

환경영향을 고려한 제품 전 주기 관리 데이터 모델링

황오현*(성균관대학교 대학원), 강무진(성균관대학교 기계공학부)

Database Modeling for Environmental Product Life Cycle Management

O.H. Hwang (Graduate School, Dept. SKKU), M. Kang (Mechanical Eng. Dept. SKKU)

ABSTRACT

Environmental Product Life Cycle Management is an activity for defining and describing the product, process or activity environmentally. The activity involves the full life cycle stages of the product, evaluating environmental releases at each stage, determining the aggregate and specific impacts of the releases, developing opportunities to effect environmental improvements. This paper presents a methodological approach for database modeling to build Product Life Cycle Management system and show a set of database modeling. Additionally, a key issue for databases is the quality of the provided information.

Key Words : Product Life Cycle(제품수명주기), Life Cycle Assessment(전과정 영향평가), Environmental Effect(환경영향), Design for Environment(환경 친화적 설계), Recycling(재활용)

1. 서론

오늘날 국제사회에서 환경의 중요성은 이미 무역장벽과 수출문제에 밀접한 연관성을 가지며 그에 대한 관심은 나날이 증대되고 있다. 이러한 국제적인 추세의 원인은 환경적인 관점, 법률적인 관점 그리고 사회적인 관점등에서 나타나고 있다. 우선 자원의 고갈과 환경오염으로 인해서 자원조달 비용을 증가 시켰고 이것은 기업이 환경문제를 경제적 이슈로서 고려해야 할 필수사항이 되었다. 법률적인 관점에 있어서는 환경에 대한 국제적 법규의 방향이 제조자의 책임 쪽으로 이슈화 되고 있어서 기업이 산업 활동 안에서 환경을 고려할 수 밖에 없도록 하는 강압적인 분위기가 생성되었다.[1] 또한 일반 소비자들의 환경에 대한 인식이 깊어짐에 따라 환경 친화적인 제품으로서 설득력을 지니지 못하는 제품은 소비자로부터 외면 당하기 쉬워졌다. 그런데 이런 사회적 관심의 증가와는 달리 현재 우리가 갖춘 기술력과 연구는 미미하다. 반면에 유럽을 중심으로 하여 선진국들의 환경기술은 이미 오래된 연구와 투자로 인해서 우리의 그것과는 많은 차이가 있다. 특히 유럽 국가들은 다양한 환경 친화적 설계 기술과 환경영향평가 방법들을 개발하여 제품의 개발을 위한 가이드 라인으로 활용하고 있다.

환경영향 평가 기술에는 자료획득 기술, 환경영향평가방법 뿐만 아니라 제품의 설계에서 부터 생산을 거쳐 재활용 및 폐기에 이르는 전주기적 관리가 중요한 과제가 되었다.

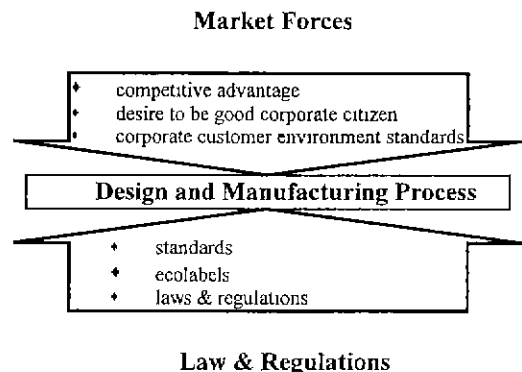


Fig.1 Requirement of Environmental Approach[2]

제품의 전주기를 관리하기 위해서는 Product Life Cycle 각 단계에서의 주요한 관리 항목과 데이터를 효율적이고 일관되게 취급할 수 있는 Database 가 필수적이다. 본 논문에서는 제품 전주기 관리 시스

템을 고찰하고 Database 구축을 위한 기준을 마련하고자 한다.

2. 제품 전 주기 관리

제품 전 주기 관리라 하면 재료의 선택과 공정, 그리고 제품의 사용 및 최종 폐기와 관련하여 제품 수명 주기 모든 단계에 대하여 환경친화적 관점으로 관리하는 것이라 볼 수 있다.

데이터베이스의 설계는 제품 전 주기 관리 프로세스의 흐름에 있어 핵심적인 역할을 하므로 데이터베이스의 설계에 앞서 전 주기 관리 방법론에 대한 이해를 필요로 한다

제품 전 주기를 위한 시스템은 다음의 몇 가지 기능으로 분류될 수 있다. 그리고 각각의 기능 부분은 서로 유기적인 관계를 가짐으로써 정보를 공유할 수 있어야 한다

- 제품 구성 관리
- 생산 공정 관리
- 제품 이용 단계 관리
- 사용 후 처리 단계
- 환경 영향 평가

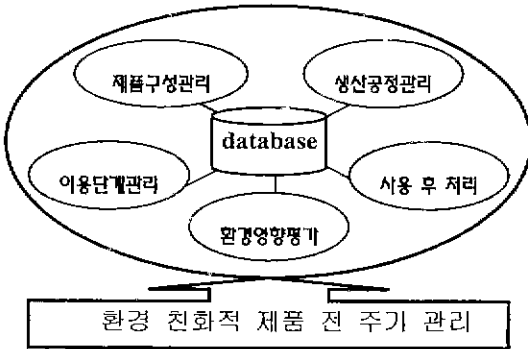


Fig. 2 Configuration of Product Life Cycle

제품 구성 관리 제품을 구성하고 있는 part 나 component 에 대한 정보와 분해단계에서 제품이 가지는 구성 정보를 획득하는 것이 주요 기능이다. 이곳에서는 raw material 에 대한 정보도 포함해야 한다. 기존에 수행되었던 환경영향평가가 조립공정에서 얻은 정보에만 의존하였지만 실제로 환경영향평가는 조립정보와 더불어 분해공정에서 얻는 정보를 활용해야 보다 정확하고 다양한 정보를 얻을 수 있다. 부품의 조립에 대한 정보는 raw material 과 원자재에 대한 환경영향평가를 수행하는 기초자료가 되고, 제품 분해를 위한 구성정보는 중고 제품이나 제품의 수명이 다해 폐기되는 제품을 대상으로 재활용이나 재사용 등을 고려할 때 유용한 정보가 된

다

또한 본 단계에서는 raw material 과 그에 해당하는 emission 을 계산하여 나타내는 과정을 포함한다. 이것은 다음의 여섯 범주의 emissions 으로 구분된다 [3]

- waste
- air emission
- water emission
- solid emission
- energy
- other emission

각각의 범주는 재료와 그 재료의 환경영향에 대한 환경영향점수가 포함되어서 이 자료는 환경영향평가 단계에서 제품에 대한 환경영향평가에 이용되게 된다.

생산 공정 관리 이 기능은 제품을 생산할 때 각 공정이 발생시키는 환경 영향에 대한 정보를 관리하기 위함이다 각 공정을 위해서 필요한 에너지 및 투입물에 대한 정보와 공정을 통해서 배출되는 물질들과 오염에 대한 정보를 함께 가져야 한다. 그래서 설계자가 환경 영향을 작게 갖는 대안 공정을 선택할 수 있도록 정보를 제공해야 한다.

제품 이용 단계 관리 완성된 제품이 소비자에 의해서 이용될 때 고려되어야 할 사항들을 다루는 단계이다. 고려되는 사항들은 제품의 성능과 제품에 대한 소비자의 직접적인 인식과 연관되므로 소홀히 지나칠 수 없는 단계이다. 이 부분은 제품이 사용 단계에서 소모하는 에너지의 종류와 양 그리고 배출되는 오염 요소들에 대한 정보를 담고 또한 제품 포장에 관한 정보와 완성된 제품의 수송을 위해서 필요한 비용과 수송 거리, 그에 따른 환경영향에 대한 정보를 담는다

사용 후 처리 단계 제품의 처리는 어떤 시나리오를 통하느냐에 따라서 사회적, 경제적, 환경적인 측면에서 각기 다른 효과를 주므로, 매우 중요하고 신중하게 처리해야 할 사항이다.[3] 제품 구성 관리에서 얻은 정보와 분해 과정에서 얻은 정보를 토대로 시나리오를 작성한다. 제품의 처리는 Fig 3 에서 보여지는 4 가지 범주로 나누어진다.

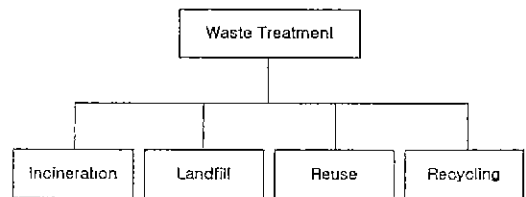


Fig. 3 Scenario of Product Disposal

환경영향평가 환경영향에 대한 목록 정보를 해석

하고 완전한 해결책은 아니지만 상대적 중요성에 대한 견해를 제공할 수 있는 단계이다. 현재 국내에서 개발된 영향평가 계획 및 방법론은 거의 전무한 편이지만 유럽에서는 이미 다양한 방법론들이 구체화 되어 있다 이러한 방법론은 환경영향을 분석하고 환경친화적인 제품을 설계할 때 없어서는 안 될 필수적인 수단이 된다

3. 제품 전 주기 데이터

제품 전 주기 관리를 위해서는 여러 가지 기술들이 필요하지만 그 중에서도 시스템의 통합적인 관리를 위해서 자료를 획득하고 데이터베이스를 구축하는 것이 가장 기본적이고 중요하다. 또한 제품의 전 주기 동안에 발생하는 오염 배출물을 계산하기 위해서는 제조 공정, 재료 그리고 에너지 사용에 대한 많은 정보를 담을 수 있는 비교적 큰 규모의 데이터베이스 시스템을 필요로 한다.

제품의 전 주기 시스템은 데이터의 상위모델을 점차적으로 세분화하면서 하위모델을 작성하게 된다 상위모델에서는 시스템의 전체 기능들, 즉 제품 구성 관리, 생산 공정 관리, 제품 이용 단계 관리, 사용 후 처리 단계, 환경 영향 평가에 대해서 표현하고 하위모델들의 개념적 모델링을 수행하는 순서를 따르게 된다 우선 제품 구성 관리에서는 제품의 조립을 위해서 필요한 재료와 양 그리고 각 재료들이 배출하는 오염인자들에 대한 데이터 입력을 필요로 한다 그리고 이 데이터들은 원자재의 전체 양과 사용되는 에너지, 그리고 방출 물질 과 쓰레기 양으로 분류된다. 이 절차는 재료의 사용, 공정 경로, 제품 이용과정, 폐기 과정에서도 유사하게 수행된다.[4]

공정단계에서는 각 재료들이 가공되는 가공방식과 각 공정을 위해서 필요한 입력물질, 에너지 형태 및 양, 재사용된 물질등의 데이터가 입력된다. 또한 그 공정단계의 수행을 통해서 나오는 산출물에 대한 자료가 입력되어야 한다

사용 단계에서의 데이터는 제품의 사용을 위해서 소모하는 에너지에 대한 정보(electricity, gas, oil, etc)와 제품의 수송을 위해서 필요한 수단, 그 수송 수단이 소모하는 에너지 및 수송 거리에 대한 정보를 데이터로서 관리한다

사용 후 처리 단계에서는 대상 품목에 대한 처리 방안을 입력하고 재사용과 재활용할 때의 방법 및 신뢰성에 대한 지수도 입력하게 된다 또한 재사용이나 재활용되지 않는 부분들이 소각이나 매립될 때 드는 비용에 대한 세분화된 정보를 담아야 한다.

환경영향평가를 위해서는 방대한 물질들에 대한 분류와 특징을 데이터베이스 구축시 입력하고 시스템이 적용될 국가의 정책에 맞는 환경 영향 범주에 대한 가중치를 추가한다 Fig 4 는 이러한 내용을 대략적으로 보여주고 있다 여기에서 제품 구성 정보는 생산공정관리 제품 사용 단계, 사용 후 처리에 위한 기준 데이터가 되면서 그 자체적으로도 환경 영향 평가를 위한 입력 데이터를 포함한다.

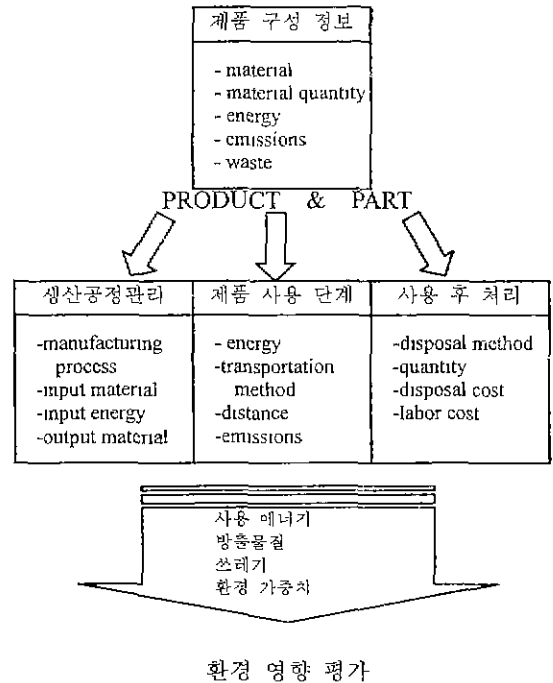


Fig. 4 Product Life Cycle functions and data

설계단계에서 간과할 수 없는 데이터로서 수명 사이클의 길이, 폐기 및 회수 비용, 분해 노동비, 분해공정의 순서등이 미리 입력되어야 하고 시스템의 운용을 통해서 얻게 되는 제정효과 및 환경효과가 데이터화 됨으로써 설계의 지속적인 개선을 위한 기초자료로 활용되어야 한다.[3]

4. 데이터베이스 모델링

전 주기 관리를 위한 데이터베이스 시스템의 구축을 위해서 데이터베이스는 크게 요구분석, 개념설계, 구현설계, 구현단계의 과정을 통해서 설계된다.[5]

다음의 내용은 환경친화적 제품 주기 관리를 위한 데이터베이스 구축을 위해서 가이드라인을 제시할

수 있는 DB 설계를 기술하고 있다 다음 DB 모델링에서는 앞에서 정립한 제품 이력 관리 방법론의 흐름을 따라서 통합적으로 데이터를 관리할 수 있는 개념적 모델을 제시하고자 한다.

Fig. 5 는 시스템을 객체 지향 다이어그램으로 표현한 것으로서 개체(entity), 개체에 속한 속성(attribute), 그리고 관계(relationship)로 표현되고 있다. Fig. 6 에서는 relationship 표기법에 대한 설명을 추가하고 있다

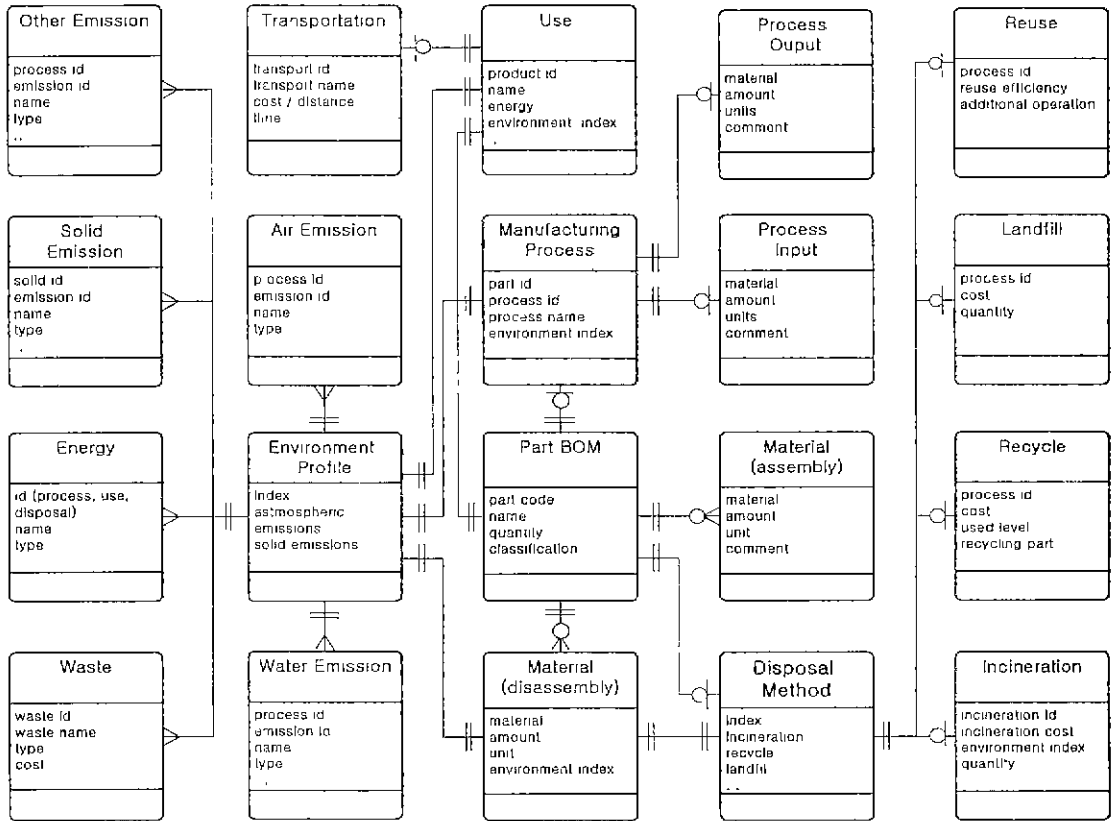


Fig. 5 Entity-Relationship Diagram

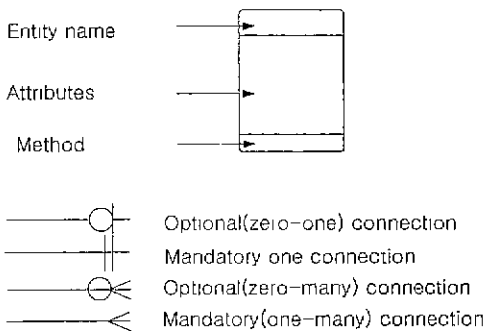


Fig. 6 Notation for entity sections and relationships

개념적 모델은 크게 시스템의 전체 기능을 표현할 수 있는 제품 구성 관리, 생산 공정 관리, 사용

단계 관리, 사용 후 처리 단계, 환경 영향 평가를 위한 환경 속성들을 관리 하는 부분으로 나뉜다.

전체적인 DB 구성에 있어서 Part BOM 과 함께 가장 핵심적인 부분은 환경 인자들을 직접적으로 관리하는 Environment Profile 개체다. Environment Profile 개체는 Material(disassembly), Manufacturing Process, Use 개체를 6 가지 환경 영향 개체(energy, waste, solid emission, other emission, water emission, air emission)와 연결해준다. 예를 들면, Material (disassembly)개체에서 한 재료는 Environment profile 개체의 primary key 를 가리키는 index 값을 속성으로 가지고 Environment profile 개체는 각 환경 영향 개체를 가리키는 속성을 가진다. 따라서 Material(disassembly)개체에 있는 각 재료는 그에 해당하는 각 환경영향개체를 1.many 의 관계로 갖게 된다.

제품 구성 관리를 위한 개체로는 Part BOM,

Material(assembly), Material(disassembly) 가 있다 Part BOM 은 각 부품에 대한 원 재료정보를 담고 있는 각각의 Material(assembly) 와 Material(disassembly)를 1 many 의 관계로 가진다.

생산공정관리에서는 Manufacturing process 개체가 Process Input, Process Output 개체를 가진다 Manufacturing process 개체는 Part BOM 에 있는 각 부품의 제조 단계를 나타내며 Process Input 과 Process Output 은 각 제조 단계를 위한 입력요소와 출력요소를 나타낸다.

entity functions	Part BOM	Material(assembly)	Material(disassembly)	Manufacturing Process	Process Input	Process Output	Use	Transportation	Disposal Method	Environment Profile
제품구성관리	x	x	x							x
생산공정관리	x			x	x	x				x
제품사용단계							x	x		x
사용후처리			x						x	x
환경영향평가		x	x	x		x	x	x	x	x

Table. 1 Mapping functions to entity types

제품의 사용 중에 발생하는 Energy 와 환경 인자들을 갖는 USE 개체는 각 제품의 수송단계에 대한 정보를 가지므로 Transportation 개체와 1:1 의 관계를 갖는다

사용 후 처리는 Disposal Method 개체를 통해서 통합적으로 관리된다. 그 개체로서는 Incineration, Recycle, Landfill, Reus 가 있다.

Table. 1 은 각 기능과 개체(entity) 사이의 관계를 보여주고 있다 기능과 연관된 개체 항목은 x 기호로 표시되었다. 예를 들면 제품구성관리는 Part BOM, Material(assembly), Material(disassembly), Environment Profile 을 개체로 가진다.

5. 결 론 및 추후 연구 과제

본 논문에서는 환경친화적 제품 전 주기 관리를 위한 프로세스를 설계하고 시스템 구축을 위해서 가장 중요하다고 볼 수 있는 데이터 베이스 설계 및 구축을 위한 가이드라인을 제시하였다. 데이터 베이스 설계는 요구분석, 개념설계단계를 따라서 설계되었다. 따라서 제품 이력 관리에 대한 이해를 가지고 그 단계를 따라 데이터베이스 구축에 대한 개념적

모델링을 설명하였다. 본 연구에 있어서 제품 설계와 개발단계의 데이터 관리가 구체적으로 추가 되어야 한다. 이를 위해서는 전 주기 관리에 있어서 DFE 적인 관점이 필요하다. DFE 는 환경적으로 차별화된 제품을 위해 제품개발초기단계에서부터 환경을 고려하여 제품을 설계하는 기법이다. 이것은 제품 및 공정의 전과정에 걸쳐 환경, 안전, 보건측면에서 다자인성과를 체계적으로 고려하도록 하는 프로세스이다 [6]

이러한 제품 개발단계의 데이터까지 관리되어야 좀더 구체적인 제품 전 주기 데이터의 관리가 이루어질 수 있을 것이라 본다.

끝으로 환경친화적 제품 개발을 위한 연구와 더불어 정부와 환경단체가 좀더 과학적이고 체계적으로 환경보전 정책과 실천방법을 제시하고 기업은 환경친화적인 경영을 지향하며 일반소비자들의 인식이 실천에 옮겨질 때 더욱 상승된 환경 보전 효과를 이룰 수 있을 것이다.

참고문헌

- 1 Devashish Pujari, Gillian Wright, "Developing environmentally conscious product strategies a qualitative study of selected companies in Germany and Britain". *Marketing Intelligence & Planning*, 1996
- 2 Andrew Sweatman and Dr. Matthew Simon, "Design for environment tools and product innovation", presentation at the 3rd International Seminar on Life cycle Engineering "ECO-Performance '96", Switzerland, 1996 (HTML document)
3. 한국과학기술연구원, "한 EU 환경친화 공정시스템 공동연구사업", 과학기술부, 1998
- 4 강무진, 황오현, "환경 친화적 설계 기술 - 배경 및 방법론", 한국정밀공학회, Vol 18, pp21-28, 2001.
5. Fred R. Mcfadden, Jeffrey A. Hoffer, "Modern Database Management", The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.
6. http://www.ecomgt.co.kr/solution_consulting02.html