조립 순서 모델을 고려한 확장된 엔지니어링 BOM에 관한 연구 -A Study on the Extended Engineering BOM for Generating Assembly Sequence-

장 현 수
Chang, Hyun Su

Abstract

BOM has been widely used to manufacturing, product design and scheduling. There are several bug differences between Manufacturing BOM and Engineering BOM, which cause a lot of problems. A study to integrate both manufacturing BOM and Engineering BOM is researching to solve those problems. Therefore, this research presents a extended Engineering BOM concepts considering assembly sequence model.

1. 서론

동시공학에서의 조립을 고려한 디자인(Design For Assembly, DFA)의 응용은 회사가 실질적으로 제품 비용면에서 이익을 보고자 할 때 공장 내 조립라인을 어떻게 정의하고, 이를 운영하는가에 초점을 두고 연구되어져야한다. 이에 따라 조립을 고려한 디자인의 구현 방법으로는 특정 조립공정에 대한 이론적용, 정립되지 않은 규칙과 개념의 처리 문제, 규칙의 응용에 있어서 절차 수립 방법, 지식 기반 시스템 (Knowledge Based System)의 구축 등이 있다. 그러나 조립을 고려한 디자인 시스템은 수작업과 문장으로 이루어진 소프트웨어, 그래픽 기반(단일 부품에만 적용할 수 있는) 등의 문제점을 안고 있기 때문에 이에 대한 개선이 필요하다.

조립 순서 계획(Assembly Sequence Planing)은 조립 환경을 이루는 조립 순서 모델(Assembly Sequence Model)과 조립될 부품들에 대한 정보를 담고 있는 부품 모델의 분석을 통해 시작된다. 조립모델과 부품모델의 분석을 통해 특정한 조립작업의 제약사항을 얻어내고 이로부터 조립계획을 생성한다.

명지대학교 리서치파크센터

이에 따라 본 연구에서는 조립을 고려한 디자인과 조립 순서 계획에서 사용되는 여러 가지 조립 순서 모델을 자동 생성하는 프로그램을 개발함으로써, 조립 순서 모델의 자동 생성으로 조립을 고려한 디자인의 수작업과 문장으로 이루어진 문제점을 개선하고자 한다. 또한 기업의 형태가 글로벌화되는 시대에는 지역적으로 떨어져 있는 각 부서간의 BOM 정보의 공유가 중요한 문제로 부각되고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 기존의 BOM 데이터에서 포함하고 있지 않았던 조립 순서 모델을 지원하는 BOM 데이터를 통해 정보 공유를 실현하고자 한다. 그리고, BOM 데이터의 정보 공유를 통해 조립 순서 모델의 자동 생성 과정을 제시하고자 한다.

본 연구는 크게 세 단계로 이루어진다. 첫 번째는 조립 순서 모델을 정의하고, 조립 순서 모델을 자동생성 하기 위한 특성들을 추출해낸다. 여기서 조립 순서 모델이란 그래픽 구조와 계층 구조 등의 스키마를 통하여 부품들의 조립 순서를 나타낸 것이다. 조립 순서 모델은 조립을 고려한 디자인과 조립 순서 계획의 기초 자료 및 툴로써 이용되어진다. 두 번째는 조립 순서 모델을 자동 생성하기 위해서, 일반적인 BOM에 특성들을 포함시켜 확장된 BOM을 형성한다. 일반적으로 BOM 데이터에서 제품의 계층 구조와 수량 및 제품 명세 등을 조립 순서 모델에서 공유할 수 있지만, 이러한 데이터만으로 자동 순서 모델을 생성하는 것은 불가능하다. 따라서 조립 순서 모델에서 표현되어지는 결합 조건(Mating Condition), 접합 유형(Attachment Type), 선행 관계 등을 포함하는 BOM으로 확장한다.

마지막으로 조립 순서 모델을 고려한 BOM을 관계형 데이터베이스(Relational Database)로 모델링한다. 모델링되어진 데이터베이스 모델을 토대로 물리적 데이터 베이스를 생성한다. 생성되어진 BOM 데이터의 조립 순서를 고려한 특성들을 추출하여 조립 순서 모델을 자동으로 생성한다. 이러한 BOM 데이터를 이용하여 세 가지 조립 순서 모델을 자동 생성한다. 첫 번째 모델은 제품의 구조를 계층적으로 나타내어지는 선행 다이아그램(Precedence Diagram), 두 번째 모델은 조립 부품들의 관계를 표현하는 기초 모델인 리에이종 다이아그램(Liaison Diagram), 세 번째 모델은 조립 순서의 선행 관계를 나타내는 선행 그래프(Precedence Graph)를 생성한다.

따라서 BOM 데이터를 이용하여 생성되어진 조립 순서 모델과 BOM 데이터가 상호 연관되어지는 시스템을 구현함으로써 조립 순서 모델을 고려한 BOM을 구성하며 관리하는데에 본 연구의 목적을 둔다.

2. BOM의 종류와 용도

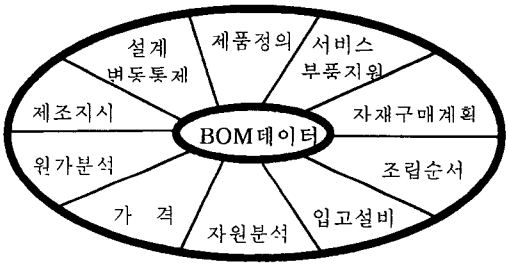
2.1 BOM의 종류

BOM을 분류하는 기준은 여러 가지가 있으나, 본 연구에서는 사용 분야와 부서를 기준으로 분류하였다. 이 기준에 따라 BOM은 크게 엔지니어링 BOM(Engineering BOM), 제조 BOM(Manufacturing BOM), 계획 BOM(Planning BOM)으로 나누어진다. 먼저 엔지니어링 BOM은 제품설계에 따라 제품 구조를 표한 것으로 최종 제품의 제조

에 사용되는 모든 제조과정에서 사용되는 모든 부품의 목록과 최종 제품의 제조에 필요한 각각의 수량을 나타낸 BOM이다. 제조 BOM은 제조순서에 따라 제조구조를 표현한 것으로 모든 부품들의 부품 목록에 제조과정에서 필요한 중간조립품, 반 가공 부품, 조립 순서 등의 정보가 첨부되어 있는 BOM이다. 계획BOM을 용도와 형태에 Modular BOM, Percentage BOM 또는 Ratio BOM, Super BOM, Inverted BOM, Family BOM으로 나누어진다. 자세한 사항은 참고문헌[6]을 참조하기 바란다.

2.2 BOM의 용도

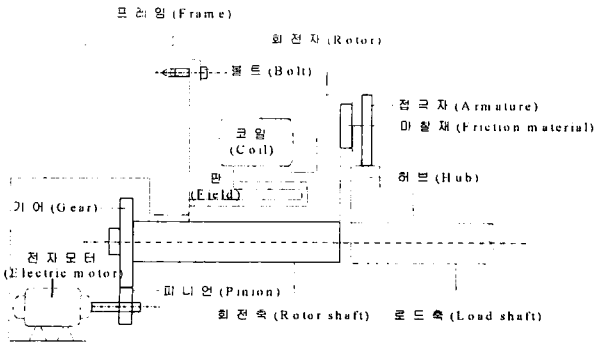
BOM은 제품 정의에 대한 일반적인 서술로서, 제품들간의 구조와 관계를 관점으로 '제품을 이루는 제품들간의 상위/하위 제품 관계 집합을 표현한 것'이라 정의할 수 있다[3]. 이러한 BOM의 용도를 [그림 1]에 나타내었다[5].



[그림 1] BOM의 용도

3. 조립 순서 모델

조립 순서 모델은 선행 다이아그램(Precedence Diagram), 리에이종 다이아그램(Liaison Diagram), 선행 그래프 (Precedence Graph) 등으로 구성되어 있다. 본 연구에서는 전자 클러치의 조립품의 예를 가지고 조립 순서 모델의 개념을 설명하기로 한다. 전자 클러치의 모형을 [그림 2]에 나타내었다.



[그림 2] 전자 클러치

[그림 3]의 클러치의 동작 원리는 다음과 같다.

① Electric motor에 전원이 공급되어 작동하게 되면 Pinion이 회전을 한다.

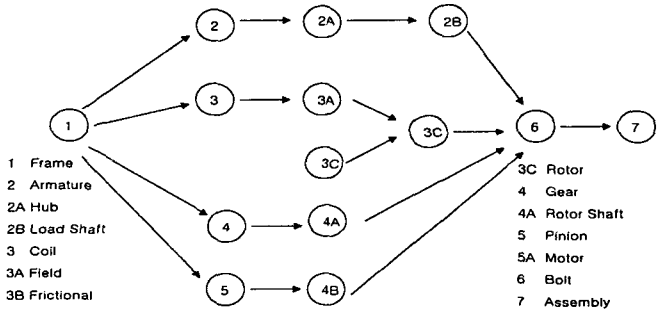
② Pinion에 맞물린 Gear가 같이 회전 운동을 한다.

③ 기어와 맞물린 로터가 회전하게 되면 코일과 전기장에 의해 자기장이 발생한다.

④ 발생한 자기장에 의해 로드 샤프트가 좌우로 이동하게 된다.

3.1 선행 다이아그램

선행 다이아그램은 각 조립 작업에 번호를 할당하여 작성하며, 제품의 모든 가능 조립 순서를 나타내기 위하여 디자인한다. [그림 3]은 전자 클러치를 선행 다이아그램으로 나타낸 것이다.



[그림 3] 전자 클러치의 선행 다이아그램

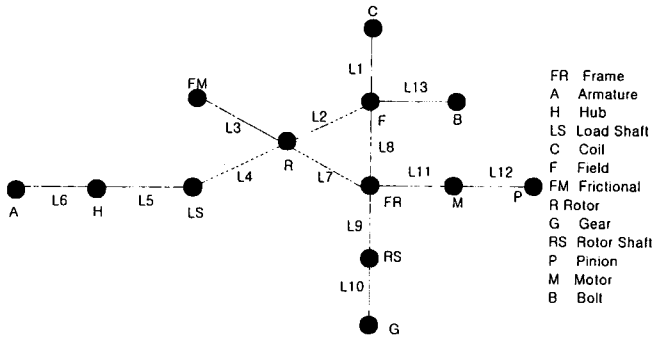
각 노드에 나타난 번호들은 전자 클러치의 부품을 나타내고 있는 것이 아니라 해당 번호의 부품을 조립하는 작업을 나타내고 있는 것이다. 선행 다이아그램을 통해서 작업자는 가능한 모든 조립 순서를 알아볼 수 있다.

3.2 리에이종 다이아그램

리에이종 다이아그램은 선행 다이아그램과 같이 모두 부품 리스트(Part List)에 포함되어 있는 조립 순서 정보를 이용하여 모든 가능한 조립 순서를 나타낸다. 여기서 생산 기술자는 조립 순서를 기초로 하여 선행 다이아그램을 직접 만들 수 있다. 그 이유는 선행 다이아그램이 조립 작업으로 구성되어 있기 때문이다. 반면에 리에이종 다이아그램은 제조 기술자에게 부품사이의 결합 조건에 대한 질문을 통하여 조립순서를 생성하기 위한 정보를 얻어낸다. 리에이종 다이아그램을 이용하여 제조 기술자로부터 얻은 정보는 조립 순서를 생성하는데 기본 데이터가 된다.

조립 순서 생성을 위한 대부분의 연구들이 기본적으로 리에이종 다이아그램을 사용하고 있다[7]. 리에이종 다이아그램은 각각의 노드에 부품 명을 표시하고, 부품과 부품을 잇는 연결선으로 표시된다. 이 연결선은 특별한 규칙에 의하여 생성되어지는 것도 아니고 특별한 의미를 지니고 있지는 않다. 하지만, 사용자로부터 결합 조건을 입

력받는 입력변수가 되므로 조립 순서 생성에 주요한 데이터가 된다. 전자 클러치에 대한 리에이종 다이아그램을 [그림 4]에 나타내었다.



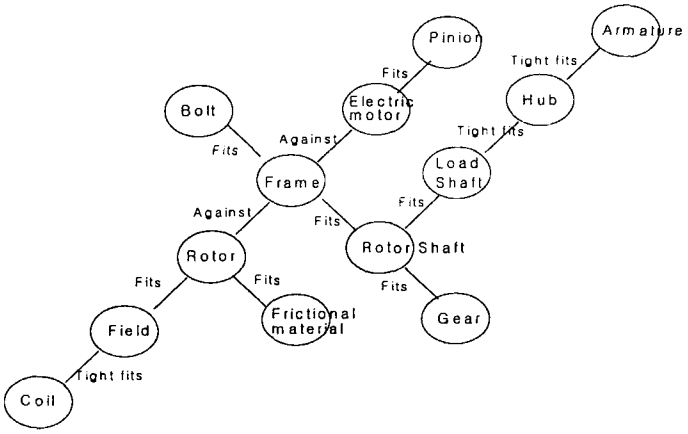
[그림 4] 전자 클러치에 대한 리에이종 다이아그램

3.3 선행 그래프

선행 다이아그램이나 리에이종 다이아그램을 완성하기 위해서는 사용자로부터 입력값을 받아야 한다. 하지만, 선행 그래프는 가상고리의 데이터를 이용하여 사용자의 입력값 없이 자동으로 생성할 수 있다. 여기서 가상 고리란 접합 유형을 묘사하기 위하여 필요한 정보의 완성된 집합과 결합짝 사이의 접합 조건으로 정의된 고리를 의미한다. 가장 상위 노드에 최종 조립품이 위치한다. 따라서 조립순서를 자동으로 생성하기 위하여 결합 조건이 필요하며, 이에 따라 결합 조건(Against, Fit, Contact) 등을 [표 1]에 나타내었으며, 이를 기초로 선행그래프를 [그림 5]에 나타내었다.

[표 1] 전자 클러치의 결합 조건

부품1	부품2	결합 조건
Armature	Hub	Tight fits
Hub	Load shaft	Tight fits
Coil	Field	Tight fits
Field	Rotor	Fits
Frictional material	Rotor	Fits
Rotor	Frame	Against
Gear	Rotor shaft	Fits
Rotor shaft	Frame	Fits
Pinion	Electric motor	Fits
Electric motor	Frame	Against
Bolt	Frame	Fits
Gear	Pinion	Against
Load shaft	Rotor shaft	Fits



[그림 5] 전자 클러치의 선행 그래프

4. 조립 순서 모델을 고려한 BOM

4.1 BOM 데이터

일반적으로 BOM은 제품의 디자인 및 제조, 그리고 계획에 많이 사용되어진다. BOM은 설계 및 생산, 판매에 필요한 각종 데이터를 수록하고 있는 데이터 저장고이다. 따라서 설계, 생산, 판매에 필요한 응용 프로그램을 구축 시 BOM 데이터를 사용하여 구축하려는 많은 시도를 하고 있다. 본 연구에서도 이러한 데이터를 사용하여 조립 순서 계획을 위한 모델을 생성하는 위한 응용 프로그램을 구축할 수 있음을 보이고 있다.

BOM시스템들은 품목 마스터 데이터 (Item Master Data), 제품 구조 데이터 (Product Structure Data), 하위 수준 코드(Low Level Codes), 부서 코드 (Departmental Codes), 공급 시점 코드 (Delivery Point Codes), 라우팅 (Routing Linkage), Bill of Labor등의 데이터를 제공한다.

4.2 조립 순서 모델의 데이터

이 절에서는 조립 순서 모델들이 가지고 있는 일반적인 데이터를 정리하고 그러한 데이터들의 특성이 어떤 것이 있는가를 알아본다. 이러한 특성들은 조립 순서 모델을 고려한 BOM을 구성하는데 있어서 기초적인 자료와 기준이 된다.

4.2.1 접합 조건 (Mating Condition)

조립에서의 각각의 부품들은 대체적으로 각각의 다른 CAD/CAM 시스템을 이용하여 생성되어진다. 그리고 이러한 부품들은 CAD/CAM 시스템 내에서 병합(Merge)되어 조립되어진다. 이러한 일련의 과정에서는 베이스 부품이 결정되어지고, 베이스 부품에 병합되어질 부품이 결정되어지는데, 이때 베이스가 되는 부품을 베이스 부분 부

품이라 하며, 병합되어지는 부품을 결합 부분 부품이라고 한다. 결합 부분 부품이 베이스 부분 부품에 결합되어지기 위해서는 일정한 방향과 위치가 기준이 된다. 이때 결합부분 부품의 일정한 방향과 위치를 접합 조건(Mating Condition)이라고 한다[8].

4.2.2 관계(Relationship)

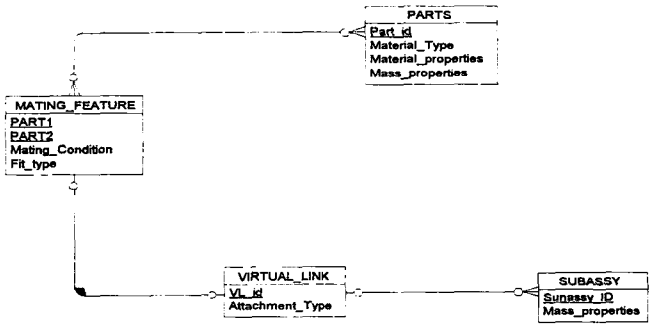
조립 순서 모델의 데이터를 크게 두 가지로 나누어 보면, 첫 번째 부품과 두 번째로 부품과 부품, 또는 부품과 중간조립품, 그리고 중간조립품과 중간조립품으로 이루어지는 관계들이라고 할 수 있다.

일반적으로 부품에 관련된 데이터들은 앞에서 언급한 BOM에서 저장하고 있으며, 또한 관리하고 있다. 부품에 관련한 BOM 데이터들은 조립 순서 모델에서 유용하게 사용되어질 수 있다. 그러나 기존의 BOM을 이용하여 조립 순서 모델을 생성하기 위해서는 부품에 대한 정보들뿐만 아니라, 부품과 부품, 또는 부품과 중간조립품, 그리고 중간조립품과 중간조립품으로 이루어지는 관계들도 정의되어야만 가능하다. 다음은 부품 관계 유형이다[7].

① Part-of : 하나의 부품이 다른 하나의 부품에 논리적으로 포함되어 있는 경우
② Attachment : 두 개의 부품이 서로 관계된 위치로 이동하여 이루어지는 접합 유형으로 조립에서의 많은 부분이 Attachment 유형이다.
③ Constraint : 하나의 부품이 다른 하나의 부품에 물리적으로 포함되어 있는 경우
④ Subassembly : 상위 조립품에 병합되는 하위 조립품을 말한다.

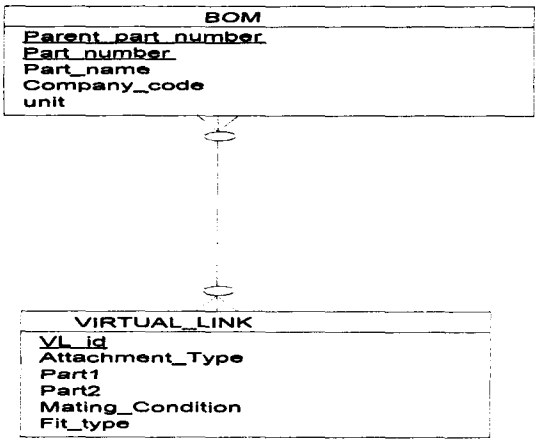
4.3 조립 순서를 고려한 BOM

본 연구에서는 앞장에서 설명한 가상고리 데이터 구조를 사용하여 조립 순서 모델을 생성을 위한 데이터를 정의한다. 가상고리 데이터 구조를 확장된 BOM 데이터에 포함하기 위해서 가상고리는 데이터를 관계형 데이터 베이스로 모델링한다. 이러한 가상고리 데이터 베이스 모델과 기존의 BOM 모델을 통합함으로써, 조립 순서 모델 생성을 위한 확장된 BOM을 생성한다. [그림 6]은 가상 고리 데이터 구조의 관계형 데이터 베이스 모델을 나타낸 것이다.



[그림 6] 가상 고리 데이터 구조

BOM의 데이터는 앞장에서 살펴본 것처럼 여러 가지 기능 및 여러 가지 데이터로 구성되어져 있다. 하지만 본 연구에서는 BOM의 가장 기초적인 구조만을 사용하고, 조립순서모델을 고려한 데이터의 확장부분에 초점을 두고 있다. [그림 7]은 기초적인 BOM 데이터와 [그림 6]의 가상고리 데이터베이스 모델을 통합한 데이터 베이스 모델이다.



[그림 7] 통합 데이터 베이스 모델

[그림 7]은 기초적인 BOM 데이터 모델에서 조립 순서를 고려한 BOM으로의 확장된 데이터 모델을 제시하고 있다. 위의 모델은 가상고리 데이터 베이스 모델을 포함한 BOM으로 확장한 것이다. 이러한 데이터 베이스의 데이터를 이용하여 여러 가지 조립 순서 모델의 생성을 자동으로 구현 할 수가 있다. 또한, 생성된 조립 순서 모델로부터 BOM데이터에 접근이 가능하게 된다.

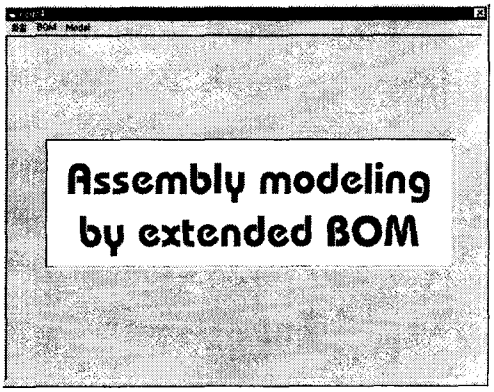
5. 구현

앞장에서 예제로 사용한 전자 클러치의 BOM데이터와 가상구조 데이터를 관계형 데이터 베이스 모델로 구축하여, 구축된 데이터 베이스를 이용하여 조립 순서 모델을 생성하였다. 개발 소프트웨어는 MS-SQL 6.5와 Visual Basic 6.0을 사용하였다. 여기서 조립 순서 모델을 고려한 확장된 BOM의 데이터를 이용하여 리에이종 다이아그램, 제품의 트리 구조, 접합 그래프를 생성한다. 이 세 가지 조립 순서 모델은 조립 순서 계획을 위한 기본적인 자료와 데이터를 제공한다.

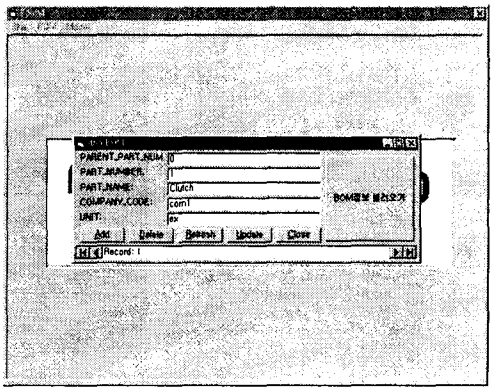
확장된 BOM을 이용하여 생성된 조립 순서 모델들은 조립 순서 모델에서 BOM 데이터에 접근이 가능하게 되어 있다. 따라서 조립 순서 계획을 할 경우 이에 사용되어지는 조립 순서 모델에서 BOM에 데이터를 접근할 수 있는 인터페이스를 형성함으로써, 조립 순서 계획의 효율을 더욱 높일 수 있다. 또한 전자 클러치의 BOM 생성에 조립 순서 모델 생성을 위한 가상 고리 데이터를 통합하였다. 이러한 데이터를 이용하여

전자 클러치의 트리 구조와 리에이종 다이아그램 그리고 접합 그래프를 자동 생성하는 프로그램을 작성하였다.

[그림 8]은 프로그램의 초기 화면으로서, 메뉴는 파일, BOM, Model로 이루어져있다. [그림 9]는 초기 화면에서 BOM 메뉴를 선택한 화면으로서, 조립 순서 모델을 생성할 BOM을 선택하는 기능이다. 또한 현재 BOM 데이터 베이스에 저장되어 있는 각 부품에 대한 정보를 조회, 추가, 삭제 ,수정 등이 가능하며, 조립 순서 모델 생성 메뉴를 이용하기 위해서는 BOM 정보 불러오기 버튼을 클릭 하여 BOM정보를 프로그램내의 변수에 저장한다.

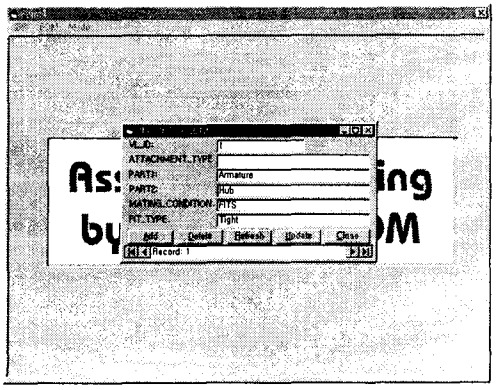


[그림 8] 초기화면

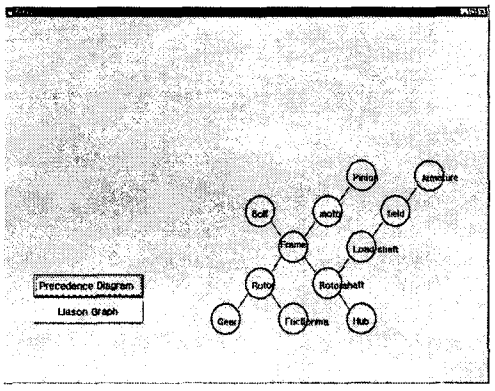


[그림 9] BOM 정보화면

[그림 10]은 BOM메뉴에서 선택한 화면으로서, 확장된 BOM에서 포함하고 있는 가상고리의 데이터를 조회, 추가, 삭제, 수정을 할 수 있다. 가상고리의 데이터는 BOM 데이터와 더불어 조립 순서 모델을 생성의 기본적인 데이터가 된다. [그림 11]은 전자 클러치의 확장된 BOM 데이터 베이스의 데이터를 이용하여 선행 그래프의 생성 기준이 되는 접합 그래프를 생성한 화면이다.

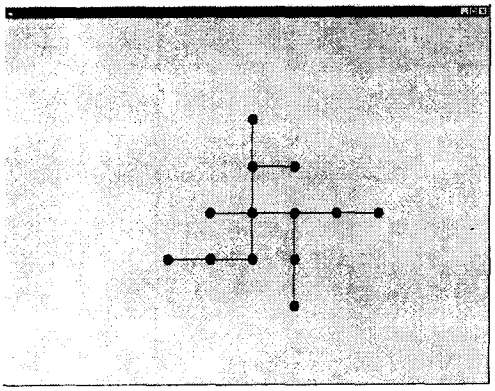


[그림 10] 가상 고리 조회화면

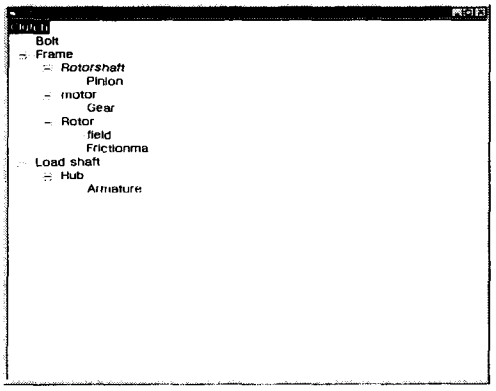


[그림 11] 접합 그래프 생성화면

[그림 12]는 조립 순서 계획의 기초 자료가 되는 리에이종 다이아그램을 생성한 화면으로서, 생성된 리에이종 다이아그램은 BOM의 부품 데이터와 상호 연결되어지며, 조립 순서 계획시 사용자의 입력을 처리하는 인터페이스로 활용할 수 있다. 트리 구조는 기존의 BOM관리 시스템에서 주로 사용하는 구조이다. 이러한 트리 구조는 조립 순서 계획에서도 유용하게 사용되는 모델로서, [그림 13]은 전자 클러치의 BOM 데이터를 기준으로 전자 클러치의 부품들을 트리 구조로 생성한 화면이다.



[그림 12] 리에이종 다이아그램 생성화면



[그림 13] 트리 구조 화면

6. 결론

본 연구에서 제시한 내용은 다음과 같다. 첫 번째로 조립 순서 모델의 정의와 조립 순서 모델을 자동생성 하기 위한 특성들을 추출하였다. 두 번째로 일반적인 BOM에 조립 순서 모델에서 표현되어지는 결합 조건, 접합 유형, 선행 관계 등을 포함시켜 확장된 BOM을 이루었다. 또한 조립 순서 모델을 고려한 BOM을 관계형 데이터베이스(Relational Database)로 모델링하였다. 여기서 모델링되어진 데이터베이스 모델을 토대로 물리적 데이터 베이스를 생성한 후, 생성되어진 BOM 데이터의 조립 순서를 고려한 특성들을 추출하여 세 가지 조립 순서 모델, 선행 다이아그램, 리에이종 다이아그램, 선행 그래프(Precedence Graph), 등을 자동 생성할 수 있는 환경을 구축하였다.

본 연구를 통하여 얻을 수 있는 기대 효과는 다음과 같다. 첫 번째, 조립 순서 모델을 고려한 확장된 BOM 데이터를 구성함으로써 조립 순서 모델을 자동으로 생성할 수 있다. 두 번째, BOM 데이터를 설계, 생산 분야에서 더 많은 부분을 공유하게 함으로써 두 분야에서 발생할 수 있는 피드백을 줄일 수 있다. 세 번째, 조립 순서 계획에서도 BOM 데이터를 활용할 수 있는 인터페이스를 형성할 수 있다.

추후 연구 과제로는 자동으로 생성된 조립 순서 모델을 이용하여 조립 순서 계획을 자동으로 생성할 수 있는 데이터 모델 및 알고리즘을 개발하는 것이다.

참 고 문 헌

[1] 강영신, 이춘열 "BOM의 효과성 분석 모형 연구", 석사학위 논문, 국민대학교, 1994
[2] 권용성, "이종분산환경 하에서의 CORBA기반의 Product Structure 및 Configuration Management 시스템 개발", 석사 학위 논문, 명지대학교, 1998
[3] 김정기, "전자 상거래를 위한 확장된 형태의 BOM 시스템", 석사 학위 논문, 서울대학교, 1998
[4] 손경준, 정무영, "조립 순서의 자동생성에 관한 연구," 포항대학교, 1993
[5] 지용구, "Modular BOM의 생성 및 데이터 베이스 구축을 위한 연구", 석사 학위 논문, 서울대학교, 1996
[6] Eelco A.van Veen, Mdoelling Product Structures by Generic Bills-of-Materials, ELSEVIER, Netherlands
[7] RICHARD J. LINN, "An automatic assembly liasion extraction method and assembly liasion model ", IE Transaction 31 , pp353-363, 1999
[8] YOUNG-O Lee and SOUNDAR R.T. KUMARA, "Individual and Group diassembly sequence generation through freedom and interface spaces", Journal of Design and Manufacturing, pp143-154, 1992
[9] Yunkung chung and Gray W. Fischer "A CONCEPTUAL STRUCTURE AND ISSUE FOR AN OBJECT-ORIENTED BILL OF MATERIALS DATA MODEL", Computer Ind. Eng Vol 26, No2,pp 321-339, 1994

저자소개

장현수 : 명지대학교 공과대학 산업공학과를 졸업하고, 동대학원에서 석사 및 박사 학위를 취득하였다. 현재 명지대학교 리서치파크 연구원으로 재직중이며, 주요 관심분야는 제품 설계, 품질공학, 시뮬레이션등이다.