

# 전동차 에코효율성 평가를 위한 S/W 기본설계

## Basic Design of Software for Eco-Efficiency Assessment of Electric Motor Unit(EMU)

김용기\* 이재영\* 서민석\*\* 은종환\*\*  
Kim.Yong-Ki Lee. Jae-Young Seo. Min-Seok Eun. Jong-Hwan

### ABSTRACT

As a global effort to conserve the environment, life cycle assessment(LCA) which considers the environmental impact through the life cycle of a product, from acquiring of resources to scrapping, has been actively applied. The LCA is a tool to calculate quantitatively the environmental impacts caused by products or services through their life cycles. Eco-efficiency need that express value of environmental impact provision EMU and develops in two forms according to use target of Eco-efficiency as a tool that environmental impact of EMU. It is a strategic instrument which assists stakeholders to understand which products, processes or services to target with future investments and which are not by comparing economic and ecological values. The results stand for aggregated information on economical value and environmental impact. Also, In this method, it is important to derive EPI(Environmental Performance Index) and SPI(Service Performance Index) from the sources available. The following is used as one of Eco-efficiency tools to achieve the target performance of processes, products and services for designer or projector. According to the eco-efficiency methodology for EMU developed in this study, the user definition and the DB design were carried out as a basic design of eco-efficiency S/W.

### 1. 서론

에코효율성(Eco-efficiency)은 보다 효율적인 자원이용과 환경오염 배출 저감이라는 생태적 발전요소와 경제성장이라는 경제적 발전요소가 결합된 개념으로서, 이를 통하여 기업, 개인 및 정부의 지속가능성(sustainability) 달성 여부를 판단하기 위한 하나의 관리지표로서 활용된다. 에코효율성은 분자는 제품 또는 서비스의 가치, 분모는 환경영향으로 에코효율성의 향상은 곧, 환경영향을 최소화하면서 제품의 가치를 최대화하는 것을 목표로 한다. 지속가능개발세계경영자협의회(World Business Council for Sustainable Development; WBCSD)에서는 에코효율성 향상을 위한 요소로서 물질사용량 저감, 에너지 사용량 저감, 독성물질 확산 저감, 재활용 가능성 증대, 재생가능한 자원의 사용 극대화, 제품 수명 연장, 서비스 양 증가 등 7가지 요소를 내세우고 있다. 에코효율성의 개념을 전동차에 적용할 경우, 다양한 측면에서 환경적인 측면과 경제적인 측면을 고려하여 지속가능한 전동차 시스템을 구축할 수 있도록 집중적인 연구개발을 수행할 필요가 있다. 본 연구에서는 국내외 에코효율성 소프트웨어의 벤치마킹을 통해 활용대상 및 목적에 따라 에코효율성 소프트웨어 상세설계를 위해 S/W의 DB구조와 아키텍처 구성을 기반으로 기본모형 설계를 수행하였고, 향후 본 연구결과를 통해 에코효율성 평가 S/W를 개발하는데 활용하고자 한다.

\* 한국철도기술연구원, 정회원

\*\* (주)에코시안, 비회원

## 2. 에코효율성 소프트웨어 개발 현황

### 2.1 에코효율성 소프트웨어 개요

현재 에코효율성을 평가하기 위한 전용 소프트웨어로 일반에 공개된 내용은 없으나, 환경성 평가 소프트웨어(전과정평가, 에코디자인, 환경성과평가 수행 등의 소프트웨어), 환경비용평가 소프트웨어 등이 개별적으로 공개되어 운영되고 있다.

#### 가. 환경성 평가 소프트웨어

환경친화적 제품개발 소프트웨어는 제품설계자가 자사제품 개발시 손쉽게 환경성을 고려할 수 있도록 지원해주는 것으로서, 현재 전세계적으로 약 50 여개의 소프트웨어가 개발되어 있다. 또한 제품에 따라 제품설계자만을 위한 소프트웨어가 있을 수 있으며, LCA 등 환경성정보 및 평가를 위한 기능이 첨가된 제품이 있을 수 있다. 현재까지 개발된 대부분의 환경성 평가 소프트웨어는 재활용, 분해, 조립, 원료물질 선택, 환경규제 스크리닝, 교육 등 특정기능에 한정되어 개발된 것이 많다. 또한 기존 제품설계자들이 활용하고 있는 설계프로그램과의 호환이나 절차 등을 고려하지 않아 제품설계자들이 쉽게 접근할 수 없는 단점이 있다.

#### 나. 경제성 평가 소프트웨어

환경관리도구로서 경제성 방법론에 대한 발전은 경제적인 측면과 환경적인 측면의 두 가지 분야에서 개발되고 발전되어왔다.

경제적인 측면에서 발전된 경제성 평가 기법들은 기존의 회계시스템에 비용의 범위를 확대하여 적용하는 방법을 취하고 있으며, 일반적으로 환경 경제성 평가를 위한 공용프로그램의 개발보다는 회계서비스의 주체인 컨설팅회사들에 의해서 고객별 특성에 맞는 개개의 프로그램을 개발하는 방향으로 진행되고 있다.

### 2.2 전동차 에코효율성 평가 소프트웨어 기본 설계

본 연구에서는 전동차의 에코효율성을 평가하기 위한 방법론으로 소비자 및 내부 이해관계자를 위한 홍보용 에코효율성 평가기법과 전동차 설계자를 위한 설계자용 에코효율성 평가기법을 제시하였다. 개발된 전동차 에코효율성 평가 방법론에 따라 소프트웨어 설계를 위한 기본 운영 로직 및 데이터베이스 설계 방향을 제시하였다.

#### 2.2.1 에코효율성 평가 알고리즘

전동차의 에코효율성 평가는 본 연구에서 개발한 에코효율성 평가 방법론-대상 청중에 따라 홍보용과 설계자용으로 구분하여 수행됨-에 따라 소비자 및 내부 이해관계자와 전동차 설계자 모두가 그 목적에 따라 에코효율성을 평가하기 위한 Tool을 제공하며, 기본적인 전동차의 에코효율성 평가 수행 절차는 다음과 같다.

- ① 에코효율성 평가 목적 정의 : 대상 청중을 결정, 에코효율성 평가 방법 결정
- ② 에코효율성 평가 대상 선정 : 전동차 1량, 공조기, 대차 등 에코효율성 평가 대상을 선정
- ③ 에코효율성 평가 지수 선정 : 에코효율성 평가 방법에 따른 평가 지수를 선정하며, 평가 지수는 평가 지표 Pool에서 선택하여, 각 지표의 조합으로 에코효율성을 평가
- ④ 에코효율성 평가 : 각 지표별로 평가스케일 값을 입력, 가중치를 부여하여 최종 에코효율성 평가를 수행

<표 1> 대상에 따른 에코효율성의 종류와 형태

대상 청중	에코효율성 명	Formula
소비자 및 내부관계자	홍보용E/E(1)	$\frac{\text{수송인원(명/year)} \times \text{운송거리(Km/year)}}{\text{LCA Result(weighted)}}$
	홍보용E/E(2)	$\frac{\text{총 매출액(천원/year)}}{\text{LCA Result(weighted)}}$
설계자	설계자용E/E	$\frac{\text{SPI}}{\text{EPI}}$ (EPI: 환경 성과 지수, SPI: 서비스 성과 지수)

에코효율성 평가 절차에 따른 에코효율성 평가 소프트웨어의 수행 로직은 아래그림과 같이 크게 에코효율성의 평가, 수행 결과의 조회 및 비교, 데이터베이스 편집 및 조회 등의 기능의 제공을 통하여 이루어진다.

평가기능은 실제 신규 대상 제품 및 서비스에 대해 에코효율성 평가를 수행하는 기능이며, 데이터베이스 편집은 기 구축된 데이터베이스의 입력 및 조회가 가능하도록 한 기능이다. 이 때 데이터베이스는 환경성과지수, 서비스 성과지수로 구분이 되는데 전동차의 내구연한, 속도, 냉난방, 안전장치(소화기, 비상전화), 승차감, 차내 소음/진동 등 환경성, 경제성, 사회성 지표들을 포함하여 전동차 부품의 지속가능성 평가가 가능토록 한다. 비교기능은 신규 수행한 에코효율성 평가결과와 기 평가된 에코효율성 평가 결과의 비교를 통하여, 에코디자인(Ecodesign)의 툴로써 활용이 가능하다.

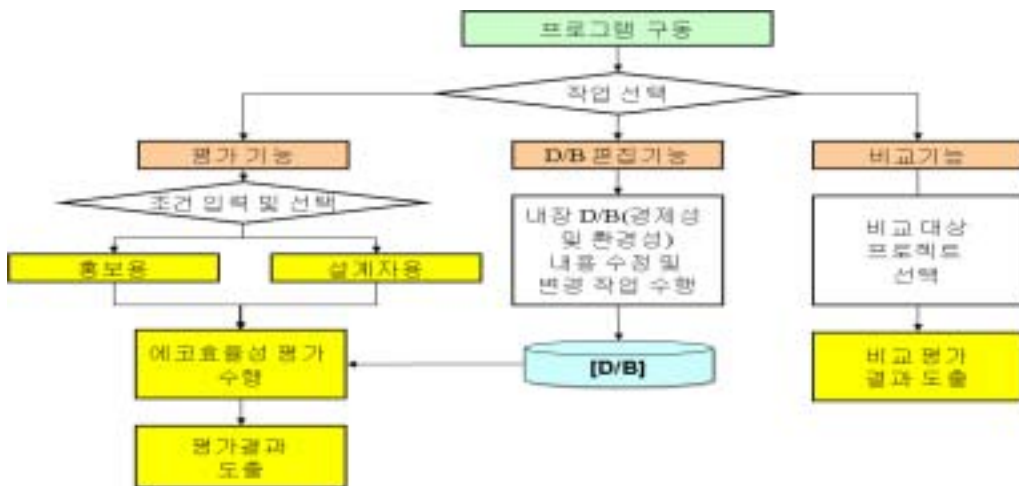


그림 1. 전동차 에코효율성 평가 알고리즘

에코효율성 평가기능은 그림 2와 같은 흐름에 의해 수행된다. 홍보용 및 설계자용 에코효율성 평가 기능 선택 후 평가 에코효율성 평가 대상을 선정하여 에코효율성 평가를 수행하며, 에코효율성 평가 지수 DB 및 전과정평가 수행 결과 DB와 연계되어 홍보용 및 설계자용 에코효율성 평가가 수행된다.

에코효율성의 연산에서는 2가지의 선택사항을 제공한다. 하나는 지표별로 평가스케일이 결정된 상태의 공유 데이터베이스를 통한 에코효율성의 평가이며, 다른 하나는 평가 스케일을 사용자가 편의에 따라 범위를 조정하여 제품의 에코효율성 점수를 산출하는 방식이다. 아울러 선택된 지표들의 가중치 설정에 있어서도 기 공용 데이터베이스에서 설정된 방식에 의해 수행하는 경우와 사용자가 각 지표별로 가중치를 변경하면서 결과값을 비교할 수 있는 기능을 제공한다.

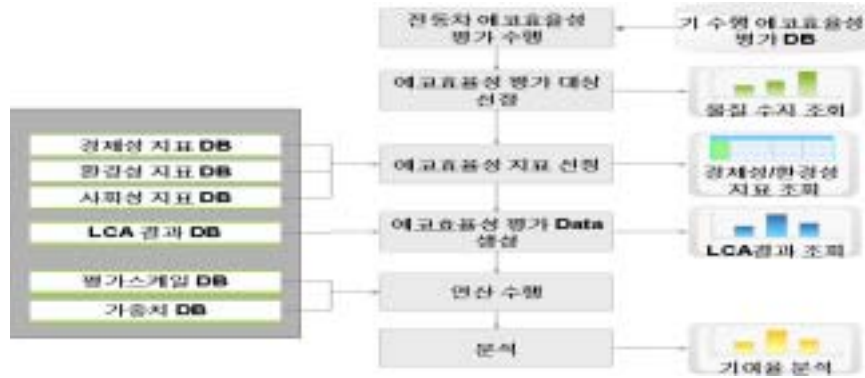


그림 2. 전동차 에코효율성 평가 모듈 기본 설계 모형

### 2.2.2 데이터베이스 설계

홍보용 에코효율성 평가방법의 경우 전동차의 LCA 수행결과를 기준으로 평가가 이루어지기 때문에 이미 상세 설계된 LCA 수행 모듈의 데이터베이스와 서로 연계성을 갖게 설계되어야 한다. 아울러, 설계자용 에코효율성 평가 기법의 경우 환경성과지수(EPI)와 서비스 성과지수(SPI)의 다양한 지표 Pool을 제공하며, 각 지표별로 기 구축된 데이터베이스가 연계되어 에코효율성 평가의 원활한 수행을 지원한다.

- 사용자 공용부품 데이터베이스 : 홍보용 및 설계자용 에코효율성 평가 수행 결과를 입력, 호출하여 기 수행된 에코효율성 평가 결과를 조회할 수 있다.
- 내장 공용지표 데이터베이스 :
  - 본 사업의 차기년도에 구축 예정인 홍보용 및 설계자용 에코효율성 평가 지표에 대한 데이터베이스를 조회할 수 있다.
  - 내장 공용지표 데이터베이스는 환경성과지수(EPI), 서비스성과지수(SPI) 별로 지표 Pool을 제공하며, 각 지표별로 평가스케일과 가중치가 기 설정되어 있다.
- 사용자 추가 지표 데이터베이스 : 기본적으로 내장되어 있는 공용지표 데이터베이스 외에 사용자가 공용지표 데이터베이스 생성 및 삭제할 수 있도록 되어 있다.
- LCA 결과 데이터베이스 : LCA 수행모듈과 연계되어 홍보용 에코효율성 평가 시 데이터를 호출하여 에코효율성 평가를 수행하도록 한다.

종류	사용자 편집	구조/내용
사용자 공용부품 데이터베이스	가능	기존 에코효율성 평가 수행자가 에코효율성 평가 수행을 통해 축적된 D/B
내장공용지표 데이터베이스	직접편집 불가능	본 사업을 통해 사용자스케일과 가중치가 확정된 경제성, 환경성 에코효율성 지표 D/B
사용자 추가 지표 데이터베이스	가능	사용자 정의 공용지표 D/B
LCA 결과 데이터베이스	직접편집 불가능	LCA 수행 모듈에서 구축된 LCA 결과 D/B

그림 3. 전동차 에코효율성 평가 소프트웨어의 DB 구조

### 3. 개발 소프트웨어 주요 특징

개발할 에코효율성 평가 SW는 다음과 같은 기능을 부가하여 에코효율성평가에 대한 전문지식이 없는 사용자도 활용할 수 있도록 구성할 예정이다.

#### 3.1 전과정 단계별 평가결과 도출

현재 상세설계된 전과정평가 모듈의 경우, 초기값 입력 시부터 제조단계, 사용단계, 폐기단계로 구분된 결과를 산출할 수 있도록 설계되어 있다. 에코효율성 평가 수행에서도 각 단계별 에코효율성 평가 결과뿐 아니라 전체 통합 결과를 도출할 수 있도록 한다.

#### 3.2 차량의 구조를 이미지로 편향하여 직관성을 높임

부품 또는 차체를 이미지로 표시한 사용자 인터페이스를 채택하여 평가하고자 하는 부품의 신속한 선택 등의 사용 편의성을 높여, 처음 에코효율성 평가 소프트웨어를 접한 사용자의 이해를 돕고자 한다.

#### 3.3 내장 데이터베이스

공용부품, 물질, 에너지 및 운송으로 구분된 데이터베이스를 내장하고, 공용부품 데이터베이스는 평가스케일과 가중치가 설정되어 있어 추가적인 데이터의 입력 없이 에코효율성 평가가 가능토록 한다.

#### 3.4 비교, 주요이슈 도출 및 보고서 작성 기능

에코효율성 평가결과의 비교, 주요이슈(Key Issue) 도출 및 전체 평가결과 보고서 작성기능으로 사용 편의성 증대하고자 한다.



그림 4 주요 이슈 비교기능의 예

#### 3.5 데이터 내보내기 및 불러오기 기능

기존 외부 데이터 파일에서 일부분 및 전체 내용을 가져와 현재 편집 중인 프로젝트에 추가하는 기능으로 신속한 편집 및 평가결과의 도출이 가능하도록 한다. 또한 기존 데이터베이스 또는 데이터 파일의 내용을 일정한 형식을 가진 파일 형태로 내보내는 기능을 부가한다.

#### 4. 맺은말

우리나라의 경우 친환경 수송수단과 정책에 필요한 정량적 정보가 부족하고 국가적으로 공인된 원단위 DB(LCI DB) 및 정량적 평가방법의 미비로 실제적인 친환경 교통수단의 평가와 육성에 상당한 제약이 따르고 있다. 또한 제품에 대한 환경 전과정을 통해 발생하는 환경측면이 OECD를 중심으로 중요한 문제로 고려되면서 이를 평가할 수 있는 평가시스템의 개발과 더불어 제품 생산 공정에 투입되는 에너지 및 재료의 친환경성을 평가할 수 있는 DB구축의 필요성이 급속히 증가하고 있다.

에코효율성 평가 모듈의 경우에는 2차년도에 기본설계한 안을 바탕으로 상세설계 및 실제 개발을 진행할 계획이다. 상세 설계 시에는 3차년도에 구축될 에코효율성 DB 및 전과정평가 수행 DB와의 연계 구축을 진행하여 전과정평가 수행모듈과의 통합 소프트웨어 개발을 목표로 하며, 개발된 소프트웨어를 실제 사용자 대상 그룹에 실 적용하여 그 적합성 및 효용성을 평가하여 소프트웨어를 보완할 예정이다.

#### 후기

본 연구는 건설교통부에서 주관하는 국가교통핵심기술개발사업의 지원에 의해 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 김용기, 윤희택. 이재영(2005.5). □□LCA 연구동향과 활용방안 사례□□, 2005한국철도학회 춘계학술대회논문집.
2. 김용기, 이재영(2006), “전동차 전과정평가 시스템 개발”, 한국철도기술연구원.
3. 정인태, 양윤희. 이견모, 김용기(2005.5). “철도산업과 전과정평가”, 2005한국철도학회 춘계학술대회 논문집.
4. 에코디자인 일반지침 및 지원S/W개발, 환경부, 2002. 10
5. 최요한, 정인태, 이견모, 김용기(2006. 5). □□전동차 전과정 평가(LCA)를 이용한 전동차 Eco-Efficiency방법론 개발□□, 2006 한국철도학회 추계학술대회 논문집
6. 연성모, 노재성, 이견모( 1998), □□전과정 평가(LCA) 소프트웨어 특성 평가□□, 1998 환경전과정평가학회 연구논문집
7. 이한경, 고순현, 고영덕외 2인(2002), □□에코디자인 프로그램 개발□□, 2002 한국전과정평가학회 논문집