

환경 영향력을 고려한 컴퓨터 케이스 재설계

김인호*, 오수철**

Redesign of Computer Case by Consideration of Environmental Influence

Kim, I. H.* and Oh, S. C.**

ABSTRACT

In this paper, a redesign of an existing computer case is proposed by applying some guide lines of assembly and disassembly which have positive effects on environment. Some problems such as increase of number of disassembly and vibration, and unfitable difficulty in assembly and disassembly of covers are recognized through analysis of geometrical structure in view of both assembly and disassembly. A solution of these problems is proposed by ideas of positive environmental influence through ease of assembly and disassembly. Design for Environment Software is used to evaluate both redesigned and existing products. Time of assembly and disassembly and MET-point are especially calculated by the software, and these data give us a good guide for analysis of ease of assembly, ease of disassembly and environmental influence in both products.

Key words : Ease of Assembly and Disassembly, Design for Environment, MET-point

1. 서 론

동시공학(Concurrent Engineering)은 제품의 설계, 생산 및 그와 관련된 공정들을 통합하고 동시에 적용할 수 있는 체계적인 접근방법으로서, IDA(Institute for Defense Analysis)에 의해 처음 사용되기 시작하였다¹⁾. 이 방법은 개발자로 하여금 제품의 설계 초기에서 폐기까지 제품 수명 주기의 모든 면을 고려하는 공학적 접근법으로 여기에는 품질, 가격, 일정 및 소비자의 요구사항 등이 포함되며, 국내에서도 동시공학 구현에 대한 연구가 진행되고 있다^{2,3)}. 종래의 공학설계는 순차적으로 수행되었으며, 전문 엔지니어팀이 다른 부서, 즉 제조, 판매, 혹은 소비자 서비스 팀의 의견이나 도움이 없이 독자적으로 제품을 설계한다. 이런 방법은 설계 초기부터 반복적인 설계변경에 이르기까지 부서간의 상호 의견교환 부족으로 인해 시장에 제품 출시가 지연되는 등의 문제점을 발생하게 하였다.

하지만 동시공학의 개념을 이용한 공학설계는 설계

의 초기 단계에서부터 관련된 부서로서 설계, 제조, 관리 및 판매 부서가 참여한다. 이러한 설계초기 단계의 상호협동은 많은 양의 설계변경을 줄이거나 없앨 수도 있다. 따라서 신제품의 개발기간을 단축시키며, 이를 통해 신속히, 적시에 제품을 시장에 출시할 수 있다. 또한 초기 제품개발 단계에서 판매 부서와 소비자 서비스 부서를 통하여 소비자의 욕구를 알게 되므로, 신제품이 품질과 기능측면에서 소비자의 욕구를 정확하게 만족시킬 수 있으므로 시장에 쉽게 파고 들어갈 수 있다⁴⁾.

조립, 분리용이성 또는 환경을 고려한 설계는 동시공학의 개념을 적용한 설계라 할 수 있다. 이들은 상호 밀접한 관련이 있으며, 특히 환경을 고려한 설계(Design For Environment ; DFE)는 세계적으로 연구 대상이 되고 있다⁵⁾. EU에서는 전자제품의 경우 환경에 미치는 영향을 고려해 법률로써 수거를 의무화하고 있으며, 모든 EU 차생산자들은 2006년부터 의무적으로 사용된 차들을 모두 회수하여 재활용해야 한다⁶⁾. 네덜란드, 영국, 프랑스, 일본, 스웨덴, 벨기에, 미국 등 선진국에서는 제품의 전 과정 동안에 환경에 대한 규제를 강화하고 있다. 또한 현재 진행 중인 환경 관리에 대한 표준인 ISO 14000은 앞으로 무역규제에 대한 실질적인 역할을 수행할 것으로 예상되고

*동명정보대학교 로봇시스템공학과
**부경대학교 산업공학과
- 논문투고일: 2002. 07. 26
- 심사완료일: 2002. 10. 22

있다⁶⁾.

기존제품 또는 신제품이 환경을 고려한 설계로 진행되기 위해서는 조립이나 분리를 고려한 설계가 먼저 진행되어야 한다. 즉 제품들을 분리했을 때 바로 재사용·재활용 가능한 부품, 재가공후 사용 가능한 부품, 부품을 다시 녹여서 원재료로 사용 가능한 부품 및 폐기처리 되어야할 부품으로 분류할 수 있게 설계되어야 하며, 이들은 곧 환경에 영향을 주게 된다. 제품 또는 재료의 환경영향력을 표현하는 방법 중 하나로 오늘날 수명주기해석(Life Cycle Analysis : LCA)이 많이 사용되며, 설계공학자는 LCA를 기초로 설계과정에서 환경에 미치는 영향력을 고려하여 우선순위 결정을 도와주는 도구를 활용하기도 한다.

본 연구는 컴퓨터 케이스를 대상으로 기존 제품의 구성부품들이 갖는 문제점을 도출하고, 환경에 미치는 영향력을 고려하여 문제점을 해결하기 위한 재설계 방안을 제시한다. 그리고 재설계를 했을 때 기존 제품과의 결과에 대한 형상 및 성능 검토를 위해 각각 AutoCAD 2000 및 DFE(Design for Environment) S/W를 사용하여 적용했다^{7,8)}. DFE S/W는 적용결과 의 성능검토 중 하나로 MET-Point를 제공한다. MET-point는 한 재료나 제품의 수명주기해석을 기초로 하여 불충분한 재료들의 사용, 에너지 사용 및 독성요소 방출을 계량화하여 각각의 영향력을 점수화한 값으로서, 두 제품이 환경에 미치는 영향력을 상호 비교할 수 있게 한다⁹⁾.

2. 조립 및 분리용이성을 위한 가이드라인

제품 설계에 있어서 환경을 고려한 설계가 되기 위해서는 제품을 구성한 부품들이 환경에 어떤 영향을 미치는지를 파악해야 하며, 이는 부품들의 조립 및 분리용이성을 파악함으로써 알 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 조립 및 분리용이성을 위한 가이드라인을 살펴보고 이들을 활용하여 제품 재설계를 수행한다.

2.1 조립 용이성을 위한 가이드라인

조립을 쉽게 할 수 있는 기본 방법으로는 부품수 감소, 부품취급방법의 개선 및 조립방법의 개선의 세 가지로 구분할 수 있다. 먼저, 부품수 감소를 위해서는 제품의 기능을 만족한다면 사용되는 부품들을 통합하여 하나의 부품으로 설계하거나 체결방법을 바꾸도록 설계함으로써 부품수를 줄일 수 있다. 다음으로 부품 취급방법의 개선을 위해서는 부품을 조립하기

전에 부품을 이동하거나 조립준비를 할 때 조립방향이나 대칭성을 이용한다면 부품취급시간을 줄일 수 있다. 마지막으로 조립방법의 개선을 통한 조립성 향상의 방법으로서, 현재 부품들을 조립할 때 조립환경을 고려하지 않는 설계로 인하여 의외로 조립시간이 많이 걸리거나 조립간섭 등이 발생하는데 이는 부품기능이 유지만 된다면 부품형상을 조립환경에 맞도록 변경함으로써 조립 생산성을 향상시킬 수 있다^{10,11)}. 이들 외에도 조립을 고려한 설계에 적용할 수 있는 간접적인 가이드라인으로서 부품취급공간의 확보, 부품의 표준화, 제품의 복잡성 감소, 조립 단순화, 조립작업의 감소 등이 있다¹²⁾.

2.2 환경을 고려한 분리 가이드라인

환경을 고려한 분리에 적용할 수 있는 가이드라인은 제품의 환경영향력을 설계단계에서 분석하고 평가할 수 있는 방법을 제공한다. 이를 위하여 설계과정에서 제품의 분해과정을 조립과 더불어 분석하고, 재활용 또는 재사용의 정보로부터 설계된 제품의 환경영향력을 평가하며, 그 결과로부터 경제적 이윤을 최대화할 수 있도록 제품의 설계대안을 비교하여 최종 설계를 확정한다. 이 때 사용되는 가이드라인은 다음과 같다. 제품구조 및 분리 비용의 범위 내에서 제품이익을 높이기 위해 가능한 한 재사용 또는 재활용한다. 독성항목의 재료를 최대한 제거한다. 하나의 단순한 재료들로 구성될 수 있도록 조립품을 설계한다. 가치있고 독성이 있는 물질들을 첫 번째로 분리할 수 있도록 제품구조를 변경하여 설계한다. 분해되는 부품들을 가능하면 통합하도록 설계한다. 서로 인접하는 부품들이 재활용 부품들이면 같은 재료를 사용하도록 설계한다. 부품을 분해하기 쉽도록 스냅 피트 등을 사용하여 연결부위를 개조한다. 공통적으로 재활용되는 재료를 선택한다. 재료에 재사용, 재활용, 열가소성, 독성 등을 표시한다¹³⁾.

3. 조립·분리 가이드라인을 적용한 재설계

3.1 재설계 흐름도

본 연구에서 제안한 재설계 흐름도는 Fig. 1과 같다. 먼저 재설계 대상을 선정한다. 이어서, 재설계 대상 제품을 구성하고 있는 부품의 종류, 기능 및 형상을 분석하고 문제점을 도출한다. 이때 조립 및 분리를 위한 가이드 라인을 적용한다. 다음으로 도출된 문제점을 해결하는 방안을 제시한다. 이어서 해결 방안들

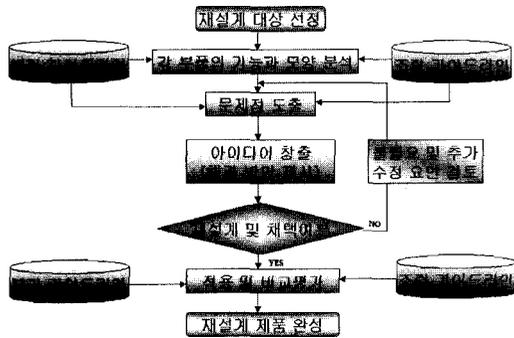


Fig. 1. Flow chart for redesign.

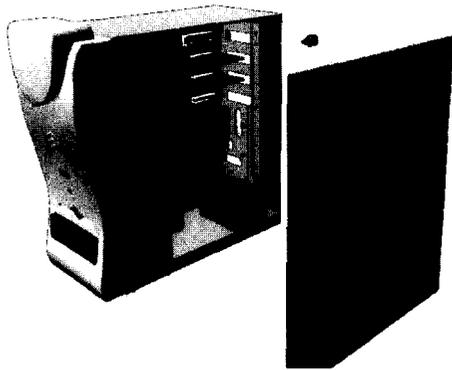


Fig. 2. Original computer case assembly.

을 적용하여 제품을 재설계하고, 기존 제품과 재설계 제품의 비교평가를 한다. 다음으로 재설계 방안의 채택여부를 확인하고 추가 수정사항이 있으면 다시 돌아가서 문제점을 해결하는 아이디어를 창출하고, 추가수정사항이 없으면 최종 제품을 완성한다.

3.2 재설계

보다 환경친화적인 제품을 생산하기 위하여 기존 제품에 대한 개선효과를 평가하므로써 제품을 재설계 한다. 본 연구에서는 우리가 많이 사용하는 컴퓨터 케이스를 개선효과와 평가방법에 적용한다. 컴퓨터를 재설계 대상으로 선정한 것은, 컴퓨터 수요가 증가함에 따라 컴퓨터 고장에 의한 분리횟수가 증가되고, 컴퓨터 덮개에 나사를 결합한 채 사용하므로 덮개 진동이 증가하고, 하드 드라이브의 분리·조립 어려움과 케이스 구조의 복잡성 등으로 인한 사용 불편 때문이다.

Fig. 2는 본 연구에서 재설계 대상으로 하는 기존 컴퓨터 케이스를 보여주며 그 구성부품은 다음과 같다. 즉, 윗 덮개(Top cover) 1개, 측면 덮개(Side cover) 2개, 바닥 덮개(Bottom cover) 1개, 정면 덮개

(Front cover) 2개, 드라이브 조립체(Drive Ass'y Base : Hard, FDD, CD-ROM) 3개, 내부 윗 덮개(Internal Top cover) 1개, 메인보드 덮개(Mainboard cover) 1개로 구성되어 있다. 본 연구에서는 이들 중 특정 부품의 조립이나 분리가 불편한 부품들을 도출하여 재설계 방안을 제시하였다.

3.2.1 준비 단계

본 연구에서는 컴퓨터 케이스를 재설계 하기에 앞서 재설계 흐름도에 따라 각 부품들의 기능과 형상분석부터 아이디어 창출까지의 준비 단계를 수행한다. 먼저, 각 부품의 기능과 모양분석에 있어서 측면 덮개는 2개 부품으로 구성되어 나사 체결되며 내부를 보호하는 역할을 한다. 메인보드 덮개는 메인보드를 지지하고, 내부 윗 덮개는 정면 덮개와 후면 덮개를 지지한다. 드라이브 조립체는 하드 디스크, CD-ROM 및 플로피 디스크의 조립체들로 구성되어 각각의 드라이브를 고정하고 지지한다. 바닥 덮개는 각 덮개의 베이스가 된다. 윗 덮개는 측면 덮개와 같이 내부를 보호한다.

이상의 기능을 분석한 후, 다음과 같이 문제점을 도출하였다. 즉, 측면 덮개는 여닫을 때 잘 맞지 않고 조립과 분리가 곤란하다. 메인보드 덮개는 메인보드에 비해 너무 큰 덮개를 사용한다. 내부 윗덮개는 사용자의 시야를 가린다. 드라이브 조립체는 드라이브를 받치는 장치가 없고 불필요하게 3개의 부품으로 분리되어 있다. 정면 덮개는 산업 디자인의 측면에서 시각적으로 보이는 곳에 위치하지만 환경과 무게를 고려해야 한다. 전반적인 요소로서 리벳을 많이 사용해서 튼튼하긴 하지만 분리 시에 곤란할 것으로 본 연구를 통해 문제점으로 파악되었다.

이상의 문제점을 해결하기 위하여 각 구성부품들에 대해 다음과 같은 아이디어를 창출하여 재설계를 위한 준비를 수행하였다. 즉, 측면 덮개는 현지를 이용하여 트럭과 같은 기능을 함으로써 여닫을 때의 잘 맞지 않던 곤란요소를 제거할 수 있다. 메인보드 덮개는 덮개의 크기를 축소하여 메인보드의 크기와 매우 가깝게 설계한다. 내부 윗덮개는 시야 방해요소를 제거하기 위해 봉의 사용을 고려한다. 드라이브 조립체는 3개의 부품 기능을 동시에 하는 부품의 사용을 고려한다. 정면 덮개는 플라스틱의 양을 줄이고, 모양은 친근감있게 설계하며, 전체적인 요소에는 리벳 대신에 스냅 피스를 사용해서 조립·분리 시간 및 비용단축을 하기로 하였다. 이상의 내용을 요약하면 Table 1과 같다.

Table 1. Problems and ideas in a computer case

컴퓨터케이스 구성부품	문제점	해결방안
측면덮개	여달이 곤란	트럭형태 기능도입
정면덮개	무거움	재료사용의 축소
드라이브조립체	3개부품의분리	합체된 구조적용
내부윗덮개	사용자 시야가림	봉의 사용
메인보드덮개	불필요한 큰치수	최적 크기로 변경

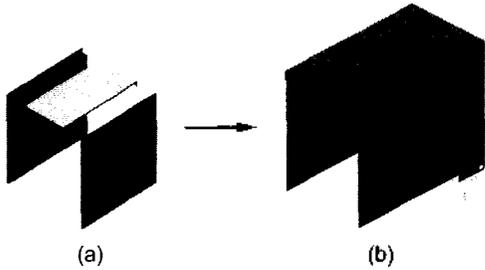


Fig. 3. (a) Original part, (b) Redesigned part.

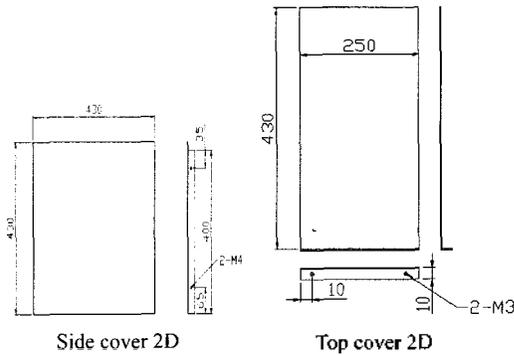


Fig. 4. (a) Original side and top covers by 2D.

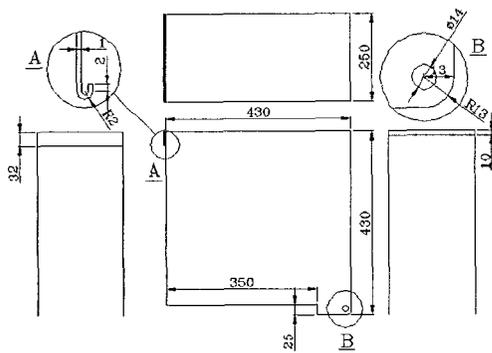


Fig. 4. (b) Redesigned Body cover by 2D.

3.2.2 재설계

본 연구에서는 Fig. 2와 같이 컴퓨터 케이스를 구성한 각 부품을 대상으로 문제점의 해결방안에 따라 조

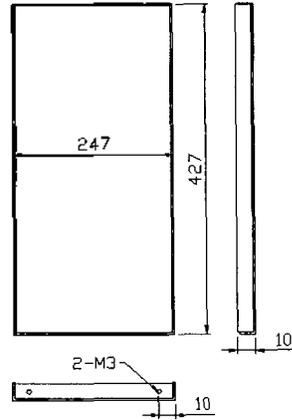


Fig. 5. (a) Original bottom cover by 2D.

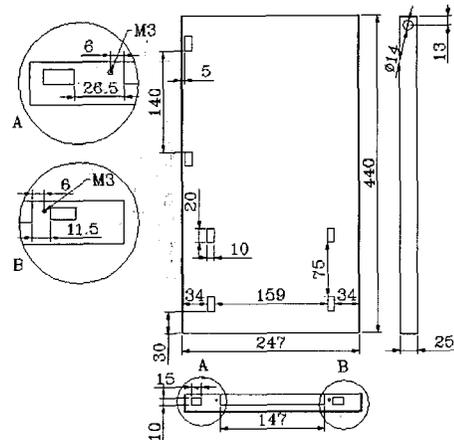


Fig. 5. (b) Redesigned bottom cover by 2D.

립 및 분리 가이드라인을 적용하여 재설계를 실시하였다. 컴퓨터 케이스의 부품들 중 측면 덮개와 윗 덮개에 대한 기존부품과 재설계한 부품은 각각 Fig. 3(a), Fig. 4(a) 및 Fig. 3(b), Fig. 4(b)와 같다. Fig. 3과 Fig. 4에서 보는 바와 같이 기존 부품은 두 덮개가 독립되어 있지만 재설계에서는 이들을 하나의 부품으로 통합하였다.

또 Fig. 4(a)의 기존 부품은 6개의 나사가 있지만 Fig. 4(b)의 재설계 부품은 나사가 들어가지 않고 트럭이 모래를 붓듯이 힌지를 사용하였다. 각종 카드의 장착·탈착을 쉽게 하기 위해 몸체 덮개의 옆면을 절단하였다. 절단한 결과 회전반경도 줄이고 카드 장착·탈착시 공구접근이 쉽게 설계되었다.

기존 컴퓨터 케이스의 바닥 덮개는 Fig. 5(a)와 같이 리벳 핀 구멍이 나 있지만 재설계한 컴퓨터 케이스의 바닥 덮개에서는 Fig. 5(b)와 같이 스냅 피트를 할

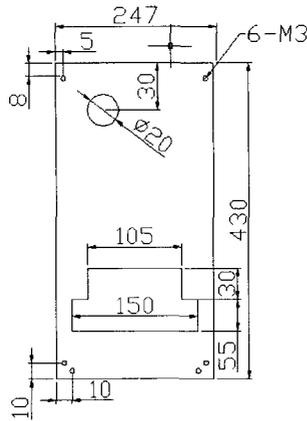


Fig. 6. (a) Original front cover by 2D.

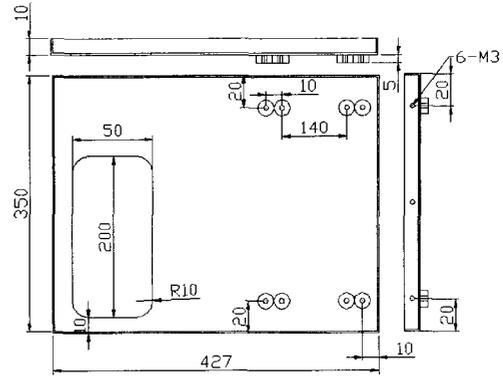


Fig. 7. (a) Original mainboard cover by 2D.

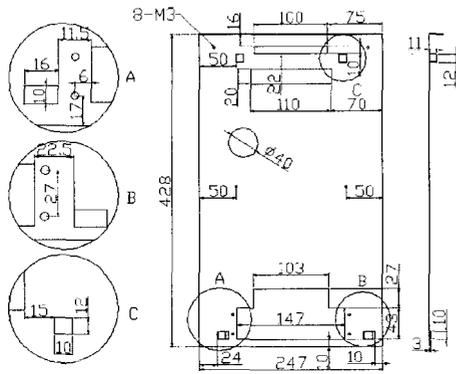


Fig. 6. (b) Redesigned front cover by 2D.

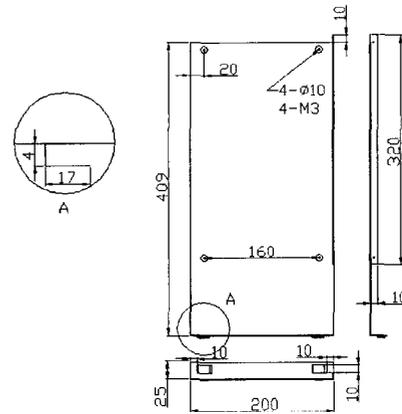


Fig. 7. (b) Redesigned mainboard cover by 2D.

수 있는 구멍을 제작하였으며 힌지 구멍도 있다.

Fig. 6(a) 및 Fig. 6(b)는 정면 덮개의 기존 부품과 재설계한 부품을 나타낸다. 정면 덮개의 리벳 핀 구멍을 없애고 '기억(기)' 자의 스냅 피트로 설계하여 조립이나 분리를 쉽게 하였고, 재설계 제품에 플라스틱으로 누름 버튼을 설계해 몸체 덮개를 고정시켜 준다. Fig. 6(a)의 기존 부품은 내부 뒷 덮개와 연결하는 리벳 핀 구멍 2개가 있고, Fig. 6(b)의 재설계 부품에는 철 파이프 스틱 두 개와 연결되는 나사 구멍 두 개가 있다.

기존의 메인보드 덮개는 Fig. 7(a)와 같고 메인보드를 고정시키는 역할을 하는 데, 재설계 부품인 Fig. 7(b)에서는 이 덮개의 재료인 철의 양을 1/2로 줄이고 리벳 핀을 스냅 피트로 바꾸어서 바닥 덮개와 연결하였다. 뒷면 덮개와 연결하는 부분은 나사 두 개로 연결하며, 강력하게 메인보드를 지지할 수 있다.

내부 부품을 보호하고 뒷면 덮개와 정면 덮개를 고정시키는 역할을 하는 기존의 내부 뒷 덮개는 Fig.

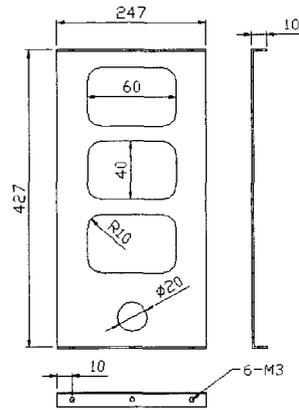


Fig. 8. (a) Original internal top cover by 2D.

8(a)와 같은 데, 재설계 부품에서는 Fig. 8(b)와 같이 파이프 막대로 바꾸었다. 이 경우 부품 수는 증가하지만 재료인 철의 양은 줄일 수 있다. 또한 6개의 리벳 핀을 4개의 나사로 바꾸도록 설계하였고, 컴퓨터 캐

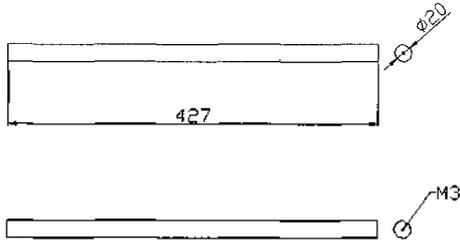


Fig. 8. (b) Redesigned pipe of top cover by 2D.

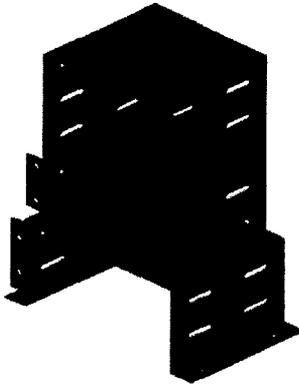


Fig. 9. (a) Original drive assembly base.

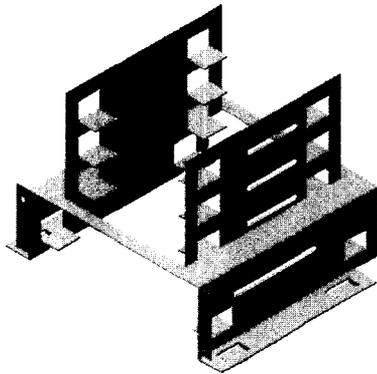


Fig. 9. (b) Redesigned drive assembly base.

이스의 몸체 덮개 분리상태에서 컴퓨터를 쉽게 이동할 수 있게 손잡이 역할을 한다.

Fig. 9(a)와 Fig. 9(b)는 각각 기존의 드라이브 조립체 및 재설계된 조립체를 보여주고 있다. Fig. 9(a)에서 보듯이 기존의 조립체는 하드 드라이브 조립체와 플로피 드라이브 조립체, CD-ROM 드라이브 조립체 각각이 따로 하드, 플로피, CD-ROM을 고정한다. 하지만 Fig. 9(b)의 재설계 부품은 이것들을 통합하여 하나의 부품으로 만들었으며 재료의 양도 기존의 CD-

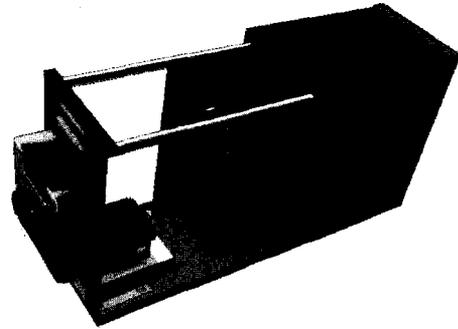


Fig. 10. Redesigned computer case.

ROM 드라이브 조립체의 양밖에 되지 않는다.

그 외에도 기존의 부품을 케이스에 고정하기 위해서는 리벳핀 16개와 나사 2개가 필요하지만, 재설계 부품은 케이스와 고정하기 위해 바닥에 스냅 피트와 앞부분에 단단하게 고정하기 위해 나사 4개가 필요하다. 그리고 하드, 플로피, CD-ROM 드라이브를 고정하기 위해 기존 부품은 나사 4개가 필요하나 재설계 부품은 각 드라이브를 받쳐주기 때문에 나사가 1개만 있으면 고정이 된다. 그 결과 각 드라이브 분리가 더욱 쉬워졌다. 이것은 기존의 CD-ROM 드라이브 조립체의 윗면을 가공하여 세워서 만들었다.

이상과 같이 재설계한 컴퓨터 케이스를 조립하여 모델링한 제품은 Fig. 10과 같다. 이 제품은 부품의 감소로 조립 공간이 넓다. 부품 가공도 쉽고, 조립도 쉽고, 가장 중요한 것은 트럭처럼 케이스를 열 수 있으므로 유지보수가 더욱 쉬워졌다. 유지보수가 쉬우면 전체 수명도 길어지기 때문에 환경적으로 높은 효과를 볼 수 있는 제품이다. 그리고 스냅 피트를 사용하여 제조회사가 이 제품을 수거시 분리가 쉽기 때문에 재활용이 용이하고 분리 시간과 비용을 줄일 수 있을 것이다.

4. 적용 결과 및 고찰

재설계한 컴퓨터 케이스를 기존의 컴퓨터 케이스와 비교하기 위하여 본 연구에서는 Boothroyd Dewhurst Inc.사의 DFE 소프트웨어를 활용하였다¹⁹⁾. DFE 프로그램은 제품 수명주기에 따라 환경에 미치는 영향력을 분석해 주는 소프트웨어이다. 필요한 입력정보는 제품명, 제조자, 제품수명 등의 제품일반정보와 제품을 구성한 부품들의 분해순서를 고려한 상세 부품정보이며, 출력정보로는 분해와 환경에 관한 데이터 베이스를 사용하여 분리접근시간, 부품수, 분리비용,

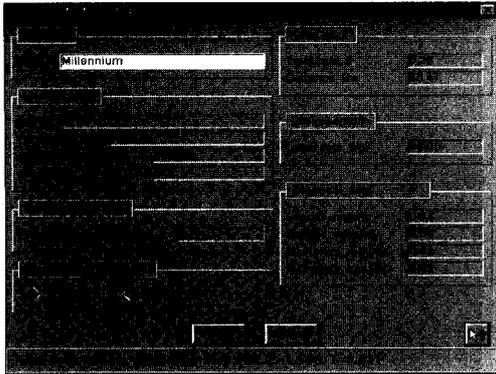


Fig. 11. (a) Input window for original part.

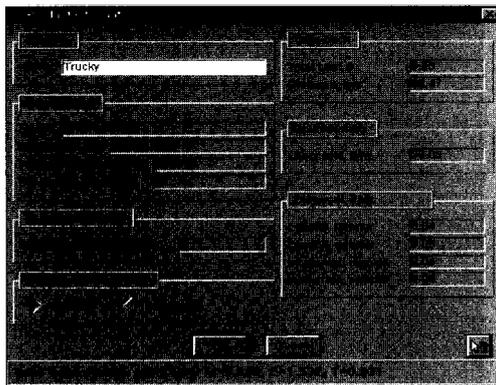


Fig. 11. (b) Input window for redesigned part.

Table 2. Application results of both original and redesigned computer cases

항목 \ 종류	기존 Computer Case	재설계 Computer Case	차이
총 부품 수(EA)	109	74	35
총 제거 시간(s)	768.8	401.9	366.9
총 무게(kg)	14.588	12.209	2.379
총 분리비용(\$)	6.41	3.35	3.06
공구를 사용하는 총 시간(s)	88.2	54.6	33.6
Power Supply 누적 MET-point(inMET)	-8084	-7824	260

분리시간 등이 제공되며, 특히 환경에 미치는 영향력을 평가하기 위하여 MET-point가 계산되어 그래프의 형태로 제공된다.

Fig. 11(a) 및 Fig. 11(b)는 DFE 소프트웨어를 적용하여 기존의 컴퓨터 케이스와 재설계하는 컴퓨터 케이스의 일반 정보를 입력하는 창이다. 이들 일반정

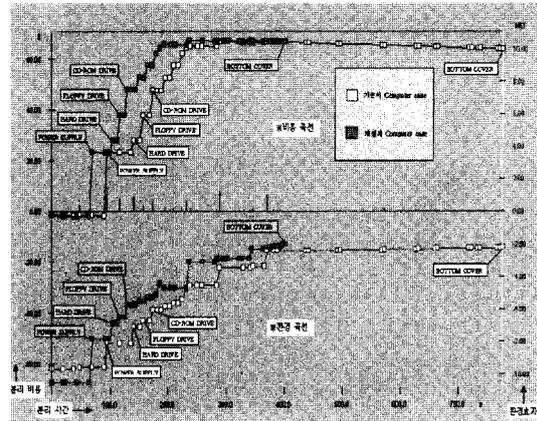


Fig. 12. Environment and cost analysis graph of both original and redesigned computer cases.

보는 총 생산량, 제품수명 등의 정보로서 생산회사에 문의하여 얻은 정보들을 사용하였다.

이상을 실행하여 비교한 결과는 Table 2 및 Fig. 12와 같다. Table 2를 보면 재설계한 제품이 기존의 제품보다 무게도 가벼워지고, 비용, 제거시간, 총 부품 수, 공구사용시간도 줄어들었음을 알 수 있다. 따라서 유지보수가 용이하게 되고 조립, 분리가 용이하게 된다. 그 이유는 나사, 드라이브 조립품과 여러 부품의 수량 감소 및 형상 변형 때문이다. 또 부품 무게와 공구 집속시간의 감소 때문에 MET-point 즉 환경영향평가 지수가 높아져서 재설계 제품이 기존 제품보다 환경친화적 제품임을 알 수 있다. 이 결과 제품 수거시 기업에 이익이 생긴다. Fig. 12는 두 제품의 환경 및 비용분석 그래프를 보여준다. Fig. 12의 비용 그래프에서 재설계한 제품 및 기존 제품을 구성하는 Power Supply 등 각 부품을 비교해 보면, 재설계한 부품을 나타내는 음영사각형이 기존 제품을 나타내는 흰색 사각형보다 좌측에 위치함으로써 재설계 부품들의 분리시간이 단축됨을 알 수 있고, 이에 따른 재설계 제품의 총 분리비용이 저렴함을 Table 2의 정리된 결과를 통해 알 수 있다. 또 Fig. 12의 환경곡선 그래프를 살펴 보면, 우측 수직 좌표값인 MET-point 값을 비교할 때 재설계 제품의 값이 기존 제품보다 큰 값을 가지므로 재설계 제품이 더 환경친화적인 제품임을 알 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서 컴퓨터 케이스를 대상으로 환경에 미

치는 영향력을 고려한 재설계 방법을 제시하였다. 재설계된 제품은 조립 및 환경에 영향을 주는 분리용이성의 가이드라인을 적용하여 설계되었으며 DFE S/W를 적용한 결과 환경에 미치는 악영향을 감소시켰음을 알 수 있었다. 본 연구에서 제안한 방법인 동시공학의 개념을 이용하여 제품에 영향력을 가장 많이 미치는 설계초기단계에서 조립 및 분리 용이성을 고려해 설계한다면 재설계된 제품 또는 신제품이 환경의 악영향 감소 및 제품리드타임의 감소 등을 제공하므로 시장 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 사료된다. 본 연구는 에너지 방출, 윤활유 방출, 기계가공시 제거되는 칩 등의 환경영향요소를 고려하지 않았기 때문에 차후에 이들을 포함한 연구가 필요하다고 사료된다.

참고문헌

1. Shedif D. El Wakil, *Processes and Design for Manufacturing*, PWS Company, pp. 18-19, pp. 477-480, 1997.

2. 정용호, "부품수가 많은 조립체 설계를 위한 동시공학의 구현-Part(I)-BOM에 따른 조립체 중심적 모델링 방법론," 한국CAD/CAM학회 논문집, 제2권, 제2호, pp. 93-102, 1997.
3. 김 현, 명계형, 목경대, "동시공학 구현을 위한 Web 기반의 공학 프로세스 지원 프레임워크," 한국CAD/CAM학회 논문집, 제3권, 제4호, pp. 283-292, 1998.
4. E. Westkamper, K. Feldmann, G. Reinhardt, and G. Seliger, "Integrated Development of Assembly and Disassembly," CIRP, Vol. 48/2, pp. 557-565, 1999.
5. G. Boothroyd, P. Dewhurst, and W. Knight, *Product Design for Manufacture and Assembly*, Marcel Dekker Inc, 1994.
6. 김철원, 조규간, "제품의 분리성을 고려한 비용평가 방법," 대한산업공학회지, pp. 284-289, 1998.
7. Autocad 2000 사용자 안내서, Autodesk Inc, 1999.
8. DFE - DFA USER Guide, Boothroyd Dewhurst, Inc and TNO, 1996.
9. 김인호, "DFMA의 개요 및 활용방안," 한국CAD/CAM학회지, 제5권, 제1호, pp. 31-34, 1999.
10. 목학수, "조립을 위한 설계의 체계화," 산업공학, 제4권, 제2호, pp. 13-24, 1991.



김 인 호

1985년 부산대학교 기계설계공학과 학사
 1988년 부산대학교 대학원 기계공학과 공학석사
 1992년 부산대학교 대학원 기계공학과 공학박사
 1992~1995년 부산대학교 기계기술연구소 전임연구원
 1996년~현재 동명정보대학교 로봇시스템공학과 교수
 관심분야: CAPP, DFMA, CE, 생산시뮬레이션(POP)시스템



오 수 철

1979년 부산대학교 기계설계학과 학사
 1981년 한국과학기술원 생산공학과 석사
 1991년 부산대학교 기계공학과 박사
 1990년~현재 부경대학교 교수
 관심분야: CAD/CAM, CAPP, GT