

〈 기술논문 〉

도시철도 전동차의 유지보수 정보화를 위한 컴포넌트 기반의 BOM 관리시스템 개발에 관한 연구

이호용* · 배철호** · 김규희** · 서명원†
(2004년 6월 7일 접수, 2004년 12월 9일 심사완료)

A Study on Implementation of a BOM Management System Using Component Technique for Maintenance System of Urban Transit

Ho-Yong Lee, Chul-Ho Bae, Kyu-Hee Kim and Myung-Won Suh

Key Words: Bill of Materials(부품구성표), Maintenance(유지보수), Urban Transit(도시철도),
Object Oriented Database(객체지향 데이터베이스), Management System(관리시스템),
Component Based BOM(장치요소 기반 부품구성표)

Abstract

BOM(Bill of Materials) is a list or description of raw materials, parts and assemblies that define a product. Although it is very important for maintenance information system of urban transit, it has problems that the size of database, inaccuracy and the flexibility which is measured as the number of updating records in accordance with added new product or engineering change. To solve these, we divide BOM to a master BOM and various function BOM constructed from the master BOM. That is the component based BOM management system, which is mutually independent and integrated efficiently using component technology. Consequently, after defining the component based master BOM, it is easy to manage the data structure, even restruct, in case there is a need for change of environment or data.

1. 서론

일반적으로 BOM(Bill of Material)의 정의는 특정 제품이 어떤 부품들로 구성되는가에 대한 계층 데이터이다. 그리고 BOM에서 가장 기본이 되는 정보는 '제품 구조 정보(product structure)'라고 대표적으로 정의하고 있다. BOM은 도시철도 전동차 유지보수 시스템의 중요한 위치를 차지하고

있음에도 불구하고 엄청난 양의 데이터와 정확한 BOM 구성체계가 이루어지지 않았다. 이는 각 부품회사의 BOM을 적절하게 관리하는 방법이 없었기 때문이며, 따라서 도시철도 전동차의 전체 시스템을 관리하기 위한 BOM 구성체계가 형성되지 않았다. 결론적으로, 데이터베이스 규모의 최소화과 부정확성을 해결하는 방법, 환경 변화에 유연하게 변화할 수 있는 BOM 구조의 설계, 타 시스템과의 유기적인 통합과 연계방안에 대한 연구가 필요한 실정이다.^(1,2)

효율적인 도시철도 유지보수 시스템을 구축하기 위해서는 도시철도 BOM 데이터 크기를 조절하고, 유지보수 시스템을 기능별로 분류하여 장치 및 부품에 대한 체계를 확립해야 한다. 이를 위해 가장 우선적으로 해결해야 할 것은 데이터 구조에 따라서 표현 방식의 제약이 따르게 되어 저장되는 메모리에 많은 영향을 끼치는 문제

† 책임저자, 회원, 성균관대학교 기계공학부
E-mail : suhmw@yurim.skku.ac.kr
TEL : (031)290-7447 FAX : (031)290-7447

* 한국철도기술연구원

** 성균관대학교 대학원 기계공학부

이다. 유지보수에서 필요한 기능별 BOM 구조의 변환이 필요한 경우에 데이터의 구조가 이를 충분히 고려하지 않은 상태로 개발된다면 약간의 수정에도 유지보수 정보화 시스템 전체를 바꾸어야만 하는 문제가 발생한다. 본 연구에서는 이러한 문제에 대한 해결책으로 새로운 구조의 BOM 데이터 스키마를 제시하고, 이를 적용한 컴포넌트(component) 기반의 도시철도 유지보수 BOM 관리시스템을 설계, 개발하고자 한다.

도시철도 유지보수 BOM 관리시스템을 개발하는 과정에서 가장 긴 시간이 소요되는 작업중의 하나가 마스터 BOM의 구축이다. 이 BOM은 자재정보, 전동차 편성정보 등 설비를 이루고 있는 자재에 대한 구성 사양(specification)이라 할 수 있다. 차량 정비 시 편성과 차량 정보가 마스터 BOM에서 구성된 장치를 분류하여 중정비에 필요한 BOM의 구성과 경정비에 필요한 BOM을 작업자에게 보여 주어야 한다. 향후, 도시철도의 유지보수 시스템을 정보화 함에 있어, 가장 중요한 문제는 전동차 부품의 어느 수준까지 BOM에 포함시켜야 하는가 하는 것이다. 또한, 이렇게 만들어진 기본 정보로서의 BOM을 실제 운영시스템에서 어떻게 활용할 것인가도 중요한 문제이다.

본 논문에서 제시한 BOM 관리시스템은 도시철도 유지보수 BOM을 관리할 수 있는 마스터 BOM을 장치별로 분류하고, 이를 통해 마스터 BOM이 기능별로 전자카탈로그 BOM, 재고관리 BOM, 기술자료 BOM, 중정비 BOM, 경정비 BOM 등에 쓰이도록 표준화된 형태를 가지도록 분류하였다.

2. 컴포넌트 기반의 마스터 BOM

2.1 컴포넌트(Component)의 정의

컴포넌트는 단위기능을 수행할 수 있는 소프트웨어인 컴포넌트들을 조합함으로써 특정 기능을 수행하는 어플리케이션을 개발하는 것을 말한다. 일종의 레고 블록과 같은 모듈화된 독립시스템으로 레고 블록은 다른 블록과 조합하여 새로운 형상을 만들지만 레고 블록 자체의 속성은 변하지 않고 그대로 유지하게 된다. 즉, 다른 블록과 인터페이스만 동일하다면 서로간에 연결되어 각각의 특성을 지니며 전혀 새로운 기능을 수행할 수 있게 된다. 컴포넌트는 이런 블록과 같이 독립적

인 속성을 지닌 시스템이 다른 시스템과 연결될 수 있도록 인터페이스 부분만을 설계 해준다면 쉽게 다른 시스템과 결합되어 본래의 속성을 유지하면서 새로운 시스템으로 적용이 가능해진다. 이러한 연결관계를 컴포넌트 글루(component glue), 혹은 플러그 인(plug-in)이라고 한다. 플러그 인이라는 단어에서 알 수 있듯이 다른 시스템에 플러그를 꽂듯이 연결만 하면 새로운 시스템이 완성되는 것이다.^(3,4)

2.2 마스터 BOM을 이용한 기능별 BOM의 구성
컴포넌트 기반의 마스터 BOM은 각각의 기능별 BOM과 연관관계를 가지고 데이터와 인터페이스를 블록화 시켜 서로 느슨하게 결합된 형태를 이루고 있다. 이러한 형태는 인터페이스를 통해 언제든지 새로운 전동차 BOM을 생성 또는 수정이 되도록 한다. 이들은 다수의 관계에 놓여진 인터페이스를 적절하게 결합하여 이벤트 핸들링을 만든다. ID(Interface Driven) 형태로 조직화된 핸들링은 컴포넌트들을 서로 연결하여 구성체를 만들고 Fig. 1과 같이 적절하게 새로운 기능별 BOM을 생성하게 된다.

컴포넌트로 결합되는 데이터와 인터페이스는 서로가 종속적인 관계를 가지는 것이 아니기 때문에 원활하게 서로 교체되거나 다른 시스템을 컴포넌트화 시켜서 가져오거나 흡수시킬 수 있다. Fig. 1을 보면 컴포넌트 기반의 마스터 BOM에서 기능별 BOM을 구성하게 되고 마스터 BOM의 각 컴포넌트 BOM, 즉 각 기능별 BOM과 마스터 BOM과의 인터페이스가 되도록 한다. 기능별 BOM 데이터는 마스터 BOM에서 자재, 편성, 정

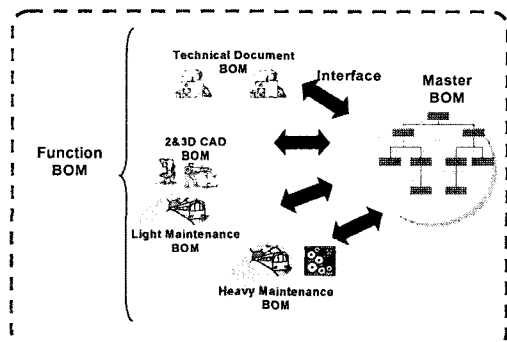


Fig. 1 Construction of the function BOM

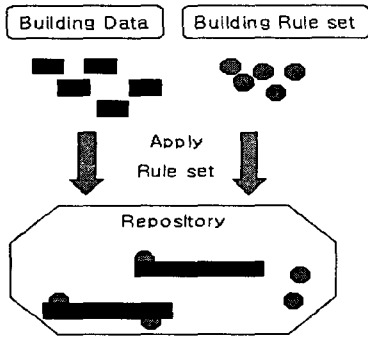


Fig. 2 Generation method of the master BOM data

비와 관련된 데이터를 관리할 수 있다. 이렇게 관리되는 컴포넌트체계의 시스템은 무결성과 동기화를 유지하기 위해서 객체지향의 특성인 캡슐화, 상속성, 다형성을 필요로 하기 때문에 종종 객체지향이라고 불리기도 한다.

2.3 마스터 BOM의 데이터 생성

마스터 BOM은 구조적 정의(structure description)로 예비부품(spare parts) 및 각종 기술문서 등의 계층적 연관 관계를 명확히 정의할 수 있어야 하며, 수리작업에 사용되는 부속품을 지정하고 소요수량, 규격을 명확히 정의할 수 있어야 한다.

마스터 BOM 생성과정에 대해서 살펴보기 위해서 컴포넌트 BOM의 내부구조를 표현하면 Fig. 2와 같고, 마스터 BOM과 기능별 BOM과의 데이터 연관관계는 Fig. 3과 같이 구성하였다. 여기서, 마스터 BOM_Id는 외부에서 동일한 마스터 BOM_Id를 인식하기 위한 유일한 키로서 사용되는 번호이다. 이것으로 컴포넌트를 기능별 BOM에서 인식하고 사용한다. 룰셋(rule-set)은 컴포넌트를 연결하고 조직화하기 위한 규칙, 혹은 기능별 글루를 포함하는 객체 관리 방식(object management routine)이다. 이는 조직화 함수로 구성되어 있어 동일화된 인터페이스를 제공하게 되므로 수정할 때 아무런 제약이 없고 마스터 BOM만 수정된다면 관련된 기능별 BOM은 자동으로 수정되는 효과를 거둘 수 있다. 즉 BOM의 구조가 변경되거나 생성될 시, 전체 디자인을 다시 해야 하는 것이 아니라 레포지토리(repository)에 저장되어 있는 컴포넌트를 다른 구조로 결합하기 위해서 룰셋을 다르게 적용하면 된다. 이때 룰셋은 동일한

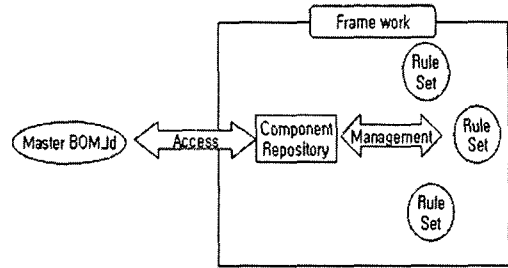


Fig. 3 Management method of the master BOM data and function BOM data

인터페이스를 가지고 있으므로 결합에 문제가 발생하지 않으면, 컴포넌트로 구성된 제품의 정보를 원형 그대로 유지시킨다. 이를 통해 룰셋은 새로운 BOM을 생성시킬 수 있다. 결론적으로 데이터 생성방식에서 데이터간 연결을 주도하는 것은 룰셋으로써 매우 중요한 역할을 한다. 이들 룰셋은 컴포넌트 BOM의 데이터를 가공하고 관리하는 역할을 하며 액세스룰셋, 통합룰셋 및 생성룰셋의 3가지 종류로 구분된다.⁽⁴⁾

3. 도시철도 유지보수 마스터 BOM

3.1 마스터 BOM과 기능별 BOM의 유기적 결합
도시철도 유지보수에 사용되는 BOM 체계를 정리하기 위해 먼저 각 장치별 유지보수현황을 파악하여 검수방법 및 장치별 분류체계를 적용한 BOM이 필요하다. 이러한 BOM은 도시철도 유지보수를 위한 모든 장치 및 부품을 분류하여 각 장치 및 부품에 대한 체계를 확립하고, 정보화된 모든 자료를 체계적으로 분류하게 됨으로써, 향후 도시철도 차량의 유지보수 정보화를 위한 기초가 된다. BOM 체계는 전자카탈로그 시스템, 전자발주 시스템, 재고관리, 도면 및 형상관리 등에 쓰일 수 있게 표준화된 형태를 가지도록 하는 것이 중요하다. 또한, BOM 관리시스템은 자재관리 시스템과 연계되어 유지보수 정보화 시스템 구성에 중요한 요인이 된다. 도시철도 유지보수 BOM 체계를 위한 분류는 각 장치를 완전히 분해되는 단계까지 분류하여 장치별 관리 및 부품종류별 관리가 되도록 BOM을 분류한다. 이 분류는 Fig. 4와 같이 자재코드와 연계하여 일관성 있

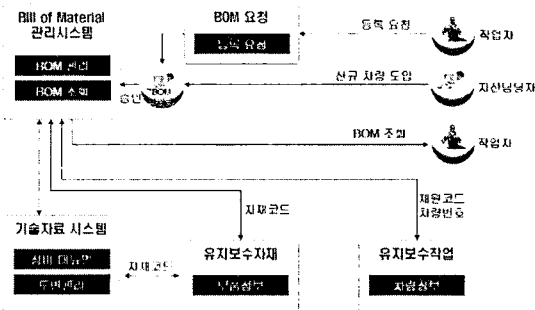


Fig. 4 Interface between BOM management system and others

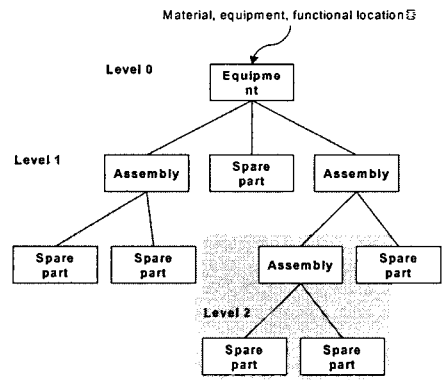


Fig. 6 Construction of the maintenance BOM

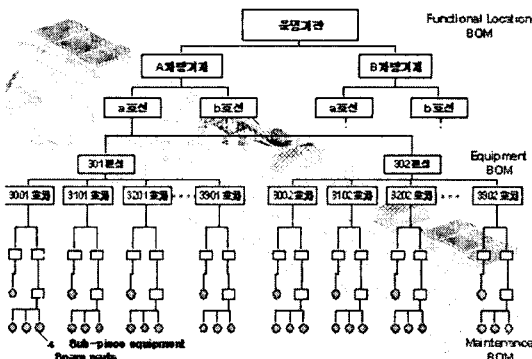


Fig. 5 Construction of the master BOM for urban transit maintenance

계 구성되고 BOM 관리시스템에서 전문가 시스템인 RCM (Reliability Centered Maintenance) 시스템과 연관성을 가지고 시스템을 구성하게 된다.

3.2 마스터 BOM 시스템의 적용

본 논문에서 제시한 유지보수 마스터 BOM 구성은 Fig. 5에서 볼 수 있듯이, 기능별(functional location), 장치별(equipment), 유지보수(maintenance) BOM으로 3원화 하였다. 먼저 기능별 BOM이 가장 상위 그룹으로 위치하고, 그 아래 편성과 차량을 관리하는 장치별 BOM이 구성된다. 마지막으로 자산의 기본단위인 각 차량별 장치에 대한 유지보수 BOM이 구성된다. 각 Level에서 각각의 부품(parts)으로 위수정보를 명확하게 관리하며, 도시철도 유지보수 정보화를 위한 기술자료지원 시스템의 정비매뉴얼, 도면, 3D형상정보를 직접 조회할 수 있도록 하였다.⁽⁵⁾

도시철도 전동차 마스터 BOM의 구조 및 데이

터⁽⁶⁾는 다음과 같다.

1) 기능별 마스터 데이터

기능별 마스터의 코드체계를 확정하고, 도시철도 운영기관 사업장 조직 및 업무범위 호선을 정의한다.

2) 장치별 마스터 데이터

장치별 마스터 코드체계를 확정하고, 편성차량, 개별차량, 이동 정비차량(지게차, 크레인, 레일시설 등) 및 기타 가공설비(CNC machine, Lathe machine etc.) 마스터를 정의한다.

3) 부품별 마스터 데이터

부품별 마스터 데이터는 부품별 마스터 코드체계를 확정한다. 이 때, 차량부품(parts)과 가공설비, 이동정비차량 등에 사용되는 부품코드 체계를 동일하게 할 것인가, 다르게 할 것인지를 확정해야 한다.

전동차 장치는 독립적으로 수리될 수 있는 독립체계로 구성하고, 개체 단위 데이터가 수집되고 이력이 관리되는 방식과 기능별 BOM에 정의된 장치 단위로 설치 및 해체가 될 수 있는 방식으로 구성한다. 따라서 유지보수 BOM의 구성 방식은 Fig. 6과 같이 최상위 장치는 Level 0으로 구성되며, Level 0에서 유지보수 대상만 간결하게 기술하고, 그 구조를 유지보수 관점에서 표현한다. Level 1에서는 어셈블리를 유지보수 작업계획 시 예비부품의 지정과 계획에 사용한다. Level 2

에서는 유지보수 업무 기반의 예비부품을 계획한다. 유지보수 BOM은 비슷한 구조의 많은 객체들이 유지보수시스템에서 관리할 경우에 유용한 방식이고, 부품들은 부품별 마스터와 연동된다.⁽⁷⁾

4. 도시철도 BOM 관리시스템

4.1 도시철도 마스터 BOM의 계층적 구조 설계
 마스터 BOM을 구성하기 위해서 계층적으로 분류하면 Fig. 7과 같으며, 이것을 데이터베이스로 구성하였다. Fig. 8과 같은 BOM 구조의 컴포넌트 구조를 만들기 위해서, 사용되는 모든 데이터와 매소드를 템플릿으로 만들고 다시 이 템플릿을 복사하는 방식인 객체지향의 개념을 적용하였다. 따라서, 마스터 BOM의 모든 구조는 프레임워크 내부에서 작동하게 되며 특히, 데이터 구조는 레포지토리(repository)의 템플릿 저장소에 항상 속하게 하는 기본자료로 사용된다.

마스터 BOM에서 새로운 제품이 추가될 때 추가되는 부품의 정보가 마스터 BOM에서 관리하고 기능별 BOM에 관련된 정보를 주게 된다. 데이터 액세스 룰셋의 경우는 마스터 BOM_Id, 즉 컴포넌트 Id를 가지고 외부에서 액세스하는 경우에 관여하므로 이미 데이터베이스의 변경이 완료된 후에 정보를 가지고 반응하게 된다. 또한 데이터 생성 룰셋의 경우는 외부에 정보를 제공할 때 데이터를 가공하여 변환하는 역할을 담당하므로 이 역시 변경이 완료된 후에 정보를 가지고 반응하게 된다. 도시철도 전동차에 관련된 기능별 BOM은 Fig. 9에서와 같이 분류하여 구성하였다.

이는 새로운 전동차가 도입되거나 현재 전동차 부품이 수정되는 경우, 모든 기능별 BOM을 수정 가능하도록 마스터 BOM이 관리되는 구조가 된다. 이와 같이 컴포넌트 기반의 마스터 BOM을 구성할 경우, 각 작업별 관리가 가능하고 데이터 양의 조절로 인한 속도가 원활할 수 있다.

4.2 BOM 관리 프로그램 구현

본 연구에서 구현한 프로그램은 Fig. 10과 같이 각 기능별 BOM과 마스터 BOM 관계를 신규 기능별 BOM을 등록하는 기능을 제공하고, 여기서 등록된 BOM은 변경이력에서 신규 기능별 BOM 등록으로 표현된다. 신규 BOM 다량 발생 시 Microsoft Excel 파일로부터 업로드 기능을 제공하도록 프로그램을 만들었다.⁽⁸⁾

마스터 BOM 수정 시에는 Fig. 11와 같은 화면에서 각 Level별 BOM의 모자(母-子) 관계를 이용하여

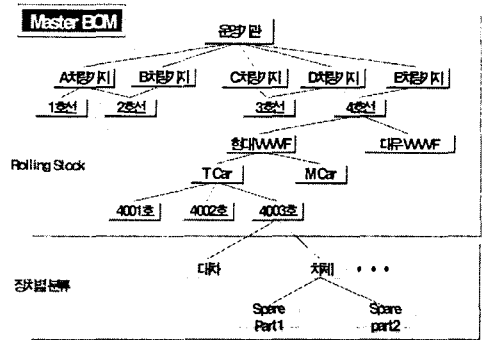


Fig. 8 Equipment master BOM

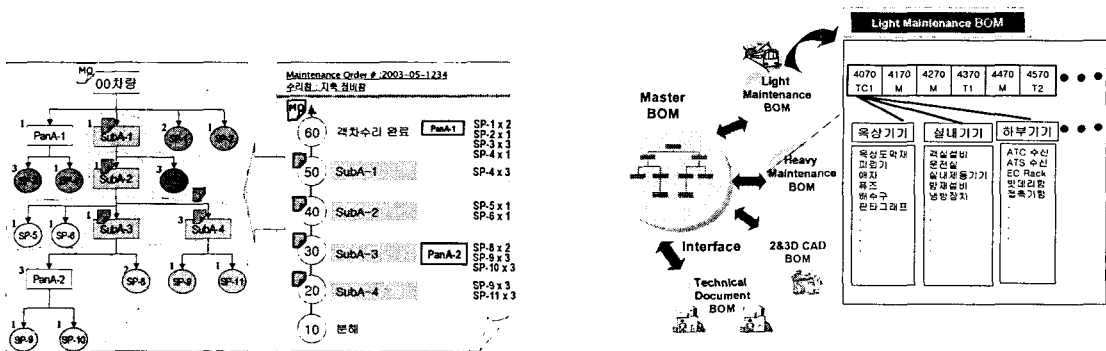


Fig. 7 Relation between the master BOM and task list

Fig. 9 Construction of the function BOM for light maintenance

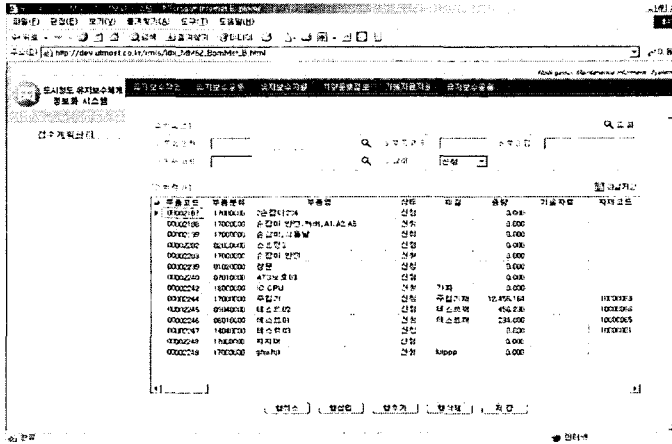


Fig. 10 Generation screen of the function BOM

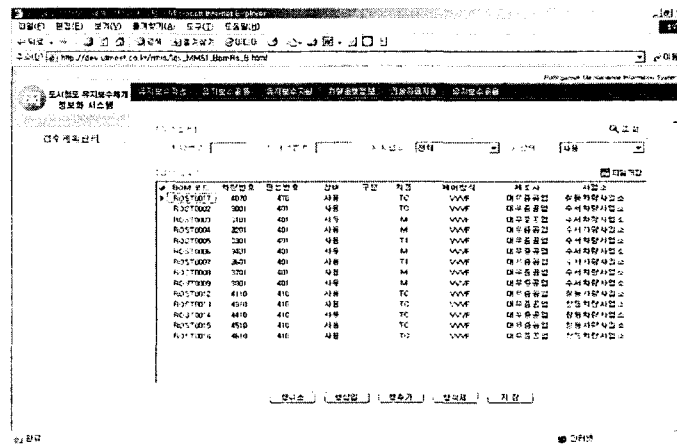


Fig. 11 Adjustment screen of the master BOM

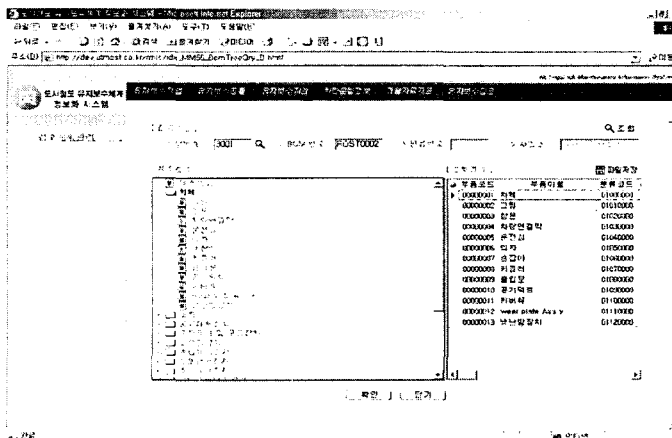


Fig. 12 Screen of the Modification and management function

자(子) 품목의 변경이 필요한 경우 사용하고 여기서 수정된 BOM 사항은 그 변경이력으로 표현한다. Level별 BOM의 모자(母-子) 관계를 조회하는 기능을 제공하고, 조회기준 품목을 최상위 Level로 하여 이하 BOM 구성을 Multi-level로 출력한다. 일반적인 Excel 및 Text File 다운로드 기능을 추가하여 편리하게 활용하도록 하였다.

4.3 BOM 변경관리 기능

제조회사로부터 장비의 성능향상, 신기술 적용 등의 이유에 의해 향후 공급되는 예비부품 변경 통보를 받은 경우와 현장의 업무개선, 비용절감 등의 요구로 인하여 BOM 구성자체 및 예비부품 변경 요구가 발생한다. 또한 기타 상용 예비부품 구매상의 어려움으로 대체품 사용이 필요한 경우에 변경 요구가 발생 할 수 있다.

본 연구에서는 Fig. 12와 같이 상기 변경요인을 처리하는데 필요한 요소를 지원 할 수 있는 시스템으로 구현하였다. 또한, 변경이력이 추후 관리 목적으로 조회될 경우, 일목요연하게 표현될 수 있도록 변경시점 및 변경 예비부품이 불용자재 감축을 고려한 발주량 산정, 작업지시에 적절하게 반영될 수 있도록 구축하였다.

1) 데이터 기준 변경

단순 변경은 단일 예비부품 가 특정 일자 기준으로 변경하고, 그룹변경은 특정 일자를 기준으로, 한종류 이상 부품(parts)이 동시에 변경 적용 되도록 하였다.

2) 재고소진 후 변경

단순 변경은 단일 예비부품이 기존 재고 소진 후, 대체 예비부품으로 변경 적용하고 그룹변경은 변경그룹 대상 중에서 가장 빨리 소진되는 예비부품의 소진 시점을 기준으로 동시에 변경 적용하였다.

5. 결 론

본 연구에서는 도시철도유지보수 정보화 시스템의 중심점이며 중요한 요소인 BOM을 효율적으로 관리하기 위한 통합 BOM 관리시스템을 웹 방식으로 개발하였다. BOM관리상의 문제점들 중에서 원인이 되는 것은 데이터 구조로서 기존의

데이터 구조는 시스템에 종속되어 설계되므로 향후 환경변화나 데이터 변화가 필요한 경우, 시스템 전체를 다시 설계해야 하는 문제점을 가지고 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 본 연구에서는 컴포넌트 관점을 도입하고 데이터를 설계하며 룰셋에 따라 기능별 BOM을 구성하였다. 이로서 환경 변화나 데이터 변환 시에는 룰셋의 변경만으로 구조가 변화하므로, 시스템이 무결성을 보장할 수 있음과 동시에 필요에 따라 수정이 자유롭고 데이터의 크기를 조절할 수 있는 유연성을 유지할 수 있었다. 이를 통해 부품 구성 및 자재의 정보를 쉽고, 정확하게 획득할 수 있었고, 각각의 부품과 이를 구성하는 부속품과의 계층적 연관관계를 한눈에 확인할 수 있었으며, 공용부품의 사용빈도를 알 수 있었다. 또한, 수리작업에 사용되는 부속품을 지정하고 소요수량, 규격을 명확히 정의할 수 있었으며, 수리작업계획 수립에 필요자재 목록 및 수량을 제공할 수 있었다.

후 기

본 논문은 한국과학재단 산하 성균관대학교 기계기술연구소의 연구비 지원 및 2003년도 두뇌한국21 사업의 지원으로 이루어 졌으며, 한국철도기술연구원 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- (1) Cunningham, M., Paul, H., Jim, B., 1996, "A Decision Support Tool for Planning Bills of Material," *Production Planning and Control*, Vol. 7, No. 3, pp. 312~323.
- (2) Chung, Y., Fisher, G. W., 1992, "A Conceptual Structure and Issues for an Object Oriented Bill of Materials Data Model," *Production Planning and Control*, Vol. 3, No. 3, pp. 314~326.
- (3) Mason-Johes, R., Towill, D. R., 1997, "Information Enrichment : Designing the Supply Chain for the Supply Chain for Competitive Advantage," *Supply Chain Management*, Vol. 2, No. 4.
- (4) Orfali, R., Harkey, D., Edwards, J., 1998, "Instant CORBA," John Wiley & Sons.
- (5) Park, K. J., Lee, H. Y., 2002, "A Study on the Standardization of Urban Transit Maintenance

- System,” *Korean Railroad Research Institute Report*, pp. 21~79.
- (6) Van Veen, E. A., 1992, “Modeling Product Structures by Generic Bills of Materials,” Elsevier.
- (7) Lee, H. Y., Park, K. J., Ahn, T. K., Kim, K. D., Han, S. Y., 2003, “A Study on the RAMS of Urban Railway System for Maintenance Computerization,” *Transactions of KSR Spring Conference*, pp. 145~150.
- (8) Kim, J. K. Kim, Y. H., Gang, S. H., 1997, “Web-based BOM,” *Transactions of KORMS and KIIE Spring Conference*.