

협업설계 환경에서의 지식기반 근사적 전과정평가 시스템

박지형*(KIST CAD/CAM 연구센터), 서광규*(상명대 컴퓨터·정보·통신공학부),
이석호*(KIST CAD/CAM 연구센터), 이영명*(KIST CAD/CAM 연구센터)

Knowledge-based Approximate Life Cycle Assessment System in a Collaborative Design Environment

J.-H. Park*(CAD/CAM Research Center, KIST),

K.-K. Seo**(Division of Computer, Information and Telecommunication Engineering, Sangmyung University),

S. H. Lee*(CAD/CAM Research Center, KIST) and Y. M. Lee*(CAD/CAM Research Center, KIST)

ABSTRACT

In a competitive and globalized business environment, the need for the green products becomes stronger. To meet these trends, the environmental assessment besides delivery, cost and quality of products should be considered as an important factor in new product development phase. In this paper, a knowledge-based approximate life cycle assessment system (KALCAS) for the collaborative design environment is developed to assess the environmental impacts in context of product concept development. It aims at improving the environmental efficiency of the product using artificial neural networks consisting of high-level product attributes and LCA results. The overall framework of the collaborative environment including KALCAS is proposed. This architecture uses the CO environment to allow users on a wide variety of platforms to access the product data and other related information. It enables us to trade-off the evaluation results between the objectives of the product development including the approximate environmental assessment in the collaborative design environment.

Key Words: Knowledge-based Approximate LCA System (KALCAS: 지식기반 근사적 LCA 시스템),
Product Attribute (제품 속성), Artificial Neural Networks (인공신경망), Collaborative Design (협업설계)

1. 서론

환경에 대한 관심이 고조되고 이에 대응하기 위한 국내외의 규제와 무역장벽이 강화되면서 이에 대한 적절한 대응책이 요구되고 있으며, 이에 대한 요구로써 제품의 life cycle 동안의 환경성을 평가하기 위한 개념으로 시작된 방법이 전과정평가(LCA: Life Cycle Assessment) 기법이다.

LCA 기법은 제품의 전과정 (life cycle)에 대한 환경 영향을 분석하여 매우 유용한 결과를 제공하여 주는 매우 강력한 도구이고 가장 범용적으로 사용되고 있는 방법이다⁽¹⁾. 그러나 LCA 기법은 이러한 장점에도 불구하고, full LCA 를 수행하는데 많은 시간과 비용이 소요된다는 단점이 있고 이를 제품 설계자 이해하기 어려운 전문적인 환경 지식이다.

기존의 연구들에서는 full LCA 적용을 보다 간단하게 하기 위한 여러 가지 방법론들이 제안되었는데, 이를 위해 수행된 내용 중에 가장 대표적인

방법이 단순화 (Streamlined) LCA 이다⁽²⁾. 단순화된 LCA 체계를 사용하는 연구에 드는 비용과 노력을 경감하기 위해 발전된 여러 가지 접근방법으로 대표적인 단순화 방법으로는 연구의 방법을 변형하는 것과 LCA 를 수행하는 과정을 보다 쉽게 하는 것이다. 그러나 이러한 단순화 LCA 는 full LCA 결과와 비교해 보면 정확도가 상대적으로 낮다는 단점을 가지고 있다.

기존의 제안된 방법들은 여러 면에서 유용성을 갖춘 방법들이긴 하지만 제품의 초기 설계 단계에서 제품의 LCA 를 평가하기에는 정확성이 부족하고 그 적용에도 적절하지 못한 부분이 있다. 기존의 연구 방법들은 개념 설계 단계에서 상위 레벨 (high-level)의 다중 제품 속성의 정량적 정보들의 획득이 용이하지 않기 때문이다.

이상에서 살펴본 바와 같이 LCA 를 간단하게 수행하기 위한 방법론들이 개발되고 있지만, 설계 초기 단계에서는 LCA 사용하기가 용이하지 않다. 그 이유는 설계초기 단계에서는 아이디어가 다양하

고, 제품특성에 대한 상세 정보 및 환경영향평가 데이터가 부족하기 때문이다.

따라서, 본 논문에서는 이러한 문제점들을 극복하기 위하여 제품의 환경 특징 (characteristic)들을 지식화하고 이를 기반으로 제품들을 그룹핑하여 제품군을 형성하고, 제품군내의 제품들의 환경성을 평가할 수 있는 지식기반 근사적 전과정평가 시스템 (Knowledge-based Approximate Life Cycle Assessment System: KALCAS)을 개발하고자 한다. 제안하는 시스템은 제품 설계자가 초기 설계 단계에서 제품의 상위 레벨의 속성 정의를 통한 제품 개념을 지식화하여 제품의 전과정평가 (LCA)를 근사적으로 평가할 수 있는 새로운 방법론이다.

개발된 KALCAS 은 협업설계환경으로 통합되는데, 협업설계환경은 설계업무에서 발생하는 설계자들의 노하우를 효과적으로 시스템화하여 공유하고, 이를 바탕으로 설계업무를 효율화하고 설계프로세스를 개선하는 것에 초점을 둔다.

본 연구에서 제안하는 협업적 제품 설계 환경은 제품 설계 프로세스상의 지식을 창출하고, 공유하며, 개발 초기 단계에서 설계 및 개발 전략을 세우고 많은 설계대안들을 검증하여 보다 나은 결정을 내리며, 최소의 비용으로 빠른 시간에 설계를 완료하여 제품을 시장에 출하할 수 있는 환경을 제공하여 준다.

2. 지식기반 근사적 전과정평가 시스템 (KALCAS)

본 연구에서 제안하는 KALCAS 는 Fig. 1 과 같다. 제안하는 시스템은 먼저 제품 정보를 통해서 제품의 개념을 설명할 수 있는 상위 레벨의 제품속성들을 개발하고 이를 지식화하여 데이터베이스 모듈에 저장한다. 마찬가지로 방법으로 제품의 LCA 결과들을 데이터베이스에 저장하여 DBMS 모듈을 구성한다. 이렇게 저장된 DBMS 모듈의 지식들은 지식기반 근사적 전과정평가 모듈에 사용되는데, 먼저 제품 LCA 데이터베이스의 환경 특성 지식들은 그룹 테크놀로지 (Group Technology; GT) 기법에 의하여 제품들을 그룹핑 범주(Grouping Category)에 맞게 분류하여 제품군을 형성하는데 이용된다.

이렇게 분류된 제품군내의 제품들을 대상으로 DBMS 모듈의 상위레벨 제품 속성 지식과 LCA 지식을 각각 입력·출력값으로 하는 인공지능망을 이용한 KALCAS 에 의하여 새로운 제품 개념들의 근사적 LCA 가 수행된다. 제안된 시스템은 환경적으로 가장 우수한 제품 개념을 선택할 수 있는 의사결정을 지원해 줄 수 있다.

3. 지식기반 근사적 전과정평가 시스템 개발

3.1 제품의 환경 특성에 의한 그룹핑 방법

먼저 제안된 시스템을 개발하기 위해서는 제

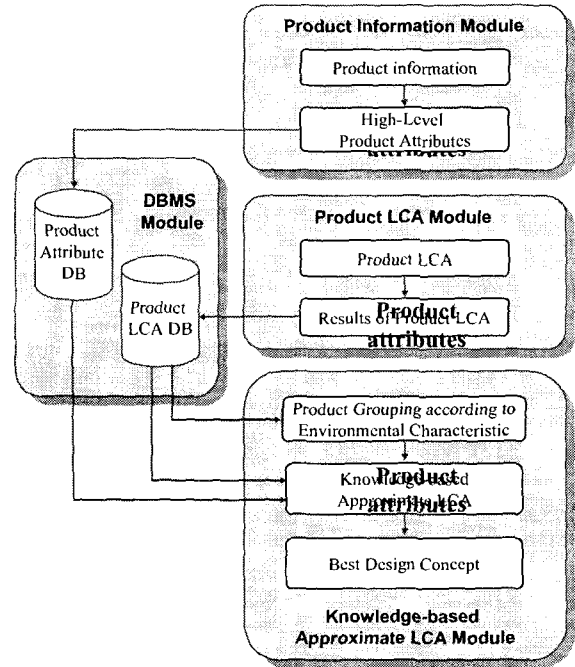


Fig. 1 Architecture of Knowledge-based Approximate Life Cycle Assessment System

품의 특징 (characteristic)에 따라 제품을 그룹핑하여 같은 특징을 가진 제품들로 분류하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 Fig. 1 의 LCA 모듈의 LCA 결과를 이용하여 제품의 특성에 따른 제품군으로 그룹핑하였다⁽³⁻⁴⁾. 본 연구에서는 150 개의 제품을 대상으로 하여 그룹핑을 수행하였다.

3.2 제품개념 정의를 위한 상위 레벨의 제품속성 개발

본 논문에서 제안된 시스템은 제품 개념 개발 단계에서의 제품의 근사적 LCA 를 평가하기 위한 시스템을 개발하는 것이다. 이를 위해서는 개념 설계 단계에서의 제품 개념을 정의할 수 있는 의미 있는 제품 속성들을 제안하고 개발하였다⁽⁴⁻⁵⁾. 개발된 제품 속성들은 제품의 LCA 결과와의 상관관계를 평가하여 어떤 LCA 요소에 영향을 미치고 관계가 있는지 확인할 수 있다. 확인된 제품 속성들은 정량적 혹은 정성적인 의미에 따라, 명세화 (specified), 순위화 (ranked), 이진화 (binary), 적용불가 (n/a) 등으로 표현된다.

3.3 인공지능망 (ANNs) 기반의 지식기반 전과정평가 시스템 개발

본 절에서는 인공지능망 기반⁽⁶⁾의 KALCAS 을 개발 과정에 대하여 기술한다. 본 절에서 기술하는 내용은 Fig. 1 의 지식 기반 전과정 평가 모듈에 해당하는 부분으로 GT 기법을 적용해 분류된 제품군내의 제품들에 대한 근사적 전과정평가를 수행하기

위한 시스템을 개발한다.

Fig. 2는 개발된 시스템의 초기화면으로 초기화면에서 역전과 알고리즘을 가지는 인공신경망의 기본 구조 및 인공신경망의 학습에 필요한 다양한 파라미터들을 정의할 수 있다.

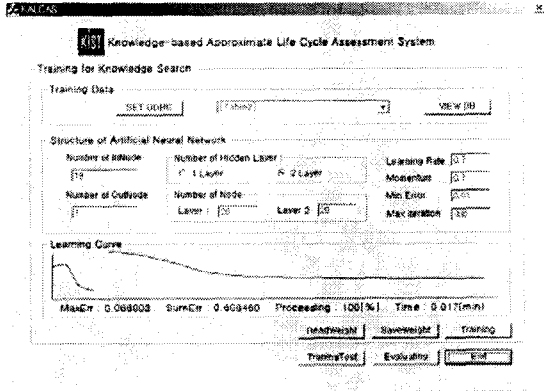


Fig. 2 Initial GUI of KALCAS

그리고 그룹핑된 제품들을 대상으로 객체지향 데이터베이스 (ODBC)에 저장된 상위 레벨의 제품 속성들과 LCA 결과들을 입력값과 출력값으로 하는 인공신경망을 이용하여 인공신경망의 연결강도 (weight)를 결정한다. Fig. 3은 개발된 시스템상에서 구축된 ODBC와 연결하여 이를 학습데이터로 불러오는 과정을 보여주고 있다.

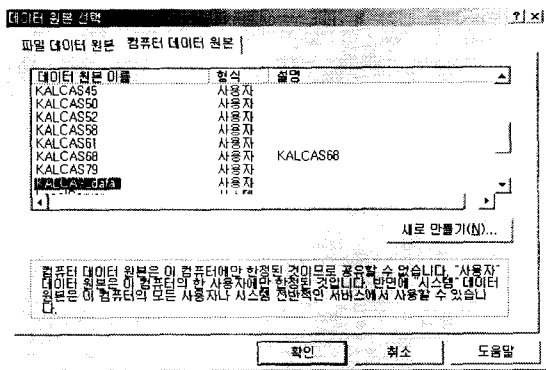


Fig. 3 Process of setting the ODBC

학습오차를 최소화하는 인공신경망의 연결강도가 결정되면, 새로운 제품 개념에 대한 상위레벨의 제품 속성들을 정의하게 된다. Fig. 4는 제품 개념을 체계적으로 정의하고 이를 평가하기 위한 KALCAS의 화면이다.

Fig. 4에서 원하는 제품 속성을 선택하면 오른쪽 Now Select에 선택된 제품 속성이 나타난다. Change 버튼을 클릭하면 Fig. 5의 change dialog가 생성되는데, 이 대화상자에서 변경할 제품 속성의

이름과 값을 설정할 수 있고, 대화상자에서 선택한 제품 속성에 대한 학습한 데이터의 최대값 및 최소값을 제공하여 가능한 이 범위 내에서 새로운 제품 개념의 제품 속성값을 지정할 수 있도록 도와 준다.

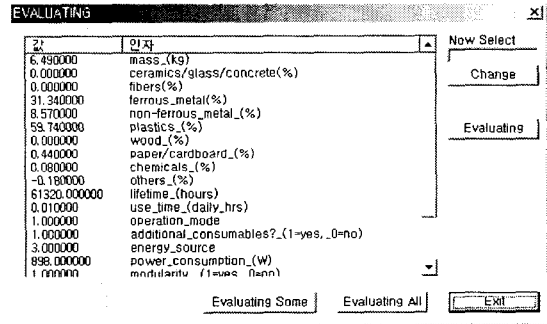


Fig. 4 Dialog Box for evaluating the new product concept

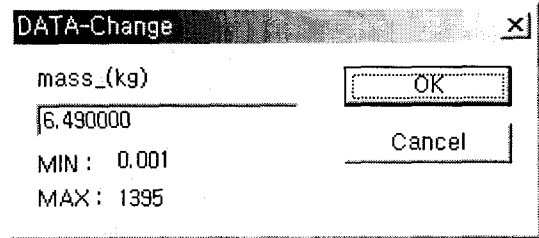


Fig. 5 Dialog Box for data change of new product concept

Table 1은 개발된 KALCAS를 이용하여 학습시킨 결과를 나타낸 것으로 실험데이터는 에너지 소모에 많은 환경영향을 미치는 제품으로 분류된 제품군내의 제품들을 대상으로 하였다. 그 결과를 살펴보면 예측 결과는 매우 좋았는데, 이는 KALCAS를 이용하면 제품군내의 제품에 대한 근사적인 LCA가 가능함을 의미한다.

Table 1. The predicted LCA results of group members by using KALCAS

Product	Actual LCA	The results of predicted LCA		Relative error (%)
		with 10 neurons	with 15 neurons	
Vacuum cleaner	5110	3910.68	3846.30	24.73
Mini-Vacuum Cleaner	176	130.70	126.30	28.24
Radio	207	182.68	185.43	10.42
Heater	24800	35498.72	36014.56	-45.22
Coffeemaker	3980	4604.86	3995.12	-0.38
Washing Machine	54500	54036.75	53786.05	1.31
Refrigerator (small)	2686.19	2431.54	2475.06	7.86
Refrigerator (large)	18777.79	20165.47	18496.12	1.5
TV	24320.37	24325.23	23653.99	2.74
LCDTV	24813.73	25324.89	24625.15	0.76
Average absolute error				13.96
Maximum absolute error				43.14

* Training sample size is 30, ** Test sample size is 10

4. 협업설계환경으로의 KALCAS의 통합

본 절에서는 개발된 KALCAS 를 협업설계환경으로 통합하기 위한 방법론에 대하여 기술한다.

본 연구에서는 1990 년대 초부터 시작된 MIT CAD Lab 의 통합적 제품평가 방법론을 위한 연구인 DOME (Distributed Object-based Modeling Environment)을 기술적 기반으로 하여 개발된 지식기반의 협업 개발 시스템을 지원하는 엔지니어링 솔루션인 CO 를 도입하여 협업설계환경이 구축된다(7).

본 연구에서는 가진제품 중 하나의 제품을 연구대상으로 선정하여 설계 프로세스상에 사용되는 어플리케이션들을 CO 를 이용하여 통합하고 프로세스를 모델링하며, 주요 설계 사양을 실시간 모니터링하는 환경과 설계 사양 변경에 따른 제품 성능의 다각적인 분석을 통해 최적의 설계 사양을 결정하는 시스템을 구성하려고 한다.

향후 구축하게 될 협업설계 환경에 대한 프레임워크를 Fig. 6 에 나타내었다.

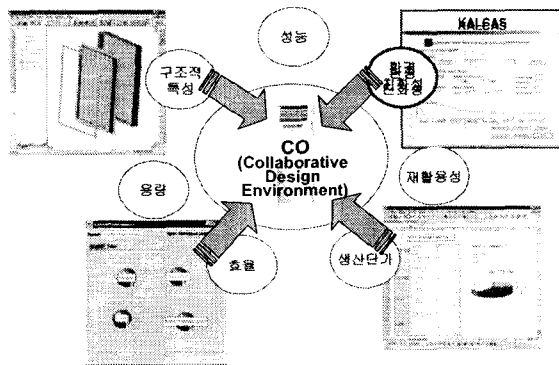


Fig. 6 Framework of integrating KALCAS into collaborative design environment

Fig. 6 의 프레임워크를 나타내는 그림에서 보는 바와 같이 기본적으로 작업의 흐름은 먼저 3D CAD 어플리케이션에서 제품의 기하학적 형상을 주어진 설계 사양을 통해서 모델링하게 된다. 또한 기구화된 ERP 시스템의 DB 에서 부품 등에 대한 정보를 입력함으로써 부품 및 제품에 대한 효율 등을 평가한다. 이때 제품 제작을 가상적으로 실행하고 전체 가공시간을 산출하며, 공구타임, 가공시간, 재료비, 인건비들을 종합하여 미리 설정된 엑셀기반의 원가계산모델로부터 예상되는 총 제작 비용을 계산한다. 그리고 대상 제품의 환경영향도 본 연구에서 개발한 KALCAS 를 이용하여 평가한다.

이러한 일련의 작업들을 CO 의 각종 어플리케이션 플러그-인들을 조합하여 하나의 포털시스템으로 구성된다. 예를 들면, 어플리케이션들은 CO 의 CAD 어플리케이션 플러그-인으로 CO 와 연결되고,

DB 어댑터 플러그-인을 이용하여 ERP 시스템에 저장된 부품코드를 읽어 자체 관련 특성들을 불러오고, 원가계산모델을 열람하기 위해 스프레드시트 플러그-인 Excel 과 연계한다. 또한, KALCAS 는 DB 어댑터 플러그-인과 스크립트를 이용하여 연결한다.

설계 사양을 변경하면 관련된 어플리케이션이 자동으로 순서적으로 실행되고, 출력되는 값들을 시스템으로 읽어 들여 정해진 작업을 수행하고 최종의 제품 설계 평가 결과를 재구성하고 사용자의 결정에 의해 최종 결과를 설계 사양에 반영하게 될 것이다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 제품의 설계 단계에서 설계자가 이해하기 쉬운 제품 속성들을 개발하였고, 이를 이용하여 제품의 근사적 전과정평가를 수행할 수 있는 인공 신경망을 기반의 KALCAS 를 개발하였다.

개발된 KALCAS 를 이용하여 근사적 전과정평가를 수행한 예측 결과는 매우 좋았는데, 이를 통하여 KALCAS 를 이용한 제품들에 대한 근사적인 LCA 가 가능함을 확인하였다.

또한, 개발된 KALCAS 를 포함한 다양한 어플리케이션들을 CO 기반의 협업설계환경으로 통합하기 위한 구체적인 방법론에 대하여 기술하였다.

향후 연구과제로는 개발된 KALCAS 를 포함한 다양한 어플리케이션들의 협업설계환경으로 통합이 필요하다.

참고문헌

1. Curran, M. A, Environmental Life-Cycle Assessment, McGraw-hill, 1996
2. SETAC, Streamlined Life-Cycle Assessment: A Final Report from the SETAC North America
3. Hartmut K. and Virginia S., "An approach to simplified environmental assessment by classification of products", Proceeding of 7th CIRP International Seminar on Life Cycle Engineering, pp.163~169, 2000.
4. Inês Sousa et al., "Approximate Life-Cycle Assessment of product Concepts Using Learning Systems", Journal of industrial Ecology, pp. 61~81, 2001.
5. 박지형, 서광규, "초기 제품 설계 단계에서 제품군의 근사적 전과정 평가," 한국정밀공학회 추계학술대회는문집, pp. 780-783, 2002.
6. Haykin, S. and Simon, S., Neural Networks: A Comprehensive Foundation, Prentice Hall, 1998.
7. Oculus Technology, Advanced CO™ Training Manual, 2003.