

InStep™ DfE를 이용한 에코디자인 수행사례

박인성, 정정만, 이한경, 김선영

((주)에코프론티어)

Ecodesign Case Study : Applying InStep™ DfE

In-Sung Park, Jung-Man Chung, Han-Kyung Lee, Sun-Young Kim

(Eco Frontier Co.)

ABSTRACT

Ecodesign for personal computer by applying InStep™ DfE, which is a web based ecodesign software for designer, conducted in this study. In first, environmental assessment of reference product focusing on five ecodesign strategy(hazardous substance, recyclability, disassembly, resource consumption, energy efficiency) is performed. Then, identifying environmentally weak point of reference product and developing alternatives to improve it's weakness is processed. Three alternatives is considered that 'lead-free soldering', 'replacing virgin ABS to 100% recycled ABS', 'replacing ABS to PVC'. And finally, environmental comparative assessment between alternatives and reference product is preformed to determine best product design.

Key Words : computer, ecodesign, InStep™ DfE, EcoTracer

요 약 문

개인용 컴퓨터를 대상으로 설계자용 에코디자인 소프트웨어인 InStep™ DfE를 이용하여, 에코디자인을 수행한 사례를 제공한다. 에코디자인을 위하여 우선, 기준제품의 환경성을 유해물질, 재활용성, 분해성, 자원고갈, 에너지효율성, 5가지의 환경측면에 초점을 맞추어 평가하였다. 그리고 평가결과를 역추적하여 취약한 환경측면과 그 원인 부품을 규명하고 이를 개선하기 위한 대안을 개발하였다. 대안은 [납의 제거]와 [100% 재활용된 ABS사용], [ABS를 PVC로 교체] 3가지였으며, 개발된 대안과 기준제품의 환경성을 비교평가하여 최적의 에코디자인 대안을 선정하였다.

주제어 : 컴퓨터, 에코디자인, InStep™ DfE, EcoTracer

1. 서 론

최근 각종 언론매체를 통해 다양한 환경에 대한 보도를 접하면서, 환경에 대한 인식이 변화하고 있는 것을 느낄 수 있다. 특히, 국내 몇몇 대기업이 환경을 슬로진으로 내세웠다는 기사나 제품의 환경성을 모토로 한 광고를 접할 때면, 미미하지만 환경이 기업에게 준수해야 할 법규적 의미에서 조금씩 벗어나고 있다는 것을 알 수 있다. 물론, 아직 제품의 가격과 성능 그

리고 품질이 제품경쟁력을 결정하는 주요 요소이긴 하지만, 환경도 제품 경쟁력을 결정하는 중요한 요소 중 하나로 인식되어가고 있음에는 의심의 여지가 없다.

이러한 현상은 최근 유럽에서 제정된 폐차처리지침, 폐전기전자제품지침, 유해물질사용제한지침과 같은 강력한 제도의 영향이 크지만, 이 현상이 일시적인 것이 아니라 이미 예고되어있던 흐름이라는 점을 주목할 필요가 있다. 1987년 지속가능한발전 개념이 제창되고, 1992년 리우 회담에서 세계 선진국 정상들이 환경보호와 경제성장을 동시에 추구하는 선언문을 발표하였

을 때 이미 예고된 것이며, 앞으로도 미국, 일본 등의 선진국을 중심으로 더욱 확대될 것이다. 이러한 흐름은 수출에 많은 부분을 의존하는 국내 산업계에 적지 않은 파급효과를 미칠 것으로 예상되며, 이에 대한 정부와 학계 그리고 기업의 체계적인 대응이 필요한 실정이다.

에코디자인은 제품 설계 단계에서 환경을 품질, 비용과 함께 통합적으로 고려하여 환경·경제적으로 모두 우수한 제품을 개발하기 위한 기법으로써, 선진글로벌 환경규제에 종합적이고 근본적으로 대응할 수 있는 기법이다. 이미 국제표준기구¹⁾에서 ISO/TR 14062로 기술보고서가 작성되었으며, 국내에도 2000년 전후에 도입되어 관련 기법과 도구에 대한 다양한 연구가 진행되어왔다. 특히, 2001년 환경부에서 에코디자인을 위한 지침과 소프트웨어 개발과 함께 보급확산을 위한 교육을 진행해 왔으며, 몇몇 대기업에서는 각 기업에 맞는 자체적인 에코디자인 시스템을 구축하는 등의 활발한 진행을 보이고 있다.

본 논문에서는 최근 개발된 제품 설계자용 에코디자인 소프트웨어인 InStep™ DfE를 이용한 에코디자인 수행사례를 소개함으로써, 제품 설계자 입장에서의 에코디자인 개념과 수행절차에 대한 이해를 돕고자 한다. 본 연구에 포함된 환경성 평가결과와 대안개발사례는 제한된 데이터에 근거하여 수행되었기 때문에, 현실적인 상황과는 차이가 있을 수 있다.

2. 에코디자인 개요

에코디자인은 제품의 기본 설계요인(기능, 품질, 가격 등)에 환경이라는 새로운 요소를 통합하여 고려함으로써, 환경·경제적으로 우수한 제품을 설계하기 위한 기법이다. 즉, 에코디자인은 새로운 제품설계 기법이 아니라 기존의 제품개발 과정을 그대로 따르면서, 단지 특정 과정에서 환경을 추가적인 고려요소로써 반영하는 것이다. 일반적인 제품 개발과정을 보면 다음과 같다²⁾.

- A. 대상제품 선정
- B. 기준제품 분석(개선요건 규명)
- C. 제품개발전략 수립
- D. 개념적 디자인 (대안 개발)
- E. 대안 분석 및 비교평가
- F. 최적의 대안 선정
- G. 상세디자인
- H. 시제품 생산 및 테스트
- I. 제품생산 및 유지/관리

제품 개발과정에서 에코디자인 수행을 위해 환경을 추가적으로 고려해야 하는 부분은 “B. 기준제품 분석”단계와 “E. 대안 분석 및 비교평가”단계이다.

첫 번째, 기준제품분석단계는 개발하고자 하는 제품의 기준제품(이전 버전의 제품을 비롯한 기본모델이 될 만한 제품)을 분석하여 개선요건을 규명하는 단계이다. 여기서 개선요건이란, 어떤 기능이 더 필요한지, 어떤 부품의 품질을 향상시켜야 하는지 등 기준제품에서 부족한 사항을 의미하며, 규명된 개선요건은 향후 제품을 설계할 때 우선적인 고려요소로써 활용된다. 에코디자인을 위해서는 이 단계에서 환경을 기준제품의 분석기준으로 추가함으로써, 기준제품의 환경적 취약점을 파악하여 이를 개선요인에 포함시켜야 한다.

두 번째, 대안분석 및 비교평가단계는 앞에서 규명된 개선요건을 반영한 다양한 설계대안(개념적 디자인)이 개발된 이후에, 그 대안 중 가장 최적의 대안을 선정하기 위한 분석·평가 과정이다. 즉, 최종 제품디자인을 선정하는 단계로써, 에코디자인을 위해서는 이 때 최종 디자인 분석·평가과정에 환경을 추가적인 기준으로 고려해야한다. 그리하여, 기능, 품질, 가격 뿐 아니라 환경적으로도 우수한 제품을 최종 제품디자인으로 선정하는 것이다.

정리하면, 에코디자인은 기존 제품과정을 따르되, 기준제품의 분석단계와 대안분석 및 비교평가 단계에서 환경을 추가적인 요소로써 고려함으로써, 기능, 품질, 가격 뿐 아니라 환경적으로도 우수한 제품을 개발하는 기법이다.

1) 국제표준기구 : International Organization for Standardization

2) 에코디자인 일반지침서, 2002, 환경부

Table 2. 기준제품의 구성부품

3. 에코디자인 수행

본 연구에서는 제품의 환경 측면만을 고려하여 에코디자인을 수행하였으며, 제품의 기능이나 품질, 가격 등의 요소는 연구범위에서 제외하였다.

3.1 수행절차

본 연구에서 수행한 에코디자인 수행절차는 표 1과 같다³⁾. 위에서 기술한 일반적인 제품개발단계 중 “A. 대상제품 선정”단계부터 “F. 최적의 대안 선정” 단계까지를 포함하였다.

Table 1. 에코디자인 수행절차

※ “일반”은 본 논문의 2장 ‘에코디자인의 개요’에서 기술한 일반적인 제품개발과정 단계 코드

3.2 대상제품 선정

본 연구에서는 개인용 컴퓨터를 대상제품으로 선정하였다.

3.3 기준제품 선정 및 환경성 분석

(1) 기준제품 선정

본 연구에서 기준제품으로 선정된 제품은 표 2와 같은 부품으로 구성된 일반적인 형태의 개인용 컴퓨터이다.

(2) 환경성 분석 방법 설정

기준제품에 대한 환경성 분석은 설계자용 에코디자인 소프트웨어인 InStep™ DfE에 내장된 EcoTracer를 활용하여 수행하였다.

(3) 환경성 분석

전기전자제품 용 EcoTracer는 제품의 환경성을 5가지 환경측면으로 구분하여 평가한다. 이는 에코디자인 전략이라 불리며, 전기전자산업의 국제적인 동향을 분석하여 최근 가장 환경적으로 이슈가 되는 환경측면을 선정한 것이다. 5가지 에코디자인 전략 및 각 전략별 세부전략은 표 3과 같다.

Table 3. 에코디자인 전략

3) 에코디자인 일반지침서, 2002, 환경부

4) InStep™ DfE에서는 에코디자인 전략에 대한 전략별 가중치를 부여할 수 있는 시스템을 지원하고 있지만, 본 연구에서는 모든 전략의 가중치를 동일하게 설정하였다

3. 분해성전략	
분해 용이성	폐기단계에서 수분해가 요구되는 부품의 분해용이성 평가
4. 자원고갈전략	
자원고갈 범주결과	전과정평가를 통한 자원고갈영향 영향평가
재활용된 플라스틱사용	재활용된 원료를 이용하여 제조된 플라스틱 비율 평가
5. 에너지효율전략	
사용단계 에너지효율	사용단계의 에너지 효율 평가
에너지 집약적 물질 사용	구성물질 제조단계에서의 에너지 소비량 평가

(4) 환경성 분석 결과

기준제품에 대한 EcoTracer의 환경성 분석결과는 그림 1과 같다⁵⁾.

Fig. 1 기준제품에 대한 환경성 진단결과

3.4 취약 환경측면 및 부품 규명

(1) 취약 환경측면 규명

기준제품의 취약 환경측면은 가장 낮은 점수를 받은 유해물질전략과 자원고갈전략으로 규명되었다(그림 1).

(2) 취약 환경측면 분석

취약 환경측면 분석에서는 앞서 규명된 기준제품의 취약 환경측면인 유해물질전략과 자원고갈 전략에 대한 원인을 규명한다.

가. 유해물질전략

유해물질 전략은 크게 RoHS 규제준수와 유해물질 유발플라스틱, 2개의 세부전략을 통해 평가된다(표 3). 각 세부전략의 평가결과는 그림 2, 그림 3과 같다.

Fig. 2 RoHS 규제준수전략 평가결과

RoHS 규제준수전략은 유럽연합(EU)의 유해물질사용제한지침에서 정하고 있는 6 종류의 유해물질인 납(Pb), 카드뮴(Cd), 6가크롬(Cr6+), 브롬계난연제 2종(PBB/PBDE), 수은(Hg)의 제품 내 포함여부를 평가한다. 제품 내 포함된 RoHS 유해물질 개수를 기준으로 점수를 산출하며, 기준제품의 평가결과는 20점이다(하단 Ecoscore)⁶⁾.

Fig. 3 유해물질유발 플라스틱전략 평가결과

유해물질유발 플라스틱전략은 폐기단계에서 소각시 유해물질을 유발하는 플라스틱인 PVC(Polyvinyl-

6) 각 전략별 평가결과점수 (Ecoscore)는 InStep™ DfE의 내부조직에 의해 산출되었으며, 이는 소프트웨어 개발의 핵심정보이기 때문에 본 논문에는 이에 대한 구체적인 설명은 포함하지 않음

chloride)와 Polyacronitrile, Polyurethane의 제품 내 포함여부와 포함량을 평가한다. 점수는 해당 제품의 평균 유해플라스틱 포함비율을 기준으로 평가하며, 기준제품은 8.28%의 유해플라스틱을 포함하여 54점이 산출되었다.

위 분석을 통하여 기준제품이 유해물질전략에서 낮은 점수를 얻은 것은 RoHS에서 정한 유해물질이 제품에 포함되어있는 것이 주요원인인 것으로 규명할 수 있다.

나. 자원고갈전략

자원고갈전략은 크게 자원고갈 범주결과와 재활용된 플라스틱 사용, 2개의 세부전략을 통해 평가된다 (표 3). 각 세부전략의 평가결과는 그림 4, 그림 5와 같다.

Fig. 4 자원고갈 범주결과전략

자원고갈 범주결과전략은 전과정평가의 특성화 결과값(자원고갈범주, 환경성적표지제도 인자사용)을 토대로 평가한다. 평가는 유사제품의 평균 자원고갈 수치⁷⁾를 기준으로 평가하며, 기준제품의 자원고갈범주에 대한 특성화 결과는 4.27E-01kg Sb equiv.로써, 평가결과는 70점이 산출되었다.

Fig. 5 재활용된 플라스틱 사용전략

재활용된 플라스틱 사용전략은 제품을 구성하고 있는 플라스틱의 제조 시 사용된 재활용된 2차 플라스틱 원료의 비율을 토대로 평가한다. 기준제품에는 재활용된 플라스틱이 사용되지 않았기 때문에 평가점수는 0점으로 산출되었다.

위 평가결과를 통해 기준제품이 자원고갈전략에서 낮은 점수를 얻은 것은 모든 플라스틱을 천연 플라스틱을 사용하여 제조한 것이 주요 원인인 것으로 규명할 수 있다.

(3) 취약부품 규명

취약부품 규명은 앞에서 규명된 기준제품의 취약한 환경측면의 원인이 되는 부품을 규명하는 과정이다. 앞에서 취약한 환경측면으로 규명된 RoHS 규제준수 전략과 재활용된 플라스틱사용전략의 원인 부품을 규명한다.

가. RoHS 규제준수전략 취약부품 규명

RoHS 규제준수전략에 대한 부품 별 분석결과는 표 4와 같다.

7) 컴퓨터에 사용되는 물질구성비율을 시나리오를 통해 구성하여 평균 자원고갈 수치를 산출, 실제 적용 시에는 기존제품 및 경쟁제품에 대한 데이터베이스가 요구됨

Table 4. RoHS 규제준수 부품별 분석결과

모든 부품에 대한 분석결과를 요약하면, 기준제품에는 5가지의 유해물질이 포함되어 있었으며, PBB/PBDE는 주로 난연제로써, 납(Pb)은 납땜으로, 6가크롬(Cr6+)과 카드뮴(Cd)은 부품 코팅과정에서 포함된 것으로 분석되었다. 그리고 가장 많은 종류의 유해물질을 포함한 부품은 케이스의 플라스틱 구조물 부품이며, 가장 여러 번 포함된 유해물질은 납과 PBB/PBDE로 분석되었다.

나. 재활용된 플라스틱사용 부품별 분석결과

재활용된 플라스틱 사용전략에 대한 부품 별 분석 결과는 표 5와 같다.

Table 5. 재활용된 플라스틱사용 부품별 분석결과

모든 부품에 대한 분석결과를 요약하면, 기준 제품에 포함된 모든 플라스틱은 천연 플라스틱 원료로써 제조되었으며, 그 중 가장 많은 천연 플라스틱 원료를 사용한 부품은 케이스의 플라스틱 구조물 부품으로 규명되었다.

두 전략에 대한 분석결과를 종합하면, 기준제품의 취약한 환경측면은 우선 RoHS 유해물질이 다수 포함되어 제품의 유해성이 높은 것이며, 두 번째는 모든 플라스틱 부품이 천연 플라스틱 원료를 사용하여 자원 고갈에 미치는 영향이 높은 것이다. 그 원인부품은 표 6과 같다.

Table 6. 기준제품 환경성 취약 원인부품

3.5 제품개발 전략 수립

제품개발 전략 수립단계에서는 앞에서 수행된 기준 제품의 취약한 환경측면을 개선하기 위한 에코디자인 방향을 수립한다. 위 결과를 토대로 수립할 수 있는 전략은 다음과 같다.

(1) 에코디자인 방향

- ▶ 유해물질의 제거
 - 납땜을 통한 납 포함방지
 - 코팅을 통한 카드뮴, 6가크롬 포함방지
 - 난연제를 통한 PBB/PBDE 포함방지
- ▶ 자원고갈 영향의 저감
 - 재활용된 플라스틱의 사용률 향상

8) Frame : 부품의 외형부분을 이루고 있는 구조물

9) PBB/PBDE : 브롬계 난연제의 일종인 Polybrominated Biphenyls Polybrominated Diphenylether. InStep™ DfE에서는 두 물질로 구분하지 않고 한 종류의 유해물질로 간주하고 평가

10) ABS : Acronitrile Butadiene Styrene

11) Assem. : Assembling, 조립부품(납땜, 나사, 클립 등)

(2) 주요 대상부품

▶ 유해물질의 제거

- Plastic Frame(Case)
- ABS Frame(FDD)
- Assembling (VGA, etc)

▶ 자원고갈 영향의 저감

- Plastic Frame(Case)
- PC Frame(CD-ROM)
- ABS Frame(CD-ROM)

3.6 개념적 디자인 (대안 개발)

제품개발 전략에 따라 본 연구에서는 다음과 같은 3가지의 개념적 디자인, 즉 대안을 개발하였다.

(1) 대안 1 : 납땜 원료물질의 교체

납은 제품에 포함된 RoHS 규제물질 중 가장 많은 부품에 포함된 유해물질이다. 이는 부품과 부품을 연결하기 위한 납땜 시 납을 다량포함하고 있는 납/주석 합금을 사용하기 때문이다. 따라서, 납땜의 원료물질을 주석/구리 합금으로 변경함으로써, 제품에 포함된 납을 제거하는 대안을 적용하였다.

(2) 대안 2 : 100% 재활용된 ABS로의 변경

ABS는 대상제품에서 가장 많이 사용된 플라스틱으로, 전량 천연원료를 사용하여 제조하기 때문에, 제품의 자원고갈영향에 막대한 영향을 미치고 있다. 따라서, 이를 100% 재활용된 원료를 사용하여 제조된 ABS로 재질을 변경하는 대안을 적용하였다. 이 때, 재활용된 원료 사용으로 인한 원료가공공정과 제품제조공정의 변경은 없는 것으로 가정하였다.

(3) 대안 3 : 난연제의 제거

PBB/PBDE는 브롬계난연제의 일종으로 가연성이 높은 플라스틱에 첨가하여 내열성을 높이기 위한 목적으로 사용된다. 하지만, 이는 연소 시 유독물질을 유

발하기 때문에 RoHS에서는 이를 유해물질 규정하고 있다. PBB/PBDE를 제거하는 방법은 크게 2가지로 볼 수 있는데, 우선 난연제의 종류를 친환경난연제로 교체하는 방법이 있으며, 또 다른 방법은 자체 내열성이 높은 물질을 사용하거나, 제품의 구조 디자인 변경을 통해 제품의 내열성을 높임으로써, 난연제 자체를 사용하지 않는 방법이 있다. 본 논문에서는 후자의 방법을 적용하여 자체 내열성이 높은 PVC¹²⁾를 ABS의 대체물질로 사용, 브롬계난연제인 PBB/PBDE를 제거하는 대안을 적용하였다.

3.7 대안 분석 · 평가 및 최적대안 선정

(1) 대안의 환경성 분석 · 평가

개념적 디자인단계에서 개발된 3개의 대안과 기준 제품의 환경성 분석 · 평가 결과는 표 5와 같다.

Table 7. 대안 및 기준제품의 환경성 분석 · 평가

대안 1의 경우 납땜 원료물질을 주석/구리합금으로 변경하면서, 제품 내에 포함된 납을 완전히 제거하여 기준제품에 비해 유해물질전략 점수를 10점 향상시킨 반면, 에너지효율전략에서는 오히려 5점이 하락했다. 그 원인은 납보다 구리가 에너지 집약적 물질이기 때문인 것으로 원인이 분석되었다.

대안 2는 ABS 플라스틱을 100% 재활용된 ABS 플라스틱으로 변경하였다. 이로 인해, 자원고갈점수가 50점이 향상되었으며, 이는 다른 전략에는 영향을 미치지 않았다.

12) An Introduction to Brominated Flame Retardants, BSEF (Bromine Science and Environmental Forum), 2000

반면, 대안 3은 ABS재질을 PVC재질로 변경함으로써, 유해물질 점수는 17점 하락하였다. 이는 ABS를 PVC 재질로 변경함으로써, 난연제인 PBB/PBDE를 제거하여 RoHS 규제준수 전략에서는 점수가 향상하였지만, PVC는 그 폐기단계에서 유해물질을 유발하기 때문에 오히려 더 큰 폭으로 점수가 하락하여 결과적으로 유해물질 측면에서 17점이 하락되었다. 또한, 재활용 측면에서 ABS보다 낮은 재활용률을 보여 재활용성 측면에서도 소폭 하락하였다.

(2) 최적 대안 선정

최적의 에코디자인 대안은 표 7의 비교평가 결과에서 알 수 있듯이 2번 ABS를 100% 재활용된 원료를 사용하여 제조한 ABS로 변경하는 대안이 선정되었다.

하지만, 이는 제품의 환경성에만 초점을 맞춘 결과이며, 보다 현실적인 비교평가를 위해서는 ABS를 100% 재활용된 원료로 제조한 ABS로 대체함으로써 변화되는 제품이 품질, 제조기술, 가격적 측면을 비롯한 다양한 요소의 통합적인 고려가 필요할 것이다.

4. 결 론

앞에서도 언급하였듯이 기업에게 환경은 더 이상 지켜야 할 최소한의 법적요건이 아닌 제품의 경쟁력을 결정하는 중요한 요소 중 하나이다. 그리고 에코디자인은 제품의 전과정에 걸친 환경을 컨트롤 할 수 있으며, 특별한 설비나 기술이 없이 제품 설계자의 인식의 변화만으로 큰 변화를 기대할 수 있는 가장 효과적인 제품환경성 개선 수단 중 하나이다.

그렇지만, 아직 국내에서는 몇몇 대기업에서만 시범적으로 수행하고 있으며, 대부분의 기업에서는 아직까지 기초적인 개념수준에 머무르고 있다. 환경부의 “친환경 제품설계를 위한 지침 및 소프트웨어 개발”과제에서 수행한 국내 기업의 수요조사 결과에 의하면, 국내 기업이 에코디자인을 수행하지 않는 것은 에코디자인에 대한 필요성부족이 가장 주요한 이유이며, 제품설계자의 환경정보와 지식부족과, 제품개발 시간의 부족이 주요한 원인으로 규명되었다.

하지만, 조사시점이 2001년 이었던 것과 최근의 유

럽을 중심으로 한 선진국들의 환경규제 동향을 감안하면 에코디자인 필요성 부족에 대한 문제는 이미 해결되었다고 볼 수 있다. 그렇다면, 이제 현 시점에서는 정부와 학계 그리고 기업은 수요조사에서 기업에 에코디자인을 적용하지 않는 문제점을 해결하기 위한, 즉 제품설계자가 적은 정보와 지식만으로 짧은 제품개발 시간 내에 효과적으로 에코디자인을 수행하기 위한 기법과 도구 그리고 데이터베이스 등을 갖추어, 에코디자인이 필요한 시점에 바로 실질적인 제품개발에 활용할 수 있도록 준비해야 할 것이다. 본 연구도 이와 같은 맥락에서 수행된 에코디자인 사례로써, 향후 보다 실질적이고 효과적인 에코디자인 수행을 위한 기초 자료로써 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 1) Jeremy M. Yarwood, Patrick D. Eagan, : Design for Environment Toolkit, Minnesota Technical Assistance Program, University of Wisconsin, 2000
- 2) Gerjan Huis in't Veld, Green Testing - Recyclability, repairability and upgradability : a practical handbook for consumer organizations, Consumer International, Netherlands(1999)
- 3) Ursula Tischner, Eva Schminke, F. Rubik, M. Proslar : How to do Ecodesign?, Federal environmental agency, German(2000)
- 4) Rolf Steinhilper, Remanufacturing : The ultimate form of recycling, Fraunhofer IRB Verlag
- 5) 에코디자인 일반지침서, 2002, 환경부
- 6) An Introduction to Brominated Flame Retardants, BSEF(Bromine Science and Environmental Forum), 2000