

## 좌표개념을 활용한 Variant BOM 설계의 새로운 접근법1)

### A New Approach to Design Variant BOM applying Coordinate Concept

유진선\*, 이형근\*\*, 박진우\*\*\*

- \* 서울대학교 산업공학과, 자동화시스템공동연구소(ASRI) (zaga1004@ultra.snu.ac.kr)
- \*\* 서울대학교 산업공학과, 자동화시스템공동연구소(ASRI) (hungry@ultra.snu.ac.kr)
- \*\*\* 서울대학교 산업공학과, 자동화시스템공동연구소(ASRI) (autofact@snu.ac.kr)

#### Abstract

소비자의 요구가 다양해지면서 많은 기업들이 관리해야 할 제품의 종류가 지난 몇 년간 급격히 늘어났다. 이에 한 제품에 대해 다양한 품목군을 유지해야 할 필요성이 제기되었으며, 전통적인 BOM(Bill of Material)으로 다양한 제품을 표현하기에는 막대한 양의 데이터가 발생하여 관리상의 어려움이 생기며, 데이터의 구성에도 중복성의 문제가 발생하게 되는 등의 한계가 드러남에 따라 다양한 제품군을 자체적으로 반영할 수 있는 Variant BOM의 개념 및 설계 방법론이 주목을 받고 있다.

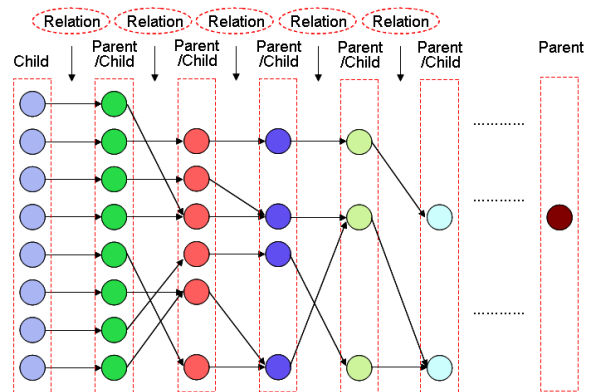
Variant BOM은 동일한 제품군에 대해 일부 구성품을 달리하여 구현한 다양한 제품을 반영하는 BOM의 한 종류로서 산업에서의 활용도가 높은 편이나, 여기에도 데이터의 중복성이나 Variant의 정도가 많아지면 관리에 어려움이 생기는 등의 몇 가지 단점을 내포하고 있다. 본 연구에서는 Variant Bill of Material을 대상으로 기존 연구들의 문제점을 분석하고 이를 해결하기 위하여 BOM에 좌표개념을 도입한 새로운 접근법을 제시한다. 이를 통해 BOM의 Structure와 Part를 분리시켰고, Linking Table을 통해 Structure와 Part를 연결하여 기존의 Variant BOM에 있던 문제들을 해결하였다.

#### 1. 서론

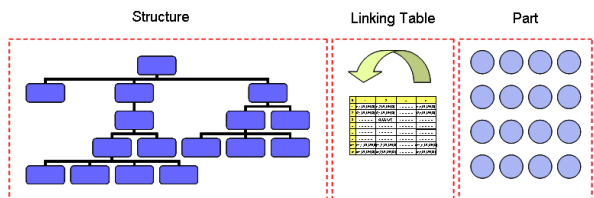
생활수준이 높아지고 소비자의 요구가 다양해짐에 따라 제품의 수명주기가 짧아지고 기업 간의 경쟁이 더욱 심해졌고, 이에 다양한 제품을 보다 빨리 내놓기 위한 많은 노력들이 있어 왔다. 특히 생산 분야에 있어서는 생산 계획과 실행의 전반에 걸쳐 다양한 제품을 효율적으로 관리하는 일이 중요해지게 되었는데, 이에 다양한 제품을 통합하여 관리할 수 있는 BOM에 대한 요구가 생기게 되어 Variant BOM이 제시되었다. Variant BOM은 최소한 한 개 이상의 다른 성질을 공유하는 제품들을 하나의 BOM으로 표현한 것으로서, 관리의 편리성과 효율성을 목적으로 다양한 옵션이 존재하는 제

품군에 주로 사용이 된다.

Variant BOM은 다른 BOM들과 같이 BOM의 구조(Structure)를 전개시키는데 있어 구성품(Part)들 간의 종속관계(Parent-Child)에 매우 의존적인 모습을 보인다[그림1]. 이는 Variant가 많아짐에 따라 Variant BOM을 전개시키기는 과정에서 그 많은 Variant를 다루는 것이 어렵게 되는데 원인을 제공하며, 제품의 Variant를 표현하기 위하여 하위 Level로 내려가야 하는 점과 데이터의 중복성 문제에도 동시에 원인을 제공한다. 이에 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 Part간의 관계에 의존적인 구조를 Part와 Structure를 분리하여 전개하는 새로운 모델을 소개하고자 한다[그림2]



[그림 1] 기존 Variant BOM 전개방식



[그림 2] 제안된 Variant BOM 전개방식

본 논문은 5장으로 구성되어 있으며, 2장에서 Variant BOM의 정의에 관한 내용을 살펴본 뒤 3장에서 기존의 관련 연구를 파악하였고, 4장에서는 Variant BOM에 대한 새로운 모델을 제시한 뒤, 끝으로 5장에서 결론을 제시하고자 한다.

1) 본 연구는 산업자원부에서 추진하는 차세대기술개발사업의 하나로 수행되고 있는 ‘글로벌 정보 공유 및 지능기반의 차세대 생산시스템 개발’ 과제의 지원을 받아 수행되었습니다.

## 2. Variant BOM의 정의

BOM은 그 정보를 사용하고 관리하는 주체에 따라서 크게 Engineering BOM과 Manufacturing BOM, 그리고 Planning BOM으로 나누어지고, 이 중 생산계획과 관련한 BOM은 Planning BOM으로서 사용되는 방법에 따라 다양한 이름으로 불리고 있다. 그 중의 한 가지가 Variant BOM이다. Variant BOM은 Modular BOM으로부터 출발하였는데, Modular BOM은 동일한 BOM 구조에 다양한 옵션이 존재하는 제품의 BOM을 관리하기 위하여 고안되었다. 행렬을 사용하여 행렬의 열에는 다양한 옵션에 따른 제품들을 나열하고, 행에는 제품에 사용되는 부품들을 나열하여 공통품목과 단일품목을 분리하여 관리하는 기법이다. 공통품목과 단일품목을 기능별로 분류하여 이들의 조합으로 완제품이 이루어진다. 이 방법은 공통품목과 단일 품목을 분리하여 이들의 재고 유지비용을 절감시키고 수요예측이나 MPS(Paster Production Scheduling, 기준생산일정계획) 관리의 정밀도를 향상시켰다. 그러나 제품들이 복잡해지고 다양해짐에 따라 Modular BOM에서는 최종제품 정의를 위한 옵션 기능과 계획 기능을 만족시키는 BOM의 구성이 어려워지게 되었고, 이에 대안으로 Variant BOM이 제시되었다. Variant BOM은 다양한 옵션이 존재하는 제품을 관리하기 위하여 고안된 또 다른 기법으로 변이(Variant)를 포함하는 BOM을 구성하여 관리하는 기법이다. Modular BOM과 Variant BOM의 차이는, Modular BOM은 구성품목들을 모듈별로 나누어 관리하다가 이들의 조합으로 완제품을 완성하는 반면, Variant BOM은 완제품에 대한 기본 구조가 있고 여기에 옵션들이 추가되거나 제거되는 방식이다.

Variant BOM을 구성하기 위한 절차를 제품구조의 복잡도별로 열거하면 다음과 같다[9].

- 1) 각 변이들은 독립된 부품(Part) 개체로서 관리한다.
- 2) BOM은 오로지 변이군(Variant Family)으로 정의한다. 그러나 개별 변이들은 내재적으로 정의되며, 변이군으로부터 부품번호 외의 추가적인 변수들을 지정함으로써 작동하게 된다.
- 3) 변이를 부품개체 단위에서 정의하지 않는다. 또한, 제품구조 정보를 참조함으로써 변이가 발생하는 제품의 하위에 속하는 부품들만을 부품개체로 인정한다. 특정 제품변이 들은 이들 개체들을 조합함으로써 구성한다.

## 3. 기존연구

VANN VEEN[2,3,4,11]은 유사 구조를 취하고 있는 End-Item의 수가 상당히 많을 때 효율적으로 BOM을 관리할 수 있도록 해주는 Generative BOM processing system에 대한 연구를 했다. Generative BOM processing system은 각각의 End-Item을 BOM으로 구성하지 않고, 그룹으로 묶을 수 있는 Part들을 Item으로 그룹화 시키고 그들 간의 관계를 Source BOM으로 표시하고, 옵션별 Part간의 관계(Constraint)를 규칙으로 저장한 다음 특정 사양이 주어지면 그에 맞는 Result BOM을 자동으로 생성해주는 시스템이다. 이 연구에서는

또 Generative BOM processing system 중 하나의 특별한 종류인 Variant BOM processing system를 제시해서 일반적인 Generative BOM processing system의 효율을 증진시켰다.

HEGGE[7]는 Indirect Identification을 이용한 Generative BOM processing system을 개발했다.

OLSEN[8]은 Procedure-oriented generic BOM을 설계, 구현했다. 기존의 generic BOM 시스템이 거의 Relational Database를 기초로 설계되었는데, 이 테이블 형태의 구조는 Generic BOM의 동적인 특성과 유연성을 나타내기는 어렵다는 단점이 있다. 따라서 이 연구에서는 프로그래밍 언어 구조에 기초한 Procedure-Oriented BOM시스템을 개발했다. 이를 통해 BOM의 구조적인 특징과 기능적인 특징을 나타냈다.

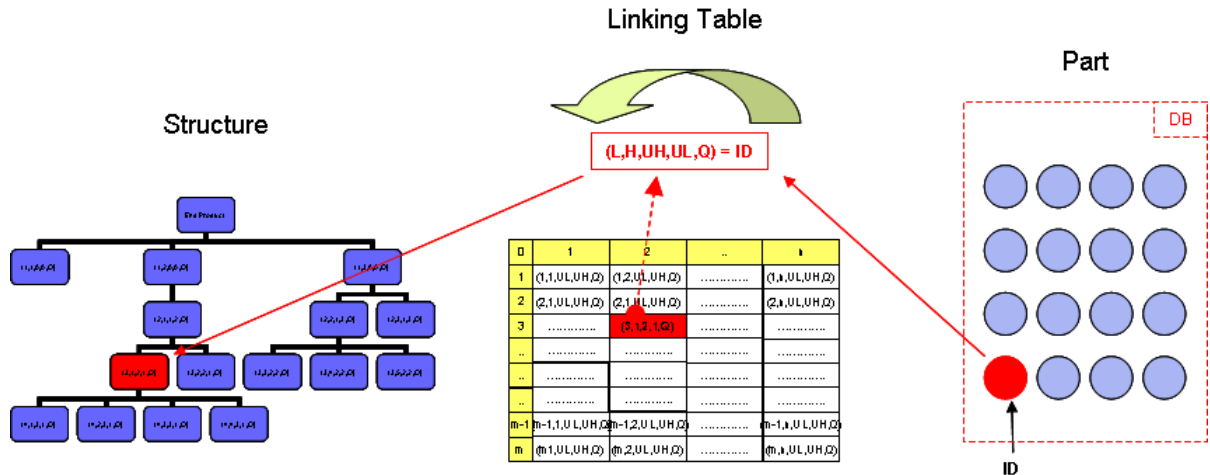
그러나 이러한 기존 연구들은 제품을 구성하는 Part들 간의 관계에 기초하여 BOM을 구성하고 있어 제품의 다양성을 표현하기 위해 BOM 상에서 해당 Level까지 전개하여 내려가야 한다는 점과 제품의 다양성이 높아지면 그것을 반영하기가 어려워지는 점, 그리고 parameter와 parameter의 값, 그리고 이들간의 관계 사이에 중복성이 존재하게 된다는 등의 한계점을 내포하고 있다. 소비자의 기호가 다양해짐에 따라 기업에서 생산하는 제품의 종류 역시 다양해지게 되고, 그에 따라 관리해야 하는 데이터의 양이 기하급수적으로 증가하는 환경에서 이러한 단점은 기업의 생산 활동을 더욱 어렵게 한다. 이에 본 연구에서는 기존의 다양한 제품을 표현하기 위해 고안된 Variant BOM을 대상으로 좌표 개념을 도입하여 기존의 접근법의 한계를 뛰어넘은 Variant BOM의 설계모델을 제시하고자 한다.

## 4. Linking Table 기반 Variant BOM의 설계

본 연구에서는 Variant BOM을 전개하는데 있어 Structure와 Part를 분리하기 위해 좌표 개념을 도입하여 Structure, Part, Linking Table의 세 개의 개체로 구분하였다. Structure는 BOM 전개 후 완성되는 제품의 전체 밑그림이고, Part는 제품을 구성하는 구성품들, 그리고 Linking Table은 이 둘을 연결하여 주는 매개체로서, 특정 제품의 모든 Variant를 포함하는 Structure를 초기에 정한 다음, 각 Node에 좌표를 부여하여 그곳에 해당되는 Part들을 Linking Table을 통해 부여하는 방식을 취하였다[그림3].

### 4.1 Structure와 Part의 분리

기존의 BOM을 표현하는 방법들은 모두 Single-Level(Parent-Child 관계)에서 Part에 종속 관계를 부여하여 각 Part간의 관계들로부터 전체 BOM의 구조가 유도되는 방식이었다. 그렇기 때문에 Variant의 정도가 많아지게 되면 그것을 BOM 구조로 표현하기가 어렵게 되었고, Lower Level까지 내려가야 BOM이 구현이 된다는 점과 데이터에 중복성이 생기는 단점이 발생하였다. 이러한 문제가 발생하는 근본적인 이유는 BOM의 구조가 Part에 의존적이라는 데에서 원인을 찾을 수 있다. Part에 BOM의 Structure를 구성하는 요소가 묶여 있기 때문에 전체 Structure를 구성하기 위해서는 먼저 각 Part가 완전하게 지정이 되어야 했고, 이것이 이루어지지 않으면 BOM의 Structure 구성 과정 도중에 전개가 불가능한 상황에 직면하게 되거



[그림 3] Linking Table을 이용한 Variant BOM의 전개

나 저장되어 있는 Part의 정보 간에 redundancy가 발생할 수 있게 된다. 이에 본 연구에서는 Structure와 Part를 분리하는 방법을 고안하였다.

Variant가 존재하는 제품군에 대하여 모든 Variant를 포함하는 전체 Structure를 만든 뒤, Structure의 각 Node에 해당 Part를 부여하고, 이를 위해 Structure와 Part를 연결하여 주는 테이블(Linking Table)을 준비하였다[그림 5]. 즉 Part간의 관계로부터 Structure가 유도되는 방식과는 달리, Structure와 Part를 분리하여 준비된 Structure에 특정 제품의 스펙에 해당하는 Part를 할당하는 방식이다. 이 방법을 이용하면 단일 DB에서 Part를 추출하기 때문에 데이터의 중복 문제가 발생하지 않고, Variant가 많아 BOM 구조를 표현하기 어려운 문제와 Lower Level로 내려가야 BOM이 구현된다는 Variant BOM과 관련된 기존의 문제들을 해결할 수 있다.

4.2 좌표 개념의 도입

Structure와 Part를 분리하고 Structure에 해당 Part를 부여하기 위해서는 Structure의 각 Node를 지정할 수 있는 방법이 필요하였다. 그래서 여기에 좌표 개념을 도입하였는데, End Product(최종제품)가 Level0 이고 그 이하 구성품들이 Level1 부터 고유의 Level을 갖고 각 Level에는 유한개의 Part가 존재하기 때문에 각 Part의 Level과 그 Level에서 왼쪽으로 부터 Part의 순서를 좌표 값으로 사용하였다. 예를 들어 어떤 Part의 Level이 3이고 그 Level에서 5번째에 위치하고 있다면, 그 Part는 (3, 5)라는 좌표 값을 갖게 된다. 이렇게 해서 각 좌표 값을 취합하면 전체 Structure가 나오고, DB에서 Part를 뽑아 여기에 연결하면 분리되었던 Structure와 Part를 결합하는 것이 가능해지게 된다.

여기에 필요한 것은 이 둘을 연결시켜 주는 매개체인데, 이것은 표로 나타낼 수 있다. Structure에서의 Level은 표의 행으로, Part의 위치는 열로 표현하여 그 교차점이 Structure에서의 Node가 되고, 그 Node에 해당 Part와 그 수량을 할당하는 방식을 채택하였다.

이렇게 하면 Structure의 각 Node와 Linking

Table은 고유의 좌표 값을 갖게 되는데, Level을 L로 표현하고 Part의 수평적 위치를 H(Horizon)으로 표현하면 (L, H)라는 좌표가 생성된다. BOM에는 각 Part의 수량에 대한 정보도 함께 명시되어야 하는데, 이 정보를 부여하기 위해 Linking Table에는 Q(Quantity)라는 값을 함께 넣어 (L, H, Q)로 표현하였다.

그리고 각 Part들의 Parent-Child 관계를 표현하기 위해 Parent의 좌표 값을 Child에도 부여하였다. 'Upper'의 약자 U를 붙여 Parent의 좌표 값을 (UL, UH)라고 하였는데, 이렇게 해서 완성한 좌표 값은 (L, H, UL, UH, Q)가 된다('Part 좌표(L, H) + Parent 좌표(UL, UH) + 수량(Q)'의 구조).

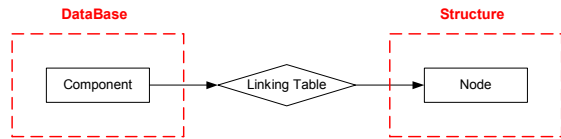
4.3 Linking Table의 작성

Linking Table[그림 5]은 행이 BOM의 Level을 나타내고 열이 그 Level에서의 수평적 위치를 나타내며, 행과 열이 교차하는 지점에서 Structure의 Node가 결정된다. 이 둘의 교차지점에는 Structure의 Node 좌표 이외에 Node가 가지는 Parent의 좌표 정보와 수량에 대한 정보가 함께 표시된다.

[그림3]은 m개의 Level과 n개의 Horizon이 존재하고 각 Part의 수요량이 Q로 일정할 때의 예이다. 이 표를 통해 Structure와 Part가 서로 연결되게 되는데, 이때 표의 셀 안에는 하나 이상의 Part가 부여될 수 있다. 즉 Variant의 경우 한 개의 Node에 들어갈 수 있는 Part 대상이 여러 개가 있으므로 각 셀은 복수개의 Part를 받을 수 있고, Variant의 모든 경우를 수용하기 위하여 이 수는 필요한 만큼 늘어날 수 있다. 또한 동일한 Part가 여러 부분에서 사용하는 것이 가능하므로, 한 개의 Part는 여러 개의 셀에 할당될 수 있다. 그러므로 Part와 Linking Table에서의 셀과의 관계를 살펴보면, 이 둘은 '다대다(m : n)'의 속성을 지닌다고 할 수 있다.

Part는 자신을 정의하는 고유 ID만을 가지고 있고 Linking Table을 지나가며 Part가 놓일 Structure 상의 Node와 수량에 대한 정보를 얻게 되는데, 각 셀에는 그곳에 놓일 수 있는 Part가 사전에 정의되어 있어 미리 정의된 Part 만이 올 수

있다. 이것을 그림으로 표현하면 아래와 같다.



[그림 4] Linking Table을 이용한 Structure에의 Part 할당

‘(L, H, UL, UH, Q) = Part ID’ 인 경우에 한하여 Node에 Part를 할당할 수 있지만, 만일 조건에 만족하는 값이 없다면 그것은 제품 스펙에서 제외되는 대상이므로 Node에는 Part를 할당하지 않는다.

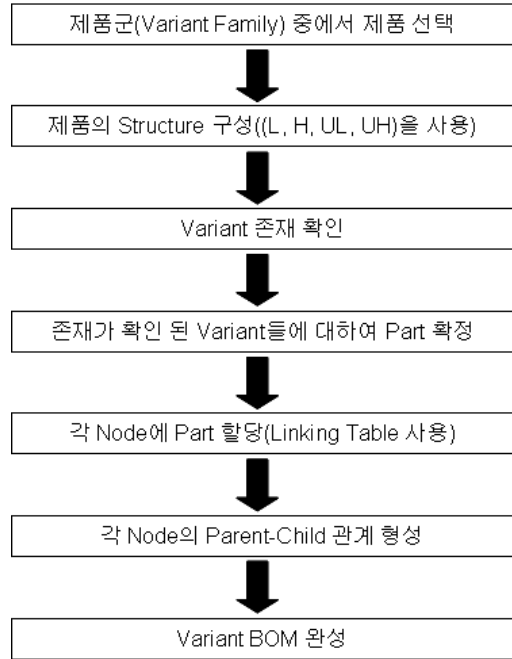
Linking Table을 작성하기 위해서는 다음의 4가지 조건을 만족시켜야 한다.

- 1) Key
- 2) 좌표(L, H, UL, UH)
- 3) 수량(Q)
- 4) Foreign Key

첫 번째 Key 조건은 한 개의 셀에 Part를 할당하기 위한 전제조건이다. 위에서 언급한 바와 같이 Variant BOM의 특성상 한 개의 셀은 여러 개의 Part들을 후보로 가질 수 있기 때문에, 각 셀은 여러 개의 Key를 가지고 Part들을 후보로 맞이할 수 있어야 한다. 두 번째 좌표 조건은 Part와 Structure의 Node를 연결하기 위한 조건이고, 세 번째 수량 조건은 Node에서 필요로 하는 Part의 수요정보를 나타내기 위한 조건이다. 마지막으로 네 번째 Foreign Key 조건은 Linking Table의 셀에 Part를 할당하기 위해 셀에 할당이 가능한 Part 정보를 정의하기 위해 필요한 조건이다.

**4.4 Linking Table을 이용한 Variant BOM의 설계**

제시된 모델을 바탕으로 Variant BOM을 설계하기 위한 절차는 [그림 6]과 같다.



[그림 6] Linking Table을 이용한 Variant BOM의 설계 순서

**5. 결론**

본 연구에서는 산업에서 많이 활용되고 있는 Variant BOM 대상으로 기존 연구의 한계점을 분석하고 그것을 해결하기 위한 모델을 제시하였다. Part에 포함되어 있는 BOM의 Structure 정보를 분리하여 Structure 정보와 Part 정보를 따로 놓음으로써 Variant BOM을 전개함에 있어 발생하는 문제와 데이터의 중복 문제를 동시에 해결할 수 있게 되었고, BOM을 전개하는데 있어 거쳐야 했던 Part 간의 복잡한 연산을 Linking Table을 통하여 단순화하였다. 또한 이로 인해 전체 Structure 안에서의 Part의 위치를 파악할 수 있게 됨으로써 관리상의 편리함을 가져왔다.

Linking Table을 이용한 Variant BOM을 사용

2	3	.....	.....	n-1	n
(1,2,0,0,Q)	(1,3,0,0,Q)	.....	.....	.....	(1,n,0,0,Q)
(2,2,1,2,Q)	(2,3,1,3,Q)	.....	.....	.....	(2,n,1,n,Q)
.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....
n-1,2,m-2,2,Q)	(m-1,3,m-2,3,Q)	.....	.....	.....	(m-1,n,m-2,n,Q)
(m,2,m-1,2,Q)	(m,3,m-1,3,Q)	.....	.....	.....	(m,n,m-1,n,Q)

[그림 5] Linking Table

하는데 있어 가장 중요한 요소는 초기에 모든 Variant를 고려한 Structure를 구성하는데 있다. 절 대좌표를 사용하여 Structure를 구성하고 있으므로 전체 요소가 완벽하게 반영된 Structure를 초기에 구현한다면, 이를 바탕으로 이 안에 포함되는 제품에 대해서 해당하지 않는 요소는 제거하고 필요한 부분만 남겨 제품 Structure를 활용하고, 이 위에 필요한 Part만을 연결하여 놓음으로써 다양한 제품을 하나의 BOM으로 효과적으로 구현하는 것이 가능해졌다. 본 연구에서 제시한 Variant BOM 설계 방법을 통해 생산 현장에서의 효율성 제고에 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

## 참고문헌

- [1] 지용구, 김종한, 신기태, 박진우, Value Clustering Method를 이용한 Modular BOM의 생성과 데이터 베이스의 효율적인 구축에 관한 연구, 대한산업공학회, 1998, Vol.24, No.2, pp.311-322
- [2] VEEN, E. A. VAN, at al., Generic Bill of Material in Assemble-to-order Manufacturing, IJPR, 1987, Vol. 25, No 11, pp. 1645-1658
- [3] Hegge H.M.H. and WORTMANN, J. C., 1991, Generic bill-of-material : a new product model. International Journal of Production Economics, 23, 117-128.
- [4] VEEN, E. A. VAN, and WORTMANN, J. C., 1992, New developments in generative BOM-processing systems. Production Planning and Control, 3, 327-335.
- [5] VEEN, E. A. VAN, and WORTMANN, J. C., 1992, Generative bill of material processing systems. Production Planning and Control, 3, 314-326.
- [6] F. Erens, and Hegge H.M.H. and VEEN, E. A. VAN, and WORTMANN, J. C., 1992, Generative bills-of-material : An overview. IFIP Transactions, pp.93-113.
- [7] Hegge, H.M.H., A Generic Bill-of-Material Processor Using Indirect Identification of Products, Production planning and control, 1992, Vol. 3, No 3, pp. 336-342
- [8] KAI A. OLSEN at al. A Procedure-oriented Generic Bill Of Materials, Computers ind. Engng, 1997, Vol 32, No 1, pp 29-45
- [9] August-Wilhelm Scheer. Business Process Engineering (2nd), Springer-Verlag.
- [10] Dave Garwood, Bills of Materials, 1987, APICS
- [11] VEEN, E. A. VAN, Modeling Product Structures by Generic Bills-of-materials, Elsevier, 1992