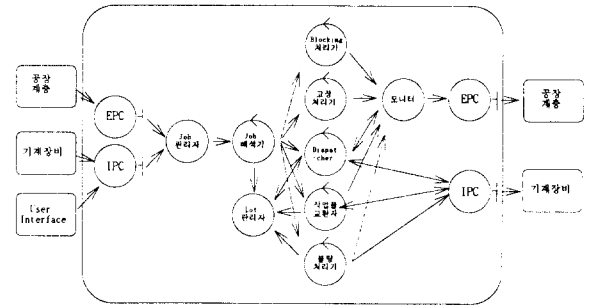


그림 3. CELL통제시스템의 Analysis model

4) Interaction Diagram

Interaction Diagram은 도출된 객체간의 관계를 메시지 전달과 통제의 이행과정을 통하여 보다 명확히 표현함으로써 의사코드를 쉽게 만들 수 있도록 하는 Design 단계이다.

그림 4는 한 예로서 제조기업계층에서 도출된 Use case인 '주문의 예상완료시점 문의'에 대해 관련 객체간의 메시지내용과 통제의 흐름등을 표현한 Interaction Diagram이다. 그림 왼쪽의 내용은 객체간의 메시지 흐름을 시간에 따라 전개한 것으로 의사코드를 만드는 데 상당한 효과를 줄 수 있다.

주요 Use case 를 Interaction Diagram으로 표현하는 과정을 통하여 곧바로 객체지향적인 시스템을 실제로 구축, 실험하는 적용단계로 넘어갈 수 있는 기반을 마련할 수 있다.

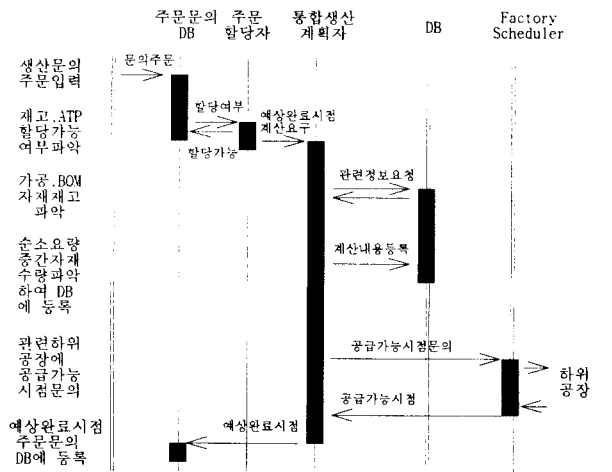


그림 4. 주문의 예상완료시점 문의

3. 결론

본 연구는 Jacobson 이 제안한 Use Case Driven 기법을 이용하여 계층적 생산계획 및 통제시스템에 대한 Use case를 도출하였다. 또

한 이를 통하여 시스템의 각 계층 및 프로세스에 대하여 객체들과 그들의 관계들로 이루어진 정적인 구조와 어떤 자극으로부터 시작되어 전개되는 Use -case에 대한 동적인 모형의 예를 보였다.

#### 4. 참고문헌

- [1] 정양근, “다공장 구조의 CIM구축을 위한 계층적 생산계획 및 통제 시스템”, 고려대학교 산업공학과 박사 논문, December 1995.
- [2] Jacobson, I., “*Object-Oriented Software Engineering : A Use Case Driven Approach*”, Addison Wesley Publishing Co., 1992