

열 배출구 형상 모델링 자동화 시스템 개발

박현풍*

Development of Automated Modeling System for Air-Ventilation Holes

Hyunpung Park*

ABSTRACT

Nowadays a lot of high-tech electronic products such as TVs, monitors and camcorders are being developed. The more functions the electronic devices have, the more heat problems occur. Therefore, most of electronic products have air-ventilation holes to eliminate heat that is generated inside the products. The shapes of ventilation holes are usually complicated since aesthetic appearance of the products is important these days. In order to create those complicated shapes, designers should do time-consuming jobs because most of commercial CAD systems do not provide the functions that create patterns of lofted parts along freeform surfaces. In this research, an automated air-ventilation hole modeling system was proposed. The system generates patterns of lofted objects on freeform surfaces. Standard process to create air-ventilation holes manually was established, and vent-hole types and pattern types were classified into several categories. Designers can create many kinds of vent-holes by combining vent-hole types and pattern types. Users can also utilize user-defined pattern which can give users more flexibility. Developed system was applied to several design examples and the results are presented.

Key words : Modeling Automation, Air-ventilation Hole, Pattern Generation, Electronic Devices

1. 서 론

전자 산업의 발달에 힘입어 전자 제품에 대한 수요와 생산은 해마다 증가하고 있다. 텔레비전(TV), 모니터, 냉장고 등 대부분의 전자 제품은 내부에 열이 많이 발생한다. 전자 제품 내부의 고열은 회로의 오작동 또는 구조물의 변형에 따른 제품 성능 저하를 야기한다. 대부분의 제품에서는 내부에서 발생하는 이러한

열을 제품 밖으로 배출하기 위한 열 배출구(이하 벤트홀(vent-hole, ventilation hole))를 가진다.

Fig. 1에 보이는 바와 같이 같이 벤트홀은 일정한 형상의 홀(hole)들이 규칙적 혹은 불규칙적으로 배치된 형태를 가진다. 벤트홀은 일반적으로 내부 열에 의해 뜨거워진 공기를 가장 효율적으로 배출할 수 있는 위치에 배치하며, 벤트홀의 개수는 일반적으로 열 배출 성능과 금형 비용의 절충(trade-off) 관계에 의해 결정된다.

벤트홀 생성 절차를 설명하기 위해 기본적인 벤트홀 생성 개념도를 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2(a)와 같은 벤트홀을 생성하기 위해서는, Fig. 2(b)와 같은 제품 외관 형상 부위와 Fig. 2(c)의 형상에 빼기 연산(subtract)을 적용하여 생성할 수 있다. 일반적으로 벤트홀 금형은 슬라이딩 코어(sliding core) 형태로 제작되는데, Fig. 2(c)의 형상이 금형의 슬라이딩 코어 형상에 해당한다고 볼 수 있다. 따라서 앞으로 Fig. 2(c)와 같이, 벤트홀을 형성하기 위하여 외관형상으로부터 빼기 연산을 실행할 때 사용하는 형상을 벤트홀 코어(core)라 칭하기로 한다.

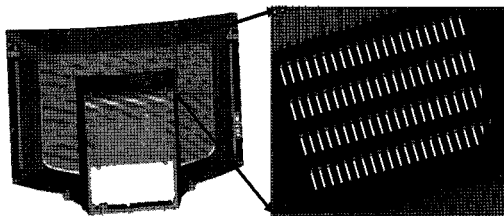


Fig. 1. An example of air-ventilation holes of CRT TV.

*교신저자, 정회원, Georgia Institute of Technology
- 논문투고일: 2008. 03. 11
- 논문수정일: 2009. 07. 31
- 심사완료일: 2009. 08. 05

모든 금형 코어는 구배(draft)를 가져야 한다. 벤트홀의 구배를 결정하는 방식은, Fig. 2(d)와 같이 슬라이딩 코어의 이동 방향에서 바라보았을 때 각각의 벤트홀의 외곽 라인 형상이 동일하게 유지되도록 한다.

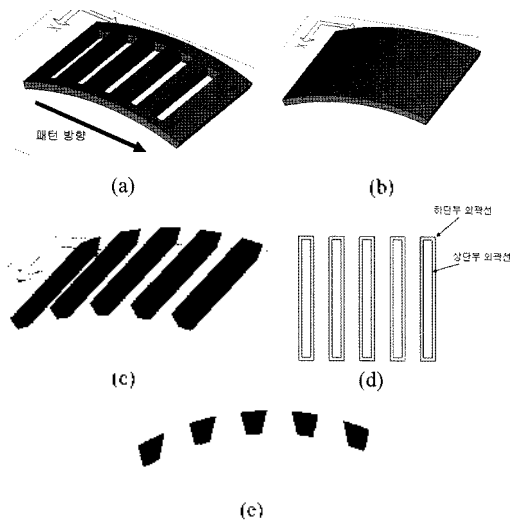


Fig. 2. Conceptual diagram of ventilation holes (a) final shape, (b) base part, (c) core parts, (d) outer loops of core parts, (e) section view of core parts.

벤트홀의 패턴이 진행되는 방향으로 곡률이 없는 경우, 즉 외곽 형상이 평면인 경우에는 한 개의 벤트홀 코어를 생성한 후 상용 캐드에서 지원하는 패턴(pattern) 기능을 사용하여 벤트홀 코어를 완성할 수 있다. 하지만, Fig. 2(a)와 같이 패턴 진행방향으로 외곽 형상에 곡률이 존재하는 경우에는 Fig. 2(e)와 같이 각각의 벤트홀 코어가 서로 다른 형상을 가진다. 따라서 이러한 경우에는 일반적인 패턴 기능을 적용할 수 없다.

물론, 극소수의 캐드 시스템(CAD system)이 곡면을 고려한 패턴 기능을 제공하지만, 대다수의 캐드 시스템은 이러한 기능을 제공하지 않는다. 따라서 Fig. 2(e)와 같은 단면형상을 가지는 코어를 생성하기 위해서는 각각의 개별 코어를 로프팅(lofting) 기능을 적용하여 생성해야 한다.

이와 같이 각각의 벤트홀 코어를 개별적으로 생성하면 모델링 히스토리(history)에서 벤트홀 코어 부위는 일렬로 길게 늘어선 결과를 보여준다. Fig. 3은 TV 후면 커버의 모델링 히스토리를 보여주며, 점선으로 표시된 부분이 벤트홀 모델링 히스토리에 해당된다.

일반적으로 한 개의 TV 및 모니터에는 수백 개의 벤트홀이 존재하며, 이들 중 상당수가 이와 같은 단순

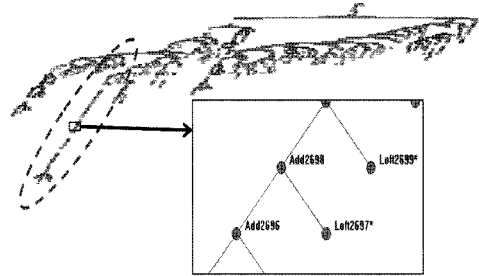


Fig. 3. Modeling history after creating ventilation holes.

반복적인 작업에 의해 모델링되고 있다. 이러한 단순 반복작업은 제품 개발 기간 단축을 저해하는 요소일 뿐만 아니라, 숙련된 설계 인력의 낭비를 야기한다. 본 연구에서는 이러한 단순 반복적인 벤트홀 생성 작업을 단축하기 위하여, I-DEAS 기반의 벤트홀 자동 생성 시스템을 개발하였다.

2. 관련 연구

본 연구에서 개발한 시스템을 설명하기에 앞서 기존의 자동화 시스템 연구 및 개발 사례를 살펴보자. 3차원 캐드 시스템의 보급 확대와 더불어 제품 설계를 지원하기 위한 다양한 설계 자동화 시스템들이 개발되었다^[1-4]. 이들 대부분의 시스템들은 자동화를 위해 편집설계 방식을 채택하고 있다. 편집설계 방식은 새로운 모델에 대한 지수들을 입력하여, 매개변수 모델링으로 완성된 원형 모델의 형상을 변경시켜 새로운 모델과 도면을 생성시키는 방법이다^[1].

자동화 시스템을 개발하기 위해서는 자체 라이브러리를 활용하는 경우 외에도 상용 캐드 시스템의 개발 라이브러리를 활용하여 상용 캐드 시스템에서 지원되지 않은 기능을 개발하는 사례가 많다^[1-4]. 편집 설계 기법 적용 시, 일반적으로 사용자에게 의해 매개변수 값이 결정되지만, 최적화 기법을 적용한 매개변수 값 결정 방식도 적용된다^[5]. 또한 매개변수가 아닌 제품 모델링 언어를 통해 제품 특성을 정의함으로써 새로운 모델을 생성하는 시스템도 개발되었다^[6].

실제 자동화 시스템 개발을 위한 접근 방법으로 편집설계 기법 이외에 수작업에 의한 모델링 절차를 프로그래밍화하는 기법도 존재한다^[5,6]. 이러한 접근 방법은 모델링 전문가에 의해 수행되어 오던 검증된 작업 절차를 자동화 시스템 속으로 옮기는 것이므로, 절차가 직관적이고 시스템 구현이 빠르다는 장점이 있다. 따라서, 본 연구에서도 이러한 접근 방법을 선택하여, 먼저 수작업에 의한 벤트홀 생성 절차를 파악한

다음, 이를 자동화 시스템으로 프로그래밍화 하였다.

본 논문의 3장에서는 벤트홀 모델링 절차를 이해를 돕기 위하여 일반적인 벤트홀 모델링 절차를 기술하였으며, 4장에서는 본 연구에서 개발한 벤트홀 자동 생성시스템에 대하여 자세히 기술하였다. 5장에서는 개발된 시스템을 적용하여 실제제품 설계에 적용한 예를 보여주었다.

3. 벤트홀 모델링 절차

앞 장에서 기술한 바와 같이, 자동화 시스템을 개발하기 위해서는 먼저 기준에 행해지던 수작업에 의한 벤트홀 모델링 프로세스를 분석해야 한다. 벤트홀 모델링에서 제일 중요한 부분은 벤트홀 코어를 완성하는 것이다. 따라서 본 장에서는 수작업에 의한 벤트홀 코어 모델링 절차에 대해 자세히 기술하고자 한다.

벤트홀의 형태는 TV 및 모니터의 각 제품군에 따라 다양한 형태가 존재한다. TV의 경우 코어 삽입 방향에서 보았을 때 긴 직사각형 형태를 주로 가지며, 패턴은 한 방향으로 일정한 편이다. 반면, 모니터 제품의 경우 주로 작은 원형을 기본 형상으로 하여, 평행사변형, 타워형 등 다양한 형태의 패턴을 가지는 것이 일반적이다. 본 장에서는 여러 가지 벤트홀 중에 TV 모델링에 자주 발생하는 벤트홀의 일반적인 작업 절차를 소개한다.

Fig. 4(a)는 브라운관TV 후면에 존재하는 벤트홀을 보여주고 있다. 벤트홀 코어는 Fig. 4(a) 우측의 형태를 가지며, 이것은 Fig. 4(b)의 형상을 트리밍(trimming)하여 완성한다.

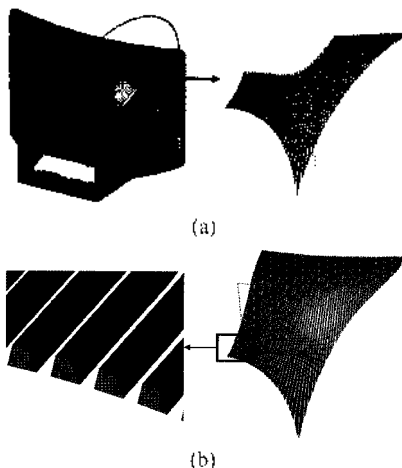


Fig. 4. Core parts for creating ventilation holes of a CRT TV (a) after trimming, (b) before trimming.

3.1 벤트홀 코어의 상단 및 하단면 생성

로프팅 곡면은 단면 곡선(section curve)들을 연결하는 부드러운 곡면이다^[6,17]. 서론에서 설명한 바와 같이, 슬라이딩 코어 진행 방향에서 바라볼 때 벤트홀의 외곽 형상이 유지되도록 하려면 캐드의 기본 기능인 구배 기능을 사용할 수 없다. 벤트홀의 각 부위마다 구배 각도가 달라지기 때문이다. 따라서 벤트홀 코어를 생성하는 유일한 방법은 벤트홀 코어 상/하단면의 외곽선을 단면 곡선으로 하는 로프팅 곡면을 생성하는 것이다. 본 절에서는 로프팅 곡면 생성을 위한 입력 데이터인 벤트홀 코어 상단 및 하단면을 생성하는 방법에 대해 기술한다.

3.1.1 입력 요소 준비

아래 그림과 같이 Fig. 4(a)의 제품 외곽의 상단 및 하단 곡면을 생성하고, 벤트홀 코어의 외곽 라인을 준비한다. 제품 외곽 형상의 상/하단 곡면은 제품 설계 데이터의 외측 및 내측 곡면을 의미하며, 설명 편의상 외측면을 상단면(top surface), 내측면을 하단면(bottom surface)으로 칭한다.

벤트홀 코어의 외곽라인은 3차원 곡선이 아니라 기준면에 투영된 2차원 곡선이다. Fig. 5는 벤트홀 코어 생성을 위한 입력데이터인 상/하단 곡면 및 벤트홀 코어 외곽라인을 보여주고 있다.

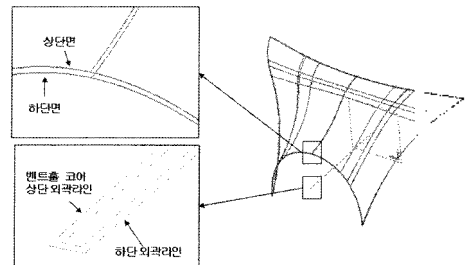


Fig. 5. Input elements for modeling ventilation holes.

3.1.2 벤트홀 코어 상단 및 하단면 생성

벤트홀 코어 상단면과 하단면은 동일한 방식으로 생성하는데, 상단면의 생성 방법은 아래와 같다.

- Step 1. Fig. 5의 벤트홀 코어 상단 외곽라인을 익스트루드(extrude)한다.
- Step 2. Fig. 6(a)와 같이, 패턴 기능을 이용하여, 앞에서 익스트루드한 파트를 원하는 개수만큼 생성한다.
- Step 3. 패턴 기능으로 생성한 파트를 상단 곡면과 교차하여 벤트홀 코어 상단면을 완성한다.

하단부에 대해서도 동일한 작업을 수행하며 Fig. 6(b)와 같이 벤트홀 코어의 상단 및 하단면을 완성할 수 있다.

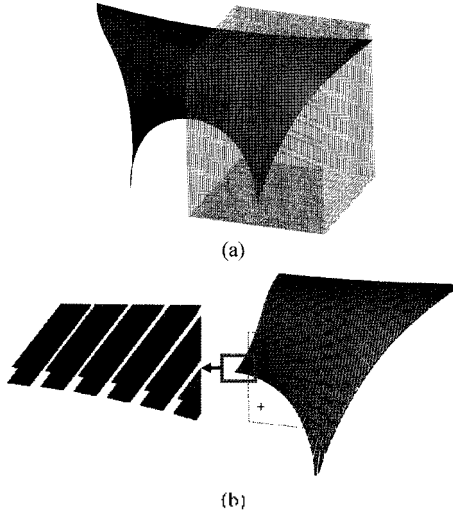


Fig. 6. Creating upper and lower faces of ventilation hole cores (a) patterns of a part extruded from an outer loop, (b) created upper and lower faces.

3.2 벤트홀 코어 생성

앞 절에서 생성한 벤트홀 코어 상단 및 하단면들 중에서, 서로 대응되는 한 쌍의 면들을 선택하여 로프팅 곡면을 생성한다. 이 때 로프팅 단면 곡선들의 시작점(starting point)와 방향을 꼭 정렬시켜 주어야 한다. 이 두 가지가 정렬되지 않으면 꼬인 형상의 로프팅 결과를 얻게 된다. Fig. 7(a)와 Fig. 7(b)는 각각 시작점들을 정렬하기 전과 후의 미리보기(preview) 상황을 보여주고 있다.

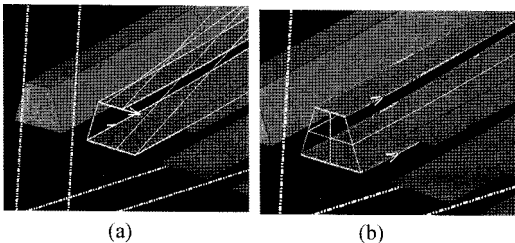


Fig. 7. Preview for creating lofting surfaces (a) starting points are not arranged, (b) starting points are arranged.

상단 및 하단면의 모든 쌍들에 대해 로프팅 연산을 실시하여 벤트홀 코어 형상을 완성한다(Fig. 4(b)). 로프팅 작업은 상단 및 하단면 각 쌍마다 한 번씩 수행

되므로 벤트홀 코어 형상 완성 후에는 Fig. 3에서 보이는 바와 같이 모델링 히스토리에서 일렬로 길게 늘어선 노드(node)들이 발생한다.

3.3 벤트홀 생성

앞에서 생성한 벤트홀 코어 형상을 제품 외관 형상에서 빼기 연산을 하여 최종 벤트홀 형상을 완성한다.

4. 벤트홀 모델링 자동화 시스템

4.1 개요

벤트홀 모델링 자동화 시스템의 실행 프로세스는 Fig. 8과 같다.

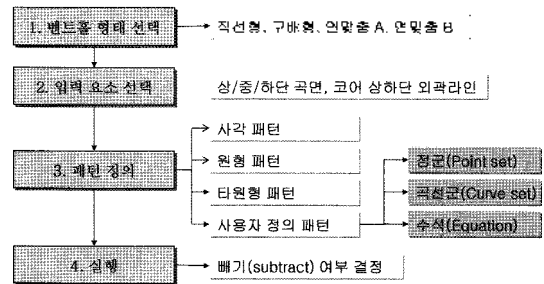


Fig. 8. Operation procedure of the proposed system.

사용자가 입력해야 할 요소는 벤트홀 단면 타입(type), Fig. 5에서 보이는 벤트홀 타입별 지오미트리 요소들(벤트 코어 외곽라인 및 상하단 곡면) 및 벤트홀 패턴의 형태이다. 벤트홀 단면 타입 및 패턴 타입에 대해서는 3.2절과 3.3절에서 설명한다. 사용자 입력이 완료된 후 시스템을 실행하면 수작업 절차와 동일한 작업이 내부적으로 수행되어 벤트홀 형상이 완성된다.

4.2 벤트홀 형상 표준화

일반적으로 많이 사용되는 벤트홀의 단면 형태는 Fig. 9와 같이 네 가지 형태이다. 설계데이터는 항상 구배를 가져야 하지만, 디자인 품평 등 프레젠테이션(presentation) 목적을 위해 Fig. 9(a)와 같이 구배가 없는 벤트홀이 사용되기도 한다. Fig. 9(c)와 Fig. 9(d)는 면맞춤이라 불리는 벤트홀 형상으로, 외관 형상의 아래 위 방향에 각각 두 가지의 슬라이드 코어가 삽입되는 형태이다. 면맞춤 벤트홀의 경우 Fig. 9(b)의 벤트홀 생성 작업을 두 번 실행하면 되는데, 시스템 내부적으로 이를 처리하여 사용자는 한 번의 실행만으로 이와 같은 면맞춤 벤트홀을 자동으로 생

성할 수 있다. 번갯춤 벤트홀의 경우 상/하단면 외에 중간면과 이에 해당하는 코어 외곽선이 추가로 필요하다.

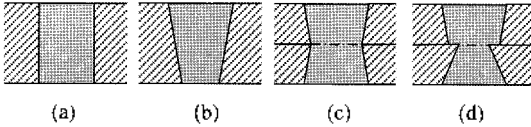


Fig. 9. Types of ventilation holes (a) straight, (b) draft, (c) middle face (type A), (d) middle face (type B).

4.3 패턴 표준화

TV 제품들에서는 주로 사각 패턴(rectangular pattern)의 벤트홀이 사용되는 반면, 브라운관 모니터 제품들에서는 매우 다양한 형태의 벤트홀 패턴이 존재한다. 디자이너가 의도하는 다양한 형태의 패턴을 지원하기 위해 본 시스템에서는 네 가지 패턴 생성 기능을 제공한다. 지원되는 패턴 종류는 Fig. 14에서 보이는 바와 같이 평행사변형, 원형, 타원형 그리고 사용자 정의 패턴 생성 기능이다.

본 시스템의 특징적인 패턴생성 기법의 하나는 사용자 정의 패턴이다. 일반적인 캐드 시스템에서 제공하는 패턴 기능은 디자이너가 원하는 패턴을 생성하기에 부족한 경우가 많다. 이러한 경우 Fig. 10에서 보이는 것처럼 사용자 정의 패턴을 사용하여 작업을 단축할 수가 있는데, 사용되는 사용자 정의 패턴은 점군(點群, point set) 정의, 곡선군(curve set) 정의, 그리고 수식 정의의 패턴이다.

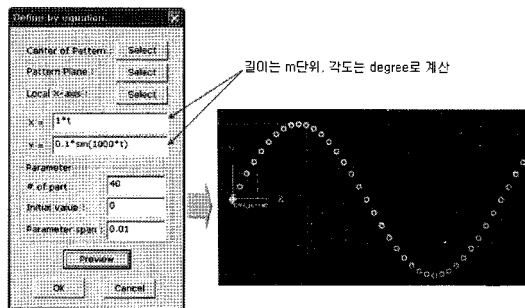


Fig. 10. Creating patterns by defining equations.

점군 패턴 기능은 2차원 평면상에 존재하는 다수의 점들을 지정하여, 각 점의 위치에 벤트홀이 생성되도록 하는 기능이다.

곡선군 패턴은 점군 패턴과 유사한데, 다수의 곡선들을 지정해주면 각각의 곡선들이 교차하는 지점에

정해진 형태의 벤트홀을 생성하는 기능이다.

마지막으로 수식에 의한 패턴생성은 X,Y 좌표에 대한 매개변수식을 입력하여 해당 위치에 패턴을 생성하는 기능이다. 아래 Fig. 10은 수식 정의 패턴을 사용하여 싸인(sin) 함수 형태의 벤트홀 패턴을 생성하는 예를 보여주고 있다.

4.4 로프팅 곡면 자동생성 알고리즘

벤트홀 모델링에서 가장 중요한 부분인 로프팅 곡면 생성 절차는 Fig. 11과 같다.

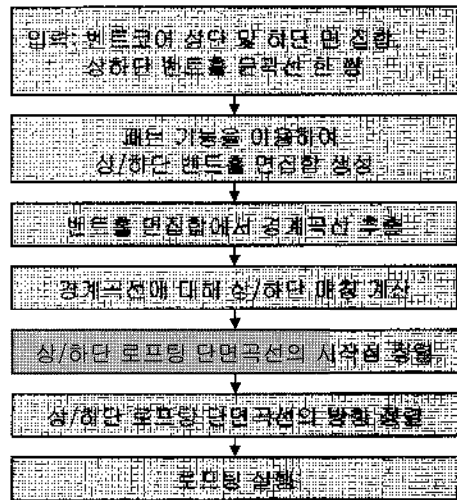


Fig. 11. Algorithms for creating lofting surfaces.

코어 상/하단면에서 경계 곡선을 추출한 후, 계산 편의를 위해 벤트홀 코어 삽입 방향이 Z축 방향이 되도록 좌표계를 변환한다. 상/하단 경계곡선의 루프(Loop)를 탐색한 후 루프 위치를 비교하여 상/하단 한 쌍을 형성한다.

2.2절에서 설명한 바와 같이 로프팅 곡면 생성시에는 상/하단 단면 곡선의 시작점을 정렬하는 것이 중요하다. 이를 위해, 먼저 코어 윗면에 해당하는 루프를 구성하는 곡선 끝점들 중 X, Y값이 최소인 점을 상단 단면 곡선의 시작점으로 설정한다. 그런 다음, 대응되는 하단 루프를 구성하는 곡선의 끝점들 중 상단면 시작점과의 거리가 최소가 되는 점을 하단 루프의 시작점으로 결정한다. 이 때 거리는 XY면에 투영된 거리를 기준으로 계산한다.

시작점을 정한 후, 루프 구성 곡선의 진행 방향 벡터(vector)를 비교하여 방향성이 일치하도록 로프팅 단면곡선을 구성한다. 최종적으로 앞에서 실시한 좌표 변환에 대한 역변환을 적용한다.

5. 구현 및 적용 예

5.1 구현

시스템 구현 플랫폼은 Fig. 12와 같다. 기본 플랫폼은 visual C++ 6.0을 기반으로 하며^[18], 위상(topology) 탐색 및 기하연산을 위해서는 I-DEAS에서 제공하는 API 라이브러리인 Open I-DEAS를 활용하였다. Open I-DEAS는 CORBA를 통해 I-DEAS 시스템과 통신이 이루어진다. 또한, 구현 편의성을 위해 I-DEAS에서 제공하는 '프로그래밍 가능한 매크로' 기능인 Program files를 활용하였다^[19].

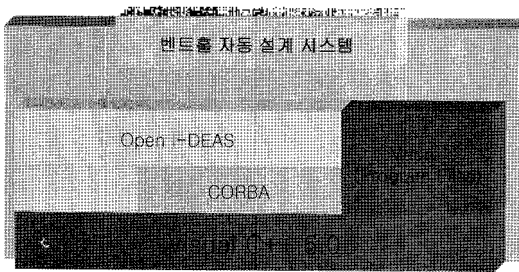


Fig. 12. Platform for implementation.

Fig. 13과 Fig. 14는 개발된 시스템의 기본 사용자 인터페이스를 보여주고 있다. Fig. 13은 벤트홀 타입 및 각 타입에 대한 입력데이터 지정 메뉴이며, Fig. 14(a)는 패턴 타입 및 최종 형상 관리에 대한 다이얼로그이며, Fig. 14(b)는 사각 패턴을 선택한 경우 패턴 정의의 데이터를 입력하는 대화창을 보여주고 있다.

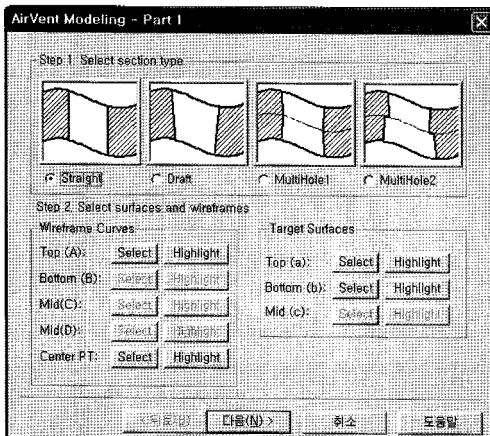
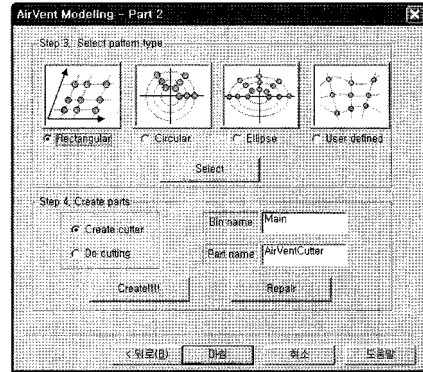
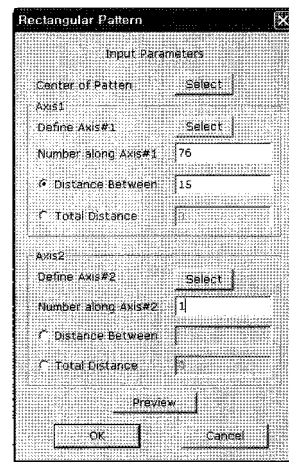


Fig. 13. System interfaces - step 1.



(a)



(b)

Fig. 14. System interfaces - step 2 (a) a dialog for selecting pattern type, (b) a dialog for rectangular patterns

5.2 벤트홀 생성 예

개발된 시스템은 제 2장에서 소개한 브라운관TV 모델과 액정디스플레이(LCD) 모니터, 그리고 브라운관 모니터에 적용하였다.

Fig. 15(a)는 Fig. 4(b)의 TV 모델에 대한 벤트홀 코어 자동생성 결과이다. Fig. 15(b)는 자동 생성된 벤트홀 코어의 모델링 히스토리인데, 수작업에 의한 모델링 단계를 그대로 적용하였으므로 Fig. 3에서 나타나는 모델링 히스토리와 동일한 결과를 보여줌을 알 수 있다.

Fig. 16은 액정디스플레이 모니터의 벤트홀이며, 각각의 벤트홀의 크기가 나뉘음을 알 수 있다. 이와 같이 벤트홀 크기가 변하는 경우에는 패턴 기능은 적용하지 않고, 모든 벤트홀 코어의 외곽라인들을 수작업으로 생성한 후 벤트 모델링 시스템을 실행하면 된다. 이 모델의 경우 벤트홀 생성을 위해 기존에는 8시간

정도(수정 포함) 소요 되었으나, 개발된 시스템을 활용하여 1시간 안에 모델링을 완료하였다.

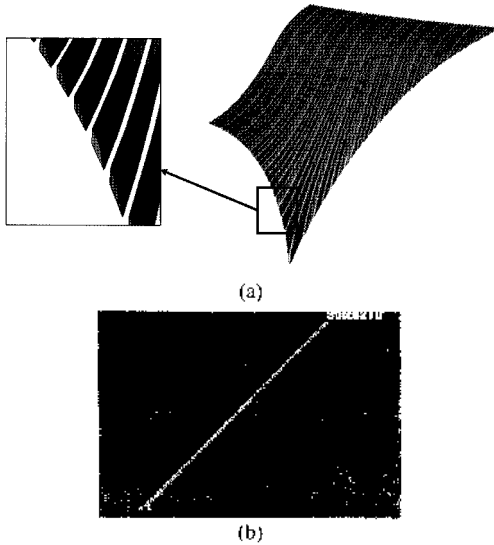


Fig. 15. An application example for a TV (a) ventilation core parts, (b) modeling history for ventilation holes.

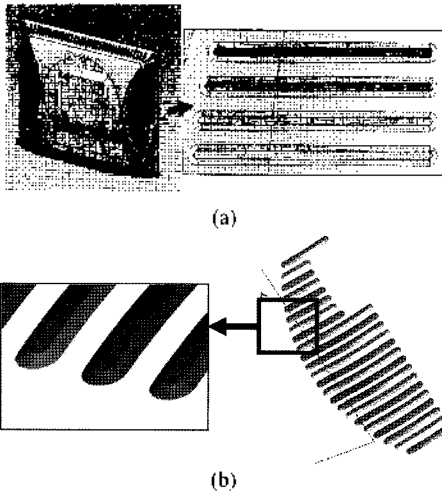


Fig. 16. An application example for a LCD monitor (a) created ventilation holes, (b) automatically generated ventilation core parts.

Fig. 17는 사용자 정의 패턴을 활용하여 모니터 앞면의 벤트홀 코어 일부분을 생성한 결과를 보여주고 있다. 곡선군 패턴 정의 기능을 사용하여 곡선들의 교차점에 구배가 없는 익스트루드 형상의 벤트홀 코어를 생성하였다. 실제 가공을 위해서는 구배가 추가되

어야 하나, 본 예제의 경우 제품 디자인 평가를 위한 목적으로 사용되어 구배가 없는 단순 형상으로 처리하였다.

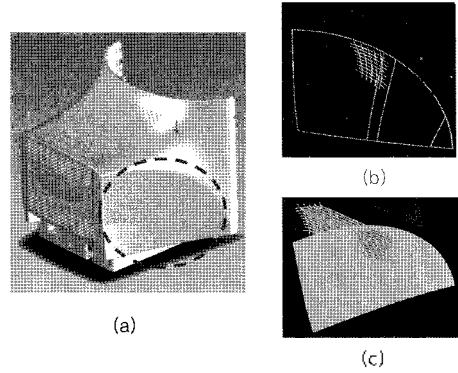


Fig. 17. An application example for user-defined patterns (a) target area, (b) input for curve-set pattern, (c) automatically generated ventilation core parts.

6. 결 론

본 논문에서는 기존에 수작업에 의해 진행되던 벤트홀 생성작업을 자동화 하기 위한 벤트홀 자동생성 시스템을 개발하였다. 특히, 평면이 아닌 자유곡면 위에 벤트홀 패턴을 생성하는 절차를 개발하였으며, 이는 벤트홀 벽면이 로프팅 곡면으로 이루어지는 일반적인 패턴 생성 작업에 적용이 가능하다.

개발된 시스템을 실제 제품 개발에 적용한 결과, 숙련된 설계자가 기존에 1일간 작업하던 것을 1시간 이내에 작업을 완료할 수 있었다. 따라서, 개발된 시스템 활용 단순 반복 작업에 소요되는 인력을 절감하여 설계 워가 절감에 기여할 수 있으며, 모델링 시간 감축에 따른 신제품 개발 기간 단축이 가능하다. 또한, 벤트홀 설계방법 표준화에 따른 설계 품질 향상에도 기여할 수 있다.

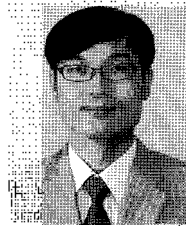
현재 개발된 시스템은 벤트홀 코어 외곽 라인을 변경하는 경우 최종적으로 생성된 벤트홀 형상이 자동으로 변경되지 않는다는 문제점이 있다. 물론 자동생성 시간이 오래 걸리지 않으므로 자동화 프로세스를 다시 실행하면 되지만, 설계 시간을 더욱 단축시키기 위해서는 코어 외곽 라인이 변경됨에 따라 최종 형상이 자동으로 변경되도록 시스템이 개선되어야 한다.

참고문헌

1. 김제현, 박정환, 분천식, 황용근, "Unigraphics API

- 를 이용한 사출규형의 3차원 설계에 관한 연구”, 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제10권, 제6호, pp. 381-391, 2005.
2. 이상혁, 강희석, 윤태서, 류승태, “CRI부품 설계자동화 시스템 개발”, 2000 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회 논문집, pp. 57-61, 2000.
 3. 이상준, 이성수, “금형설계에서 누락된 Surface 자동생성 Algorithm 개발”, 2000학술발표회논문집, pp. 353-357, 2000.
 4. 장광섭 외, “CATIA V5를 이용한 자동 Parametric 모델 생성 시스템의 구현”, 2004 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회 논문집, pp. 567-575, 2005.
 5. 조점근, 김남진, 우혁세, 박현풍, 이관행, “타이어 패턴의 3차원 모델링 방법 연구”, 1999한국 CAD/CAM 학회 학술발표회논문집, pp. 205-210.
 6. 조규호, 박현풍, 김기운, 김남진, 이관행, “타이어 단면에 대한 유한요소 자동생성 소프트웨어 개발”, 2003 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회 논문집, pp. 43-48.
 7. 박병건, 황길인, 김계성, 장재덕, “최적화를 통한 토크 킨더 뱀퍼 스프링 설계 자동화에 관한 연구”, 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제 12권, 제3호, pp. 163-170, 2007.
 8. 김재성, 김광수, “제품모델링 언어를 이용한 설계자동화에 관한 연구”, 1999학술발표회논문집, pp. 387-392, 1999.
 9. 김보현, 이강수, 양준서, 이도형, 오석진, 권혁선, 김성환, “면집 설계 방법을 이용한 고체 추진제 형상 설계자동화 프로그램 개발”, 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제6권, 제5호, pp. 372-381, 2008.
 10. 황용근, 박용식, 곽규호, 손산용, 박형우, 현재민, 상경일, 어윤중, “발전기 실체자동화 시스템 개발”, 2000 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회 논문집, pp. 51-55, 2000.
 11. 이상준, 이수홍, “특징형상 기반 자동차 전장 도면 설계 시스템 개발 연구”, 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제1권, 제3호, pp. 177-188, 1996.
 12. 이광일, 정승용, 조희봉, 강재관, “자동차 연가 및 조향장치 부품설계 자동화 시스템 개발”, 2002 한국 CAD/CAM학회 학술발표회 논문집, pp. 13-16, 2002.
 13. 김석별, 이상헌, 정연경, 이상화, 김형준, “3차원 지그 설계를 위한 부품 라이브러리 구축 및 도면 작성 편의 기능의 개발”, 2004 한국 CAD/CAM학회 학술발표회 논문집, pp. 131-140, 2004.
 14. 조병철, 이상헌, 김형준, 우윤환, 이강수, “차체 조립용 용접 지그 설계 전용 CAD시스템 개발”, 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제8권, 제3호, pp. 189-200, 2003.
 15. 김영일, 전차수, “3차원 CAD 시스템을 이용한 설계환경 구축 및 설계자동화에 대한 연구”, 2007 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회 논문집, pp. 1-14, 2007.
 16. Choi, B. K., *Surface Modeling for CAD/CAM*, ELSEVIER, 1991.
 17. I.cs Piegl, Wayne Tiller, *The Nurbs Book*, Springer, 1997.
 18. Microsoft Corporation “MSDN for Visual Studio”, 1987-2007.
 19. *UGS/Open I-DEAS User's Guide*, 2006.

박 현 풍



1997년 한국과학기술원 산업공학과 학사
 1999년 광주과학기술원 기전공학과 석사
 2004년 광주과학기술원 기전공학과 박사
 2004년 삼성전자 영상디스플레이 사업부 선임연구원
 2005년-2008년 삼성전자 영상디스플레이 사업부 책임연구원
 2008년-현재 조지아공대 박사후과정
 관심분야: 형상모델링, 전산 역설계, 폐속조형, 설계자동화, Physically based Modeling, 가상현실
