

# 군집화 방법을 이용한 모듈라 자재명세서 생성

김 종한\*, 지 용구\*\*, 김 영호\*, 박 진우\*

\*서울대학교 산업공학과, \*\*지식정보기술(주)

## Abstract

This paper is concerned with the generation and use of modular BOM, which is typically utilized in representing product configurations for two-level master production schedule. A method called VCM (Value Clustering Method) is proposed to build modular BOMs. We adopted a where-used matrix to represent part-product relationships. VCM is a method that can identify modules of components based on the where-used matrix. The method uses product family group value, product value, and component value. This can facilitate retrieving information about modules, finding out alternative usage pattern of components, and recognizing modules used in a particular product.

## 1. 서론

MRP는 생산 시스템 통제에 있어 아주 유용한 방법으로 인식되고 있으며, 기업의 생산성 향상과 체계적 재고 관리에 많은 성과를 보이고 있다. 또한, MRP 시스템은 변화하는 환경, 치열한 기업간의 경쟁, 시장의 세계화, 소비자 기호의 다양화 등에 대처하기 위해 MRP II, CIM, ERP 등의 개념으로 확장되고 발전되어 왔다. 그러나 이러한 개념들은 MRP 시스템 본래의 기능에 새로운 영역들이 추가된 것일 뿐이며, 이들의 효율적인 활용은 MRP 시스템 고유 기능의 원활한 운용을 기반으로 한다 [10].

MRP 시스템을 운영하는 데 있어서 그 입력 자료로는 BOM (Bill of Material), 재고 자료, 그리고 최종 제품의 생산량과 시점을 나타내는 기준생산계획이 있다. 이 가운데 BOM은 제품과 부품의 구성 상태를 표현하는 것으로, 제품의 기본적인 Engineering data를 생성, 구성, 유지, 전달하는 대부분의 활동에서 핵심적인 정보라 할 수 있다. MRP 시스템 내에서 BOM은 설계 변경 및 조정의 반영, 자재 수급 계획과 일정 계획, 원자재조달계획, 조립명세서 등의 용도로 사용된다 [8, 9].

BOM은 그 정보를 사용하고 관리하는 주체에 따라 크게 Engineering BOM, Manufacturing BOM, Planning BOM으로 나누어진다. MRP시스템에서 기준생산계획의 효과적인 수행을 위해 사용되는 BOM은 Planning BOM으로, 작성 형식과 사용 방법에 따라 다양한 이름으로 불리고 있다. 그 중 한 가지로 Modular BOM이 있다. Modular BOM은 여러 가지 제품들을 하나의 군으로 묶고, 군 내부에서 제품 사양

이나 사용 형태가 같은 부품들을 모듈화하여 사용하는 것이다. 이 방법은 생산통제 환경이 계획 생산에서 반제품 예측생산, 선택적 주문생산으로 변화함에 따라 기준생산계획을 효과적으로 수립하기 위해 도입된 이단계 기준생산계획(Two-Level Master Production Schedule)에 사용된다. 기존의 Modular BOM은 수요 예측과 판매의 관점에서 작성된 사양별 모듈에 근거하여 구성되었으며, 이를 위해서는 제품에 대한 자세한 지식을 가진 사람이 필요하다는 문제점이 있었다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 극복하기 위해 Value Clustering이란 방법을 제안한다. 즉, Modular BOM에서 필요한 모듈에 관한 정보, Option 관계를 파악하기 위한 Alternative Usage Pattern Module 정보, 그리고 각 제품에 속하는 모듈(부품)을 추출하는 방법을 제시하였다.

본 논문은 모두 5장으로 구성되어 있다. 2장에서는 기존의 관련 연구를 간단히 소개하였으며, 3장에서는 BOM 모듈을 생성하는 새로운 방법인 Value Clustering Method를 제시였고, 4장에서는 필요한 DB의 규모를 비교 분석하였고, 끝으로 5장에서 결론을 맺었다.

## 2. 연구 현황

MRP 시스템에서 사용되고 있는 BOM은 앞에서 언급한 바와 같이 그 사용 주체에 따라 크게 3가지로 구분할 수 있으나, 여기에서는 본 논문과 직접 관련되는 Planning BOM에 대한 연구 현황을 살펴보고자 한다.

많은 저서에서 Planning BOM의 필요성, 종류, 생성 방법 등에 대한 대략적인 방법들을 제시하고 있다 [2, 3, 5, 6, 8]. 그러나 이들 연구에서 제시한 Planning BOM 생성 방법들은 상세한 제품 정보를 분석한 후에야 가능하고, 많은 시간과 노력이 요구된다. 기업이 점차 다양화 되어가는 소비자의 요구에 대응하게 됨에 따라 제품의 사양이 급속하게 많아지고 제품 구조가 복잡하게 되어가고 있다. 따라서 Planning BOM의 구성 모듈을 일관된 기준으로 생성하고 관리하는 것은 중요하며, 이러한 측면에서 여러 가지 연구가 진행되었는데 그 내용을 살펴보면 다음과 같다.

### (1) Matrix Bill of Material Approach

Knepelt[4]에 의해 제안된 방법으로列에는 제품을 行에는 Sub-Assembly, Component, 원자재 등으로 이루어지는 표를 만들어 각 열의 제품 항목에 각 부품들의 사용 여부를 표시하는 방법이다. 이 방법을 사용하면 제품군에서 공통부품과 유일부품

(Unique Parts)을 찾아낼 수 있으며 공통성에 의해 제품군을 만들어낼 수 있다. 하지만 이 방법은 모든 최종 제품을 표시할 경우 열이 지나치게 복잡해지므로, 행은 제품이 만들어지는 방법에 기초하지 않고 제품이 시장에서 팔리는 형태에 기초해야 한다. 따라서 이 방법은 제품의 복잡도가 상대적으로 작은 경우에만 유용하게 사용될 수 있다.

**(2) Modular BOM with Usage Pattern Analysis**

Balcerak *et al.* [1]은 Modular BOM을 생성할 때 제품의 사양을 고려하여 결정할 것이 아니라, 제품에 들어가는 부품들의 사용 형태를 분석하여 모듈을 생성하는 방법을 제안하였다. 같은 모듈에 속하는 부품들은 동일한 사용 형태를 보이며, 또한 실제 부품- Heavy duty truck transmissions-에 수작업에 의존하던 기존의 방법을 컴퓨터를 이용하여 개선한 결과 상당한 시간의 절감을 가져왔다.

**3. Value Clustering Method에 의한 모듈 생성**

본 장에서는 Value Clustering Method(VCM)를 이용하여 모듈을 생성한 후, Modular BOM을 운영하는데 필요한 정보, 즉 모듈에 관한 정보, Option관계에 있는 정보, 그리고 각 제품이 가지는 모듈에 관한 정보를 효율적으로 추출하는 방법을 제시하고자 한다.

**3.1 Where-used matrix 생성**

아래의 과정을 거쳐 where-used matrix 생성하고 저장한다.

**단계 1: Where-used matrix 생성**

하나의 제품군(Product Family Group, PFG)에 대하여 제품에 사용되는 Component들로 구성되는 Where-used matrix를 만든다. 각 행에는 Component가, 각 열에는 제품이 위치한다. 각 제품은 위치값(Position Value)을 가지는데, 이는 제품이 위치할 열의 번호로 제품군의 크기가  $n$ 이라면 위치값은 0부터  $n-1$ 까지의 정수값이 된다. 행렬의 원소  $a_{ij}$ 는 Component  $i$ 가 제품  $j$ 에 사용되면 1, 아니면 0의 값을 가진다.

**단계 2: 특성값 계산**

생성된 matrix에서 아래와 같이 제품군값(PFG\_Value)과 제품값(Product\_Value), 그리고 부품값(Com\_Value)을 계산한다.

- $PFG\_Value = \sum_{i=0}^{n-1} 2^i = 2^n - 1$
- $Product\_Value\ i = 2^i$
- $Com\_Value\ j = \sum_{i \in P_j} 2^i$ ,  $P_j$ 는 Component  $j$ 가 사용되는 모든 Product들의 위치값의 집합.

**단계 3: 자료의 저장**

단계 2에서 생성된 자료(제품-제품값, 제품-제품군값, 부품-부품값)를 DB에 저장한다. 관계형 DB에 저장할 때에는 제품과 제품값, 부품과 부품값 형태로 각각의 테이블에 저장한다.

표 1은 위의 과정을 통해서 생성된 where-used matrix를 보여주고 있다.

표 1. Where-used matrix 및 특성값

| Component      | P <sub>0</sub> | P <sub>1</sub> | P <sub>2</sub> | Product | ... | P <sub>n-1</sub> | PFG_Value = $\sum_{i=0}^{n-1} 2^i$             |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---------|-----|------------------|--|
| C <sub>1</sub> | 1              |                | 1              |         |     | 1                | Com_Value <sub>1</sub> = $2^0 + 2^2 + 2^{n-1}$ |
| C <sub>2</sub> |                | 1              |                |         |     | 1                | Com_Value <sub>2</sub> = $2^1 + 2^{n-1}$       |
| ⋮              |                |                |                |         |     |                  | ⋮  |
| C <sub>m</sub> | 1              |                |                |         |     | 1                | Com_Value <sub>m</sub> = $2^0 + 2^{n-1}$       |

이때 제품의 위치값은 아래의 정리를 만족하는 성질이 있음을 알 수 있다.

[정리 1] 제품군내에서 Component  $i, j$  ( $i \neq j$ )를 이용하는 제품의 위치값들의 집합을 각각  $P_i, P_j$ 라 할 때,  $P_i \neq P_j$  이면,  $Com\_Value_i \neq Com\_Value_j$  이다.

증명) Component  $i, j$  ( $i \neq j$ )에 대하여,

$$|Com\_Value_i - Com\_Value_j| = \left| \sum_{a \in P_i} 2^a - \sum_{b \in P_j} 2^b \right| = \sum_{k_1 \in (P_i - P_j), k_2 \in (P_j - P_i)} |2^{k_1} - 2^{k_2}| \neq 0$$

**3.2 모듈 추출 방법**

[정리 1]은 부품값이 같은 Component들은 동일한 제품들에 사용된다는 것을 의미한다. 그러므로 같은 부품값을 갖는 Component들은 하나의 모듈로 구성될 수 있다. 그리고 부품값이 제품군값과 같은 Component들은 제품군 내의 모든 제품들에 공통으로 사용되는 부품이다. 따라서 모든 제품에 공통으로 사용되는 Component를 Common Component로 정의한다. Common Component Set은 Common Component 들로 이루어진 집합이다. 이 내용을 정리하면 다음과 같다.

- $Com\_Value_i = PFG\_Value \Rightarrow Component_i \in Common\_Component$
- $Com\_Value_i = Com\_Value_j \Rightarrow \{Component_i, Component_j\} \in Module_k$  and  $Module\_Value_k = Com\_Value_i$

Common Component Set은 Common Component Module로 정의되며, 이 정보들을 바탕으로 Alternative Usage Pattern Module 추출 알고리즘을 사용하여 Option 관계에 있는 Module을 찾는다.

### 3.3 Alternative Usage Pattern 추출 알고리즘

Option 부품은 전체 제품군 내에서 사용되는 형태가 서로 배타적으로 나타나는 부품을 말한다. 즉, 제품의 한 형상(feature)을 위하여 복수개의 부품 가운데 오직 하나만이 선택될 수 있는 경우를 말한다. 이때, 이들 복수개의 부품은 서로 Option 관계에 있다고 하고, Option을 이루는 부품들은 서로 상이하다[11, 12, 13, 14]. 이 개념은 module에 대해서도 같은 방식으로 적용이 되며, Alternative Usage Pattern은 한 형상에 대해서 Option 관계에 있는 Module들을 말한다. Alternative Usage Pattern을 보여 주는 Module들을 추출하여 사용자가 최종적으로 Option 관계에 있는 모듈들을 찾아낼 수 있는 과정은 다음과 같다.

- 단계 1: Module 추출 방법을 실행하여 Module Set을 생성한 후, Module\_Value에 의해 내림차순으로 정렬하여 모듈값이 가장 큰 것을 선택한다.
- 단계 2: 선택된 모듈의 Alternative Usage Pattern 모듈을 선택한다.
- 단계 3: 선택된 모듈들을 Option Set에 등록하고, Module Set에서 삭제한 다음 단계 1로 이동한다.

이를 세부적으로 나타내면 그림 1과 같다.

### 3.4 제품에 속하는 모듈 추출 방법

제품의 위치값(Position Value)이  $i$ 인 Product <sub>$i$</sub> 의 제품값은  $2^i$ 가 된다. 따라서 Product <sub>$i$</sub> 에 속하는 모든 모듈(부품)들의 모듈값(부품값)에는  $2^i$  값이 포함된다. 즉,  $2^i$  값을 포함하는 모든 모듈(부품)들은 Product <sub>$i$</sub> 에 사용되는 모듈(부품)들이다.

#### 단계 1

- 1) Module 추출 방법을 실행하여 Module Set을 생성한 후 Module\_Value의 내림차순으로 정렬한다.
- 2) Set  $j = 1$ .

#### 단계 2

- 1) Module\_Value <sub>$j$</sub>   $\geq$  Product\_Value <sub>$i$</sub> 이면 Module\_Value <sub>$j$</sub>   $\geq 2^k$ 를 만족하는 가장 큰  $k$ 값을 찾은 후 단계 3으로 간다.
- 2) Module\_Value <sub>$j$</sub>   $<$  Product\_Value <sub>$i$</sub> 이면 단계 4로 간다.

#### 단계 3

- 1) Module\_Value <sub>$j$</sub>  =  $2^k$ 이고  $k = i$  이면, Component  $j$ 는 Product <sub>$i$</sub> 에 속하는 Component로 등록하고  $j$ 를  $j = j + 1$ 로 변경한 후 단계 2로 간다.
- 2) Module\_Value <sub>$j$</sub>  -  $2^k <$   $2^i$  일 경우

(i)  $k = i$  이면, Component  $j$ 는 Product <sub>$i$</sub> 에 속하는 Component로 등록하고 단계 2로 간다.

(ii)  $k \neq i$  이면, 단계 2의 처음으로 간다.

3) Module\_Value <sub>$j$</sub>  -  $2^k >$   $2^i$  이면 Module\_Value <sub>$j$</sub>  = Module\_Value <sub>$j$</sub>  -  $2^k$ 로 한 후 단계 2로 간다.

#### 단계 4

Product <sub>$i$</sub> 에 속하는 Component로 등록된 정보를 사용한다.

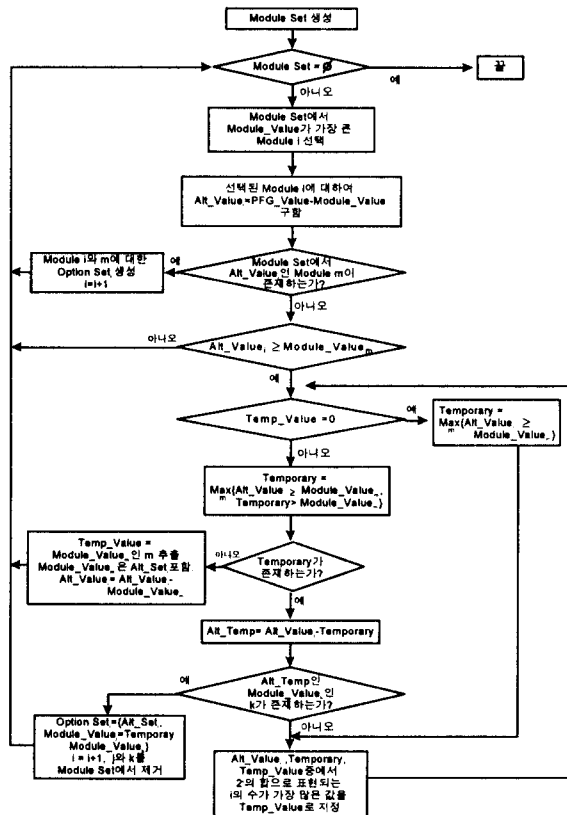


그림 1. Alternative Usage Pattern Module 추출 알고리즘

### 4. DB 규모 분석

DB 규모 분석을 위해 필요한 기호를 정의하면 아래와 같다.

- $P$  : Set of product
- $C$  : Set of Common Component
- $M = \{m_1, \dots, m_M\}$  : Set of Module
- $M_p$  : Set of Module Sets that use product  $p$ ,  $p \in P$
- $P_{mk}$  : Set of Products that use Module  $m_k$ ,  $m_k \in M$

관계형 DB에 자료를 저장할 경우 필요한 레코드의 수를 보면 다음 식 (1), (2)와 같다.

- 기존의 방법[8]

$$|P| + \sum_{p=1}^P M_p + |C| + \sum_{i=1}^M |m_i| \quad (1)$$

- 제안된 방법

$$2|P| + |C| + \sum_{i=1}^M |m_i| \quad (2)$$

기존의 방법과 새로운 방법과의 레코드 수의 차이는 식(3)과 같다.

$$\sum_{p=1}^P M_p - |P| \quad (3)$$

제품당 평균 모듈수( $\alpha$ )는  $\alpha = (\sum_{p=1}^P M_p) / |P|$ 와 같이 정의될 수 있으므로 식(3)은  $(\alpha-1)|P|$ 과 같이 정리된다. 그런데  $\alpha$ 는 제품당 평균 모듈수 이므로 제품이 복잡할 수록 값이 크다고 가정할 수 있다. 따라서 위의 식은  $\alpha$ 를 제품의 복잡도를 나타내는 상수로 놓고 제품 군의 크기에 대한 함수로 표현될 수 있다.

$$f(|P|) = (\alpha-1)|P| \quad (4)$$

따라서, 제품군이 크고, 제품이 복잡할수록 본 연구에서 제시한 방법이 우수함을 알 수 있다.

## 5. 결론 및 추후 연구과제

본 연구에서는 MRP시스템에서 사용하는 Planning BOM 중 Modular BOM의 생성 문제를 해결하기 위해 Value Clustering Method를 제안하였다. 그리고 Value Clustering Method에 의해 생성된 DB에서 필요한 정보들을 도출할 수 있는 방법을 제안하였으며, 그 방법들은 크게 3가지로 나눌 수 있다. 첫 번째는 모듈에 관한 정보를 알아내는 방법이며, 두 번째는 Option관계에 있는 Module들을 알아내는데 필요한 정보인 Alternative Usage Pattern Module을 찾아내는 알고리즘, 그리고 마지막으로 제품은 지니는 모듈을 찾아내는 방법이다. 또한, 제안된 새로운 Value Clustering Method에 의해 DB구축시 기존의 방법과의 비교를 DB의 규모 측면에서 분석하였다.

연구의 결과를 향후 현장에서 효율적으로 사용되기 위해서는 Where-used matrix 생성시 사용되는 Component들의 수준이 기준생산계획에 사용되는 Module에 부합되게 하는 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 참고문헌

- [1] Balcerak, K. L., B. G. Dale, "Structuring modular bills of material with usage pattern analysis," IJPR, 1992, Vol. 30, No 2, pp. 283-298.
- [2] Dave, G., Bills of Material, Dogwood Publishing Company Inc., 1993.
- [3] Kneppelt, L. R., "Product Structuring Considerations for Master Production

Scheduling," Production and Inventory Management, First Quarter, 1984, pp. 83-99.

- [4] Guess, V. C., Instructor Guide Bills of Material, APICS, 1985.
- [5] Mather, H. F., "Design, Bills of Materials, and Forecasting - The inseparable threesome", Production and Inventory Management, First Quarter, 1986, pp. 90-107.
- [6] Oden H. W., et al., Handbook of Material & Capacity Requirements Planning, McGraw-Hill, Inc., 1993.
- [7] Olsen, K. A., Saetre, P, and Thorstenson A., "A Procedure-Oriented Generic Bill of Material," Computers and Engng, 1997, Vol. 32, No. 1, pp. 29-45.
- [8] Orlicky, J., Material Requirements Planning, McGraw-Hill, 1975.
- [9] Plossl, K. R., Engineering for the Control of Manufacturing, Prentice Hall, pp. 107-126, 1987.
- [10] Turbide, D. A., "MRPII Still Number One!," IIE Solution, July, 1995, pp. 28-31.
- [11] Van Veen, E.A., J.C. Wortmann, "Generative bill of material processing systems," Production Planning & Control, 1992, Vol. 3, No. 3, pp. 314-326.
- [12] Van Veen, E.A., J.C. Wortmann, "Generic bills of material in assemble-to-order manufacturing," IJ PR, 1987, Vol. 25, No. 11, pp. 1645-1658.
- [13] Van Veen, E.A., J.C. Wortmann, "New developments in generative BOM processing systems," Production planning & Control, 1992, Vol. 3, No. 3, pp. 327-335.
- [14] Van Veen, E. A., Modelling Product Structures by Generic Bills-of-materials, Elsevier, 1992.