

도시철도 CBD 기반의 유지보수 BOM 시스템 개발

Development of BOM System Using Component Based of Urban Transit

이호용¹ · 한석윤² · 박기준³ · 서명원⁴

Ho-Yong Lee · Seok-Youn Han · Kee-Jun Park · Myung-Won Suh

Abstract

BOM(Bill of Materials) is a listing or description of raw materials, parts, and assemblies that define a product. In order to evaluate the performance of proposed BOM management system, which is very important to maintenance information system of urban transit. We develop component based BOM data and rule-set to design data structure that is mutually independent and integrated efficiently. It divides data whit management interface using component technology. The component based master BOM have advantage in database size and flexibility. Flexibility is measured as the number of updating records in accordance with added new product or engineering change. In database size, component based BOM is the best. we develop master BOM management system in web environment.

Keywords : Bill of Materials(BOM), Urban Transit(도시철도), Maintenance System(유지보수 시스템)

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 적절한 관리 방법이 없었던 관계로 관리상의 어려움을 가지고 있었다. 현재 도시철도 BOM과 관련하여 해결해야할 문제는 데이터베이스 규모의 최소화화 부정확성을 해결하는 방법, 환경 변화에 유연하게 변화할 수 있는 BOM 구조의 설계, 타 시스템과의 유기적인 통합과 연계방안에 대한 것이다. 효율적인 도시철도 유지보수 시스템을 구축하기 위해서는 도시철도 BOM 데이터 크기를 조절하고, 유지보수 시스템을 기능별(function)로 분류하여 각 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 문제이다. 유지보수에서 필요한 기능별 BOM 구조의 변환이 필요한 경우에 데이터의 구조가 이를 충분히 고려하지 않은 상태로 개발된다면 약간의 수정에도 유지보수 정보화시스템 전체를 바꾸어야만 하는 문제가 발생한다. 본 논문에서는 이러한 문제에 대한 해결책으로 새로운 구조의 BOM 데이터 스키마를 제시하고, 이를 적용한 컴포넌트(component) 기반의 도시철도 유지보수 BOM 관리시스템을 개발하였다 따라서 그 방법을 제시하고자 한다.

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

1 정회원, 한국철도기술연구원, 선임연구원
2 정회원, 한국철도기술연구원, 책임연구원
3 정회원, 한국철도기술연구원, 선임연구원
4 비회원, 성균관대학교 기계공학과

본 논문에서 제시한 BOM 관리시스템은 도시철도 유지보수 BOM을 관리할 수 있는 마스터 BOM을 장치별로 분류하고, 이 BOM은 기능별로 전자카탈로그 BOM, 재고관리 BOM, 기술자료 BOM, 중정비 BOM, 경정비 BOM등에 쓰이도록 표준화된 마스터 형태를 가지도록 분류하였다.

2. 컴포넌트 기반의 마스터 BOM

2.1 컴포넌트(Component)의 정의

단위기능을 수행할 수 있는 소프트웨어인 컴포넌트들을 조합함으로써 특정 기능을 수행하는 어플리케이션을 개발하는 것을 컴포넌트라고 정의내릴 수 있다. 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 독립적인 속성을 지닌 시스템이 다른 시스템과 연결될 수 있도록 인터페이스 부분만을 설계 해준다면 쉽게 다른 시스템과 결합되어 본래의 속성을 유지하면서 새로운 시스템으로 적용이 가능해진다는 개념이다. 이러한 연결관계를 Component glue, 혹은 Plug-in이라고 한다. 플러그 인이라는 단어에서 알 수 있듯이 다른 시스템에 플러그를 꽂듯이 연결만 하면 새로운 시스템이 완성되는 것이다.

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 관계(m:n의 관계)에 놓여진 인터페이스를 적절하게 결합하여 이벤트 핸들링을 만든다. Interface Driven 형태로 조직화된 핸들링은 컴포넌트들을 서로 연결하여 구성체를 만들고 Fig. 1과 같이 이들을 적절하게 새로운 기능별 BOM을 생성하게 된다.

컴포넌트로 결합되는 데이터와 인터페이스는 서로가 종속적인 관계를 가지는 것이 아니고 시스템의 틀에 맞추어 종속된 형태가 아닌 시스템의 일부이지만 시스템의 형태를 결정짓는 요소가 아니기 때문에 원활하게 서로 교체되거나 다른 시스템을 컴포넌트화 시켜서 가져오거나 흡수시킬 수 있다. Fig. 1을 보면 컴포넌트 기반의 마스터 BOM에서 기능별 BOM 구성하게 되고 마스터 BOM의 각 컴포넌트 BOM, 즉 각 기능별 BOM과 마스터 BOM과의 인터페이스

가 되도록 한다. 이들 데이터는 마스터 BOM에서 자재, 편성, 정비와 관련된 데이터를 관리하고 구성될 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 Structure Description으로 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. 또한, Materials Planning 으로 적절한 구매활동을 위하여 수리작업계획에 근거한 예상 필요수량을 계산할 수 있어야 한다.

마스터 BOM 생성과정에 대해서 살펴보기 위해서 컴포넌트 BOM의 내부구조를 표현하면 Fig. 2와 같고, 마스터 BOM

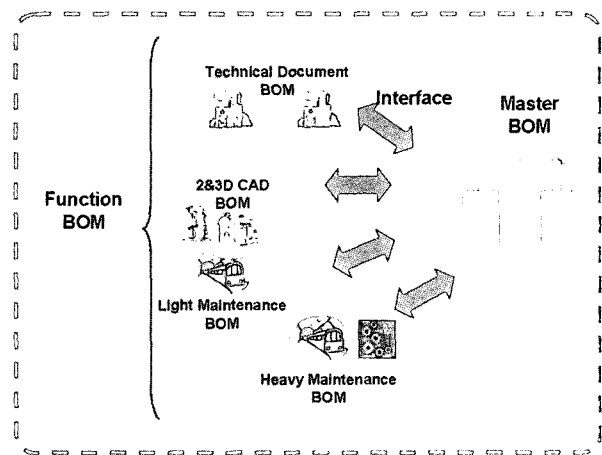


Fig. 1. Construction of the function BOM

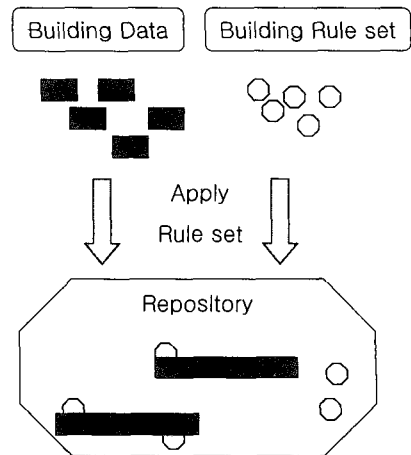


Fig. 2. Generation method of the master BOM data

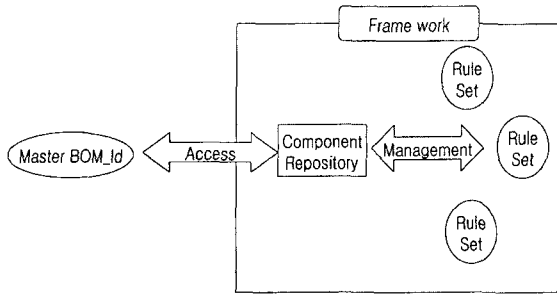


Fig. 3. Management method of the master BOM data and function BOM data

과 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. 룰셋은 컴포넌트를 연결하고 조직화하기 위한 규칙, 혹은 기능별 Glue를 포함하는 Object Management Routine이다. 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 레포지토에 저장되어 있는 컴포넌트를 다른 구조로 결합하기 위해서 룰셋을 다르게 적용하면 되는 것이다. 이때 룰셋은 동일한 인터페이스를 가지고 있으므로 결합에 문제가 발생하지 않으면, 컴포넌트로 구성된 제품의 정보는 원형 그대로 유지하고 있어 새로운 BOM을 생성시킬 수 있다. 따라서 데이터 생성방식에서 데이터간 연결을 주도하는 것은 룰셋으로 매우 중요한 역할을 한다. 이들 룰셋은 컴포넌트 BOM의 데이터를 가공하고 관리하는데 매우 중요한 역할을 하고 종류는 엑세스룰셋, 통합룰셋 및 생성룰셋의 3가지 종류로 구분되어 진다.[2]

3. 도시철도 유지보수 마스터 BOM

3.1 마스터 BOM과 기능별 BOM의 유기적 결합

도시철도 유지보수에 사용되는 BOM 체계를 정리하기 위해서 먼저 각 장치별 유지보수현황을 파악하여 검수 방법 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

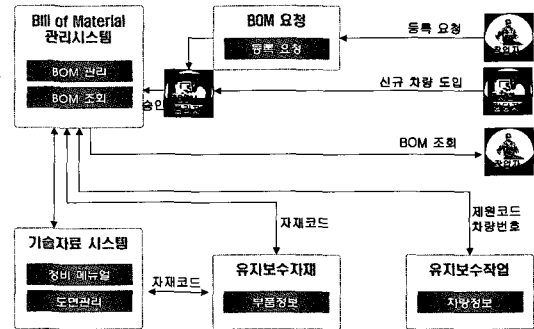


Fig. 4. Interface between BOM management system and others

전자카탈로그 시스템, 전자발주 시스템, 재고관리, 도면 및 형상관리 등에 쓰일 수 있게 표준화된 형태를 가지도록 하는 것이 중요하다. 또한, BOM 관리시스템은 자재 관리 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 있게 구성되고 BOM 관리시스템에서 전문가 시스템인 RCM (Reliability Centered Maintenance) 시스템과 연관성을 가지고 시스템을 구성하게 된다. 결국, BOM 체계를 잘 구성하는 것은 유지보수 시스템을 최적의 상태로 구성하는 것과 같다.[3]

3.2 마스터 BOM 시스템의 적용

본 논문에서 제시한 유지보수 마스터 BOM은 Fig. 5에서 볼 수 있듯이, Functional location BOM이 가장 상위 그룹으로 위치하고, 그 아래 편성과 차량을 관리하는 Equipment BOM이 구성된다. 마지막으로 자산의 기본단위인 각 차량별 장치에 대한 Maintenance BOM이 구성된다. 각 Level에

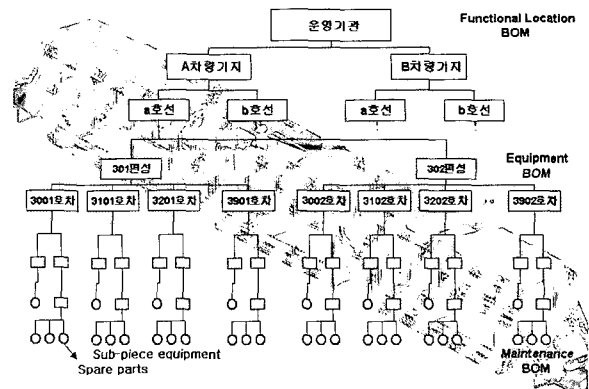


Fig. 5. Construction of the master BOM for urban transit maintenance

서 각각의 구성 Parts별로 위수정보를 명확하게 관리하며, 기술자료지원 시스템의 정비메뉴얼, 도면, 3D형상정보를 직접 조회할 수 있도록 한다.[4] 도시철도 전동차 마스터 BOM의 구조 및 데이터는 다음과 같다.

(1) Functional location master data.

Functional location master의 코드체계를 확정하고, 도시철도 운영기관 사업장 조직 및 업무범위 호선을 정의한다.

(2) Equipment master data.

Equipment master 코드체계를 확정하고, 편성차량, 개별 차량, 이동 정비차량(지게차, 크레인, 레일시설차 등) 및 기타 가공설비(CNC machine, Lathe machine etc.) 마스터를 정의한다.

(3) Parts master data.

Parts master data는 Parts master 코드체계를 확정한다. 이 때, 차량 Parts와 가공설비, 이동정비차량 등에 사용되는 Parts 코드체계를 동일하게 할 것인가, 다르게 할 것인지를 확정해야 한다.

전동차 장치는 독립적으로 수리되어 질 수 있는 독립체계에 구성하고, 개체 단위 data가 수집되고 이력이 관리되는 방식과 Functional location에 정의된 Equipment 단위로 설치 및 해체가 될 수 있는 방식으로 구성한다. 따라서 Maintenance BOM의 구성의 방식은 최상위 Equipment는 Level 0으로 구성되며, Level 0에서 보전대상만 간결하게 기술하고, 보전대상의 구조를 보전관점에서 표현한다. Level 1에서는 Maintenance order 계획시 Spare part의 지정과 계획에 사용한다. Level 2에서는 Maintenance task 기반의 Spare part를 계획한다. Maintenance BOM은 비슷한 구조의 많은 객체들이 Maintenance 시스템에서 관리할 경우에 유용한 방식이고, Part들은 Parts master와 연동된다.

3.3 마스터 BOM의 Equipment 구성

Equipment의 수리는 현장수리 장비, 기술적 한계, 기타 제조업체와의 계약조건 등에 따라 다를 수 밖에 없다. 따라서 Design BOM이나 Production BOM을 그대로 사용할 수 없는 경우가 대부분이다.

도시철도 마스터 BOM의 Equipment 구성 방안은 Fig. 6 과 같이 Level 0의 최상위 Equipment를 객차, 전동차, 기계 장치, 이동정비차량 등으로 구성하고, Level 1내 Sub-piece equipment(Assembly)는 독자적인 단위로 수리가 진행될 수 있는 개체로 구성하였다. Operation 단위의 수리작업지시가 필요한 경우, 이 지시 단위에 포함되는 Assembly 단위로 지

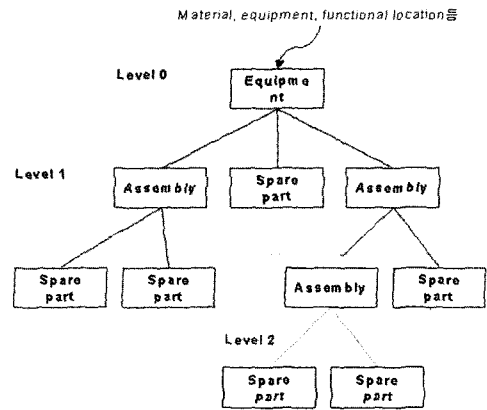


Fig. 6. Construction of the maintenance BOM

시될 수 있도록 구성하여 독자적인 수리 이력도 기록관리 될 수 있도록 하였다. 또한, 수리작업이 진행 중인 Operation 내에서 잠시 존재하지만 Spare parts가 아닌 Assembly가 존재 할 수 있는데, 이 Unit은 Phantom assembly로 지정 관리 되도록 하였다. Level 1의 Spare parts는 수리의 최하위 대상이 되는 구성 개체로 구매의 대상이 될 수 있다. 구매 및 재고관리의 단위가 되는 단위부품이 여기에 속한다.

4. 도시철도 마스터 BOM 관리시스템

4.1 도시철도 마스터 BOM의 계층적 구조 설계

마스터 BOM을 구성하기 위해서 계층적으로 분류하면 Fig. 7과 같으며, 이것을 데이터베이스로 구성하였다. Fig. 8 과 같은 BOM 구조의 컴포넌트 구조를 만들기 위해서, 사용되는 모든 데이터와 메소드를 템플릿으로 만들고 다시 이 템플릿을 복사하는 방식인 객체지향의 개념을 적용하였다. 이로서 모든 구조는 프레임웍 내부에서 자동하게 되며 특히, 데이터 구조는 레포지토리의 템플릿 저장소에 항상 속하게 하는 기본자료로 사용된다.

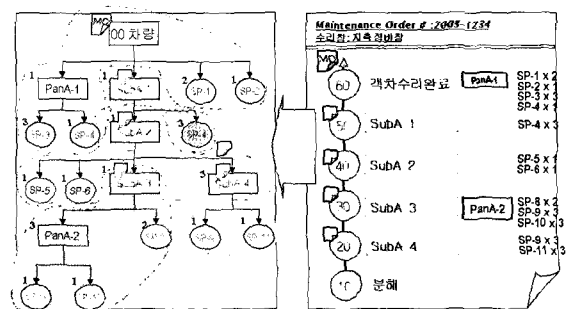


Fig. 7. Relation between the master BOM and task list

마스터 BOM에서 새로운 제품이 추가될 때 추가되는 부품의 정보가 마스터 BOM에서 관리하고 기능별 BOM에 관련된 정보를 주게된다. 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

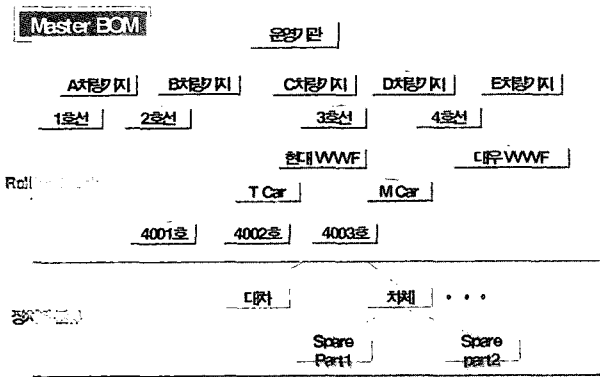


Fig. 8. Equipment master BOM

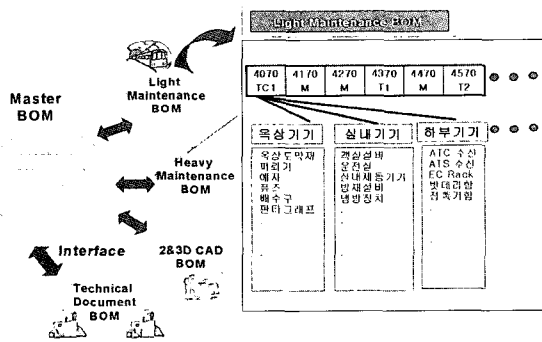


Fig. 9. Construction of the function BOM for light maintenance

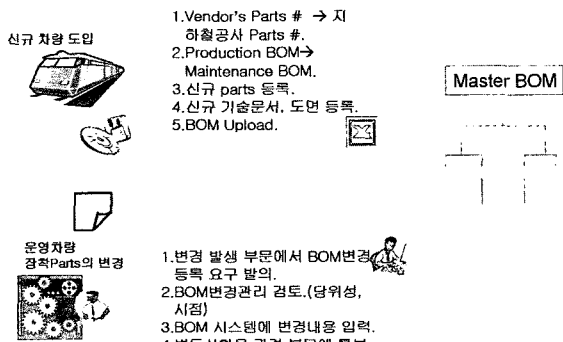


Fig. 10. Management function for formulation and adjustment of the master BOM

가지고 반응하게 된다. 도시철도 전동차에 관련된 기능별 BOM은 Fig. 9에서와 같이 분류하여 구성하였다.

이는 Fig. 10과 같이 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.

4.3 마스터 BOM 관리 프로그램 구현

4.3.1 기능별 BOM 생성

본 연구에서는 Fig. 11과 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 Excel 파일로부터 Upload 기능을 제공하도록 프로그램을 만들었다.

4.3.2 수정 등록 및 조회

마스터 BOM 수정시에는 Fig. 12와 같은 화면에서 각 Level별 BOM의 母-子관계를 이용하여 子 품목의 변경이 필요한 경우 사용하고 여기서 수정된 BOM 사항은 그 변경이력으로 표현한다. Level별 BOM의 母-子 관계를 조회하는 기능을 제공하고, 조회기준 품목을 최상위 Level로 하여 이하 BOM 구성을 Multi-level로 조회 및 출력한다. 일반적인 Excel 및 Text File를 다운로드 기능을 추가하여 사용성 편리성을 최대한 활용하도록 하였다.

4.4 BOM 변경관리 기능

4.4.1 변경발생 요인

제조회사로부터 장비의 성능향상, 신기술 적용 등의 이유에 의해 향후 공급되는 Spare parts 변경 통보를 받은 경우와 현장의 업무개선, 비용절감 등의 요구로 인하여 BOM 구

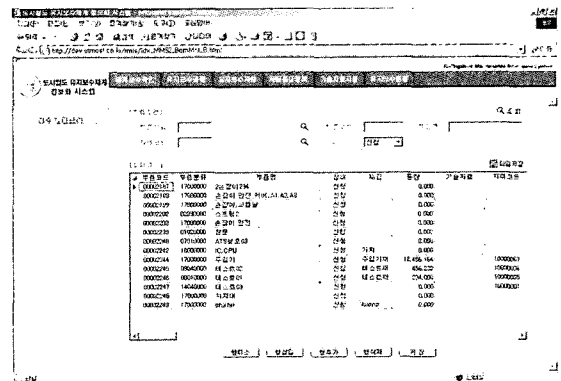


Fig. 11. Generation screen of the function BOM

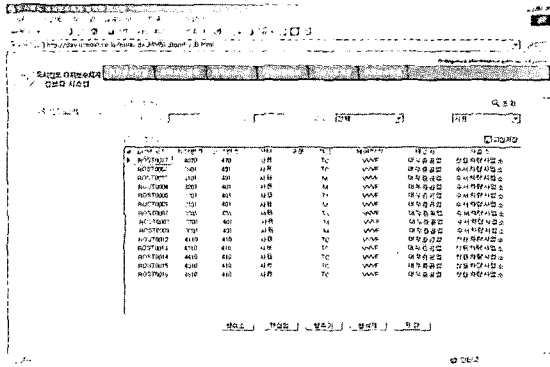


Fig. 12. Adjustment screen of the master BOM

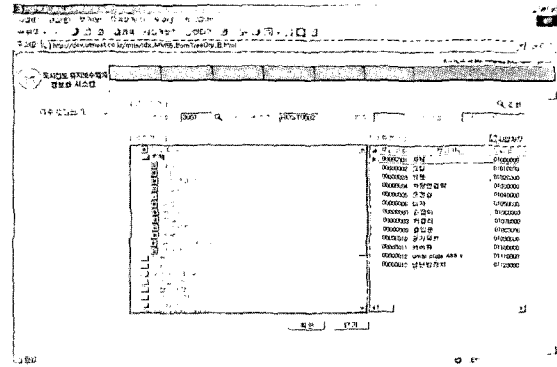


Fig. 13. Screen of the Modification and management function

성자체 및 Spare parts 변경 요구가 발생 및 기타 상용 Spare parts 구매상의 어려움으로 대체품 사용이 필요한 경우에 변경발생 요인이 된다.

4.4.2 변경 프로세스

상기 발생요인을 고려하여 관련 부서, 담당자 역할, 필요 서식을 확정하여 BOM 변경관리가 이루어 질 수 있도록 변경절차를 수립하였다.

4.4.3 BOM 변경 관리시스템 구축

본 연구에서는 Fig. 13과 같이 상기 변경요인, 변경절차를 처리하는데 필요한 요소를 지원 할 수 있는 시스템으로 구현하였다. 또한, 변경 이력이 추후 관리목적으로 조회 출력할 경우, 일목요연하게 표현될 수 있도록 변경 적용시점 및 변경 Spare parts가 불용자재 감축을 고려한 발주량 산정, 작업 Order에 적절하게 반영될 수 있도록 구축하였다.

4.4.4 Date기준 변경

단순 변경은 단일 Spare Part 가 특정 일자 기준변경 적용하고 그룹변경은 특정 일자를 기준으로, 한 종류 이상 Part 가 동시에 변경 적용 되도록 하였다.

4.4.5 재고소진 후 변경

단순 변경은 단일 Spare Part 가 기존 재고 소진 후, Follow-up Spare Part 로 변경 적용하고 그룹변경은 변경그룹 대상 중에서 가장 빨리 소진되는 Spare Part 의 소진 시점을 기준으로 동시에 변경 적용하였다.

5. 결론

본 연구에서는 도시철도유지보수 정보화시스템의 중심점이며 중요한 요소인 BOM을 효율적으로 관리하기 위한 통

합 BOM 관리시스템을 개발하였다. 이를 위해서는 기존의 수직적인 구조를 가지는 BOM 데이터를 독립적인 컴포넌트 베이스로 설계하고, 이를 기반으로 웹방식으로 구현하였다.

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 논문에서는 컴포넌트 관점을 도입하고 데이터를 설계하며 물셋에 따라 기능별 BOM을 구성하였다. 이로서 환경 변화나 데이터 변환시에는 물셋의 변경만으로 구조가 변화하므로, 시스템이 무결성을 보장할 수 있음과 동시에 필요에 따라 수정이 자유롭고 데이터의 크기를 조절할 수 있는 유연성을 유지할 수 있었다.

본 논문에서는 컴포넌트 기반의 도시철도 유지보수 마스터 BOM을 체계적으로 구성함으로써, 설계시 적용된 내용의 변경이 있어도 통합적으로 관리되어 반영될 수 있도록 하였다. 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.

참 고 문 헌

1. 박기준, 이호용 외 다수, 2002 “도시철도유지보수체계 표준화/정보화연구,” 한국철도기술연구원 보고서, pp.21-79.
2. Robert orfali, Dan Harkey and Jeri Edwards, 1998, “Instant CORBA,” John wiley & sons.
3. 이호용, 박기준, 안태기, 김길동, 한석운, 2003, “도시철도유지보수체계 시스템의 RCM에 대한 연구,” 대한전기학회춘계학술대회 논문집 pp.426-428.
4. 이호용, 박기준, 안태기, 김길동, 한석운, 2003, “도시철도유지보수체계 시스템의 RAMS에 대한 연구,” 한국철도학회춘계학술대회 논문집 pp.145-150.