論文 한국정밀공학회지 제 12권 제2호 1995. 2
Journal of the Korean Society of Precision Engineering Vol. 12. No 2. February. 1995.

특징형상을 이용한 복합곡면의 설계

정 재 훈*, 김 광 수*

A Feature-based Approach to Compound Surface Design

Jaehun Jeong* and Kwangsoo Kim*

ABSTRACT

While many surfaces such as automobile outer panels, ship hulls and airfoils are characterized by their smooth, free-form shapes, a far larger class of functional surfaces are characterized by highly irregular, multi-featured shapes consisting of pockets, channels, ribs, etc. In constract to the design of aesthetic, free-form surfaces, functional surface design can perhaps best be viewed as a process of assembling a collection of known component surfaces to form a single 'compound surface'. In this paper, we presents a feature-based functional surface modeling method. A single feature involves a secondary surface, which we must join to a primary surface with a smooth transition between two boundary curves. Through recursive blending of a secondary surface with the primary surface, the multi-featured surface is represented. After constructing a compound surface, we generate the Z-map for NC machining of the surface. Offsetting the Z-map using the inverse offsetting technique, we get CL tool paths without gouging.

Key Word : Compound Surface, Functional Surface, NC Tool Path

1. 서 론

산업현장에서 제품생산에 다루어지는 곡면들은 그들의 기능에 따라 크게 두가지로 나누어진다. 자동차의 외부패널, 비행기나 선박의 동체는 그들의 부드럽고 자로운 형상에 따라 감성곡면(aesthetic surface)이라 불리운다. 감성곡면의 특징은 곡면이 가지는 기능적인 특성보다도 미학적인 요소를 더 중시하는데 있다. 많은 불규칙한 형상을 포함하고 포켓, 채널과 같은 여러 가지 특징형상(feature)이 들어있는 기능곡면(functional surface)은 이름에서 의미하는 바와 같이 외형의 미학적인 측면보다도 기능적인 특징을 강조하는 곡면으로 분류되어진다. 기능곡면이 사용되는 분야에는 용기, 자동차의 외부패널, 냉장고의 내부등이 있다. 하나의 자동차를 완성하기위해서는 약 200개의 곡면형상의 부품이 사용되는데 그중 95%가 기능곡면의 범주에

* 포항공과대학교 산업공학과

속하며 냉장고와 비행기도 이와 유사한 비율을 가진다.

기능곡면의 설계는 기존의 알려져 있는 단위곡면을 모아서 하나의 복합곡면으로 만드는 과정으로 이루어진다.[1,2] 여기서 단위곡면이란 타원체, 원뿔등의 해석곡면(analytic surface)과 B-spline, Bezier곡면과 같은 자유곡면을 칭하며 복합곡면은 위상학적으로 연관이 없는 단위곡면들을 하나의 정의구역내에 표현한 것으로 정의되는데 일반적으로 xy평면을 정의구역으로 사용한다.

복합곡면의 산업체에서 사용되는 비율과 더불어 복합곡면의 기능적인 측면뿐만 아니라 감성적인 면 또한 크게 부각되는 것이 현재의 추세이며 이러한 요구에 부응할 수 있는 복합곡면의 모델링 및 가공방법에 대한 연구의 필요성이 증대되고 있다.

본 논문에서는 클레이모델의 생성과정이 없이 제품 설계자가 2D 경계곡선과 단위곡면을 기초로 하여 대화식으로 컴퓨터로 자유곡면, 해석곡면등으로 이루어진 복합곡면 모델을 설계하고 모델의 금형제작을 위한 공구경로를 생성할 수 있는 연구를 수행하였다. 두개의 단위곡면이 주어졌을 때 xy평면상에 투영된 경계곡선을 이용하여 복합곡면을 형성하는 방법과 이것을 확장한 여러 개의 단위곡면이 포함된 복합곡면의 형성에 대하여 2장에 기술하였고 3장에서는 복합곡면 형성의 기초가 되는 단면경계곡선에 대하여 서술하였다. 4장에서는 단위곡면간의 혼합함수를 정의하는 방법을 기술하였고 이를 기초로 생성된 복합곡면을 렌더링이나 공구경로 생성에 활용하기 위한 Z-map을 구성하는 방법이 5장에 수록되어 있다. 6장에서는 시스템의 구현 및 예를 수록하였고 결론부분인 7장에서는 추후 연구방향을 제시하였다.

2. 복합곡면의 설계

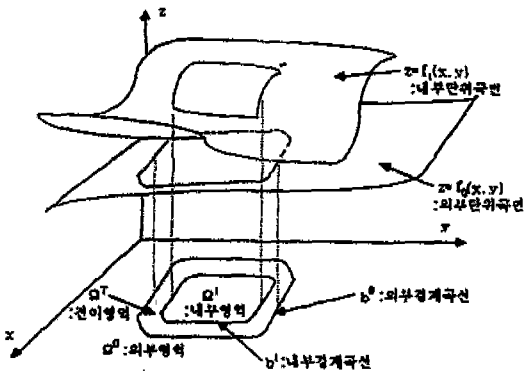
본 논문에서 생성되는 복합곡면은 정의구역을 xy평면으로 하는 $z = f(x,y)$와 같은 함수 형태로 복합곡면을 생성한다.

먼저 두개의 단위곡면($f_0(x,y)$, $f_1(x,y)$)과 두개의 2D경계곡선이 주어졌을 때 이들을 사용하여 하나의 복합곡면을 만드는 방법[2]을 살펴보자. 복합곡면 $g_1(x,y)$는 다음과 같이 정의될 수 있다. (Fig. 2.1(a) 참조)

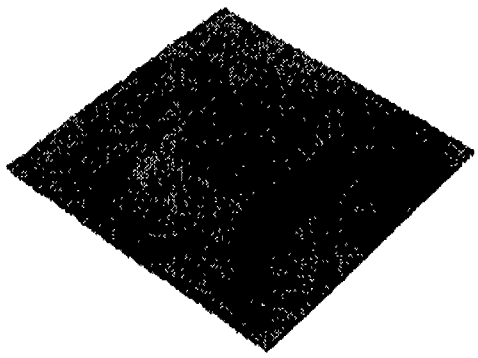
$$g_1(x,y) = (1-\Phi(x,y))f_0(x,y) + \Phi(x,y)f_1(x,y)$$

$$where\ \Phi(x,y) = \begin{cases} 0 & if(x,y)\in\Omega^0 \\ \in(0,1) & if(x,y)\in\Omega^T \\ 1 & if(x,y)\in\Omega^1 \end{cases} \qquad (2.1)$$

정의구역내의 한점(x,y)이 Ω^0의 영역에 속하면 이때의 z값은 첫번째 곡면 $f_0(x,y)$의 값을 취하고 Ω^1의 영역에 속하면 두번째 곡면 $f_1(x,y)$상의 z값을 취한다. 내부경계곡선 b'와 그것을 옵셋하여 생성한 외부경계곡선 b^0사이의 영역 Ω^T를 전이영역으로 두어 만일 한점(x,y)가 전이영역 Ω^T에 들게 되면 혼합함수 Φ의 값에 따라서 두개의 단위곡면을 혼합하여 z값을 계산한다. 이렇게 두개의 단위곡면과 두개의 경계곡선이 주어지고 혼합 함수를 적절히 정의하면 두개의 단위곡면이 병합된 하나의 복합곡면을 만들 수 있다. (Fig. 2.1(b) 참조)



(a)



(b)

Fig. 2.1 복합곡면의 생성

복합곡면의 형성과정은 단위곡면을 현재의 복합곡면에 하나씩 더해 가는 과정이다. 즉 2개의 단위곡면으로 식 2.1을 이용하여 복합곡면을 만들고 다시 이 복합곡면을 하나의 단위곡면으로 생각하고 반복하여 다른 단위곡면과 병합하는 형태를 취하면 여러 개의 단위곡면들이 포함되는 복합곡면도 쉽게 나타낼 수 있다.

첫번째단위곡면 + 두번째단위곡면 +2개의 경계곡선 = 복합곡면(2)

복합곡면(2) + 세번째단위곡면 +2개의 경계곡선 = 복합곡면(3)

.....

복합곡면(n-1) + n번째 단위곡면 +2개의 경계곡선 = 복합곡면(n)

:( )는 복합곡면에 들어있는 단위곡면의 갯수

예를 들어, Fig. 2.2의 경계곡선들을 단계적으로 설계해 나가면 Fig. 2.3의 복합곡면을 얻을 수 있다. 여러 개의 단위곡면을 포함하는 복합곡면의 설계는 다음과 같은 재귀적인 식으로 나타낼 수 있다.

$$g_i(x,y) = (1-\Phi_i(x,y))g_{i-1}(x,y) + \Phi_i(x,y)f_i(x,y)$$
$$where\ 1 \le i \le n,\ g_0(x,y) = f_0(x,y) \qquad (2.2)$$

복합곡면 모델링에 의해서 생성된 복합곡면 모델은 평면, 구, 자유곡면 등의 단위곡면식과, 곡면식의 함수값을 가질 수 있는, xy평면위의 2D 경계곡선으로 분리된 영역들로 이루어져 있다. 형상의 렌더링이나 가공을 위한 공구경로 생성에 복합곡면을 이용하기 위해서는 복합곡면 모델로서는 부족하고 컴퓨터가 알 수 있는 이산화된 데이타가 필요하다. 본 연구에서는 공구경로 생성을 위하여 xy평면상의 격자(x, y)에 대응하는 이산화

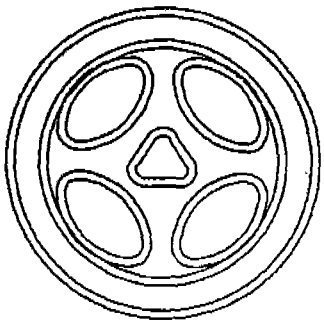
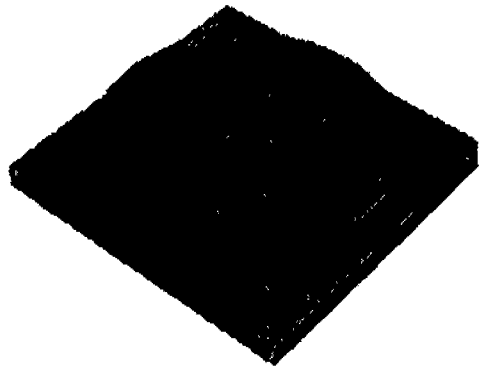
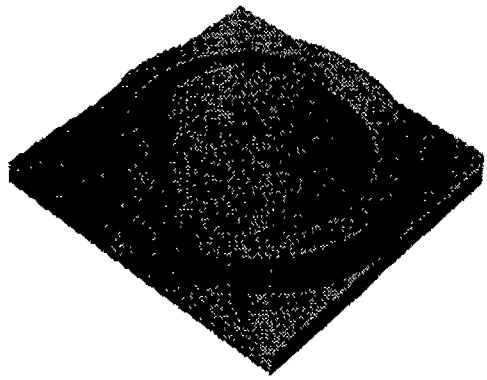


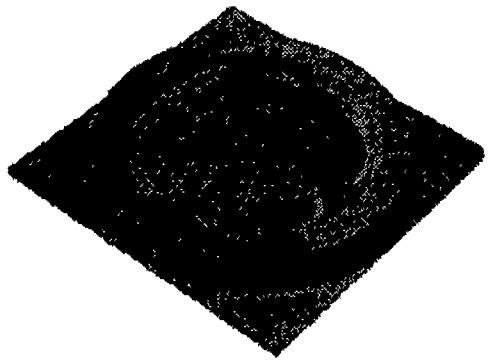
Fig. 2.2 단면도



(a)



(b)



(c)

Fig. 2.3 복합곡면의 설계과정

된 z값을 저장하는 Z-map을 사용한다. 복잡한 곡면식으로 표현되는 계산모형보다 Z-map은 훨씬 많은 데이타 저장공간을 필요로 하지만 데이타구조가 단순하고 사용에 편리한 장점이 있다. 특히 본 시스템이 2D 단면 폐곡선을 이용한 복합곡면의 설계로 3차원가공을 위한 시스템이기 때문에 Z-map의 데이타구조와 적절히 들어맞는다고 볼 수 있겠다. Z-map으로부터 생성되는 공구경로는 곡면위의 점을 지나는 CC(cutter contact)데이타이다. CL(cutter location)데이타를 생성하기 위해서는 역옵셋(inverse offset)기법을 사용하여 옵셋곡면을 구하고 이로부터 공구경로를 생성하는데 역옵셋기법의 특성에 의하여 과절삭이 일어나지 않는 공구경로를 생성할 수 있다.[3] Fig. 2.4는 Fig. 2.3의 복합곡면을 가공하기 위한 공구경로를 나타낸다.

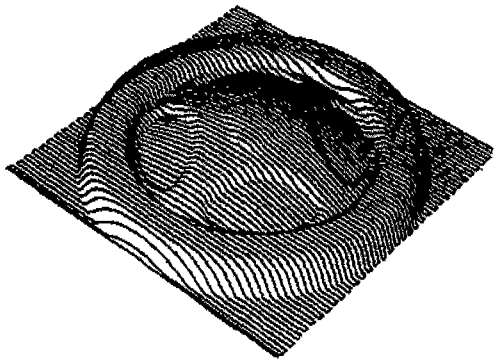


Fig. 2.4 CL 공구경로

3. 2D 경계곡선의 설계

2D 경계곡선은 복합곡면 형성의 기초가 되는 부분이다. 내부경계곡선과 이를 옵셋하여 생성되는 외부경계곡선에 의하여 내부 및 외부 단위곡면이 영향을 미치는 영역이 각각 결정되는데, 3D 단위곡면의 설계와 함께 2D 경계곡선의 설계의 폭은 제품설계자의 의도를 CAD로 전환시키는데 중요한 요소가 될 수 있다. 따라서 본 연구에 의해 개발된 복합곡면 설계시스템에서는 다양한 2D 경계곡선과 함께 그들의 옵셋곡선을 제공한다.

3.1 다각형의 설계와 옵셋

매끄럽고 부드러운 느낌을 가지는 제품들의 디자인 특성과 제품의 금형제작시 응력집중을 피하기 위하여 다각형의 라운딩 호를 넣어 경계곡선을 설계한다. 라운드된 다각형에서 호와 직선성분은 접하는 위상을 가지는데 그 위상을 변화시키지 않고 옵셋한다. 만일 Fig. 3.1과 같이 원래의 호와 단면 곡선이 같은 방향이면 옵셋한 호는 원래호의 반지름에다 옵셋을 더한 반지름을 가지고 Fig. 3.2와 같이 호와 폐곡선이 반대방향을 가지면 옵셋 호의 반지름은 원래호의 반지름에다 옵셋을 뺀 반지름을 가진다.[4]

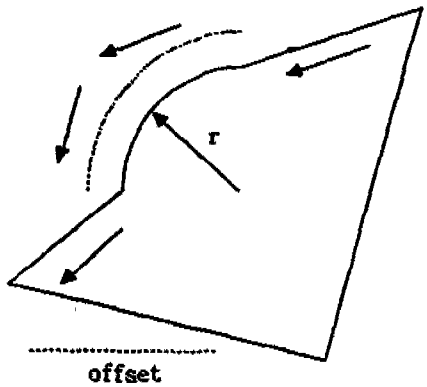


Fig. 3.1 호와 단면곡선의 방향이 일치하는 다각형

3.2 NUB곡선의 설계와 옵셋

NUB곡선은 곡선피팅(fitting)기법에 의하여 구하여진다. 즉 화면상에서 데이타 점들을 입력하면 주어진 점들을 지나는 NUB곡선의 파라미터 즉, 제어점과 knot span을 구할 수 있다. 양 끝점이 열려있는 일반 NUB곡선의 피팅과는 달리 양끝점이 연결되어 있기 때문에 끝점에서의 탄젠트값이 필요없이 입력점에 의해서만 NUB곡선이 결정된다.

NUB곡선의 옵셋과정은 다음과 같다. 먼저, 효율적인 적응분할(subdivision)을 위해 Boehm의 knot insertion 알고리듬을 이용하여 NUB곡선을 Bezier곡선선분으로 변환한 후, 이들 Bezier 곡선성분들을 주어진 근사오차 범위내에서 적응분할하여 근사 다각형을 만든다. 옵셋때 발생하는 루프를 적절히 제거할 수 있는 옵셋툴에 따라 근사 다각형에 대한 옵셋을 하고 반시계의 방향성을 가지는 유효한 옵셋 루프(loop)와는 달리 시계방향으로 발생하는 불필요한 옵셋루프를 제거

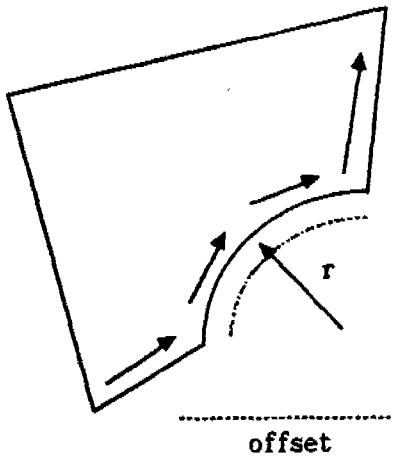


Fig. 3.2 호와 단면곡선의 방향이 반대인 다각형

하여 최종 옵셋형상을 얻는다.

1) NUB to Bezier 변환

NUB곡선을 다각형으로 근사하기 위한 전단계로 NUB곡선을 Bezier곡선으로 전환한다. Boehm의 knot insertion 알고리듬은 다음과 같은 재귀적인 관계식을 가진다.[5,6]

$$b_{j+d}^{m}(u) = a_j^m(u)b_{j+d}^{m-1}(u) + (1-a_j^m(u))b_{j+1-1}^{m-1}(u); 0 \le u \le 1 \quad (3.1)$$

$$where,\ a_j^m(u) = (\nabla_i + \nabla_j^{i-j})/\nabla_j^{d-m+1}\ \ for\ i-d+m \le j \le i$$

$$b_j^0 = V_j,$$

$$d: \text{degree of } B\text{-spline curve},$$

$$m: \text{knot multiplicity}(1 \le m \le d),$$

$$\nabla_j^k = \nabla_j + \nabla_{j+1} + \ldots + \nabla_{j+k-1}.$$

위의 관계식을 이용하여 NUB의 제어점들과 knot span들로부터 Bezier 제어점들을 구할 수 있다. u의 값이 0와 1인 3차 B-spline곡선에서 knot insertion 알고리듬은 다음과 같이 풀이된다.

$$b_{j+3}^{m}(0) = a_j^m(0)b_{j+3}^{(0)} + (1-a_j^m(0))b_{j+2}^{m-1}(0) \quad (3.2)$$

$$b_{j+3}^{m}(1) = a_j^m(1)b_{j+3}^{m-1} + (1) + (1-a_j^m(1))b_{j+2}^{m-1}(1) \quad (3.3)$$

$$where,\ a_j^m(0) = \nabla_j^{i-j}/\nabla_j^{4-m},$$

$$a_j^m(1) = (\nabla_i + \nabla_j^{i-j})/\nabla_j^{b\cdot 4-m},\ \ for\ i-3+m \le j \le i.$$

식 3.2와 식 3.3을 써서 de Boor 점들이 구해지고 해당되는 de Boor 점들중 다음과 같은 4개의 점이 Bezier 제어점이 된다.

$$Z_0 = b_{i+2}^2(0),\ \ and\ \ Z_1 = b_{i+2}^1(0) \quad (3.4)$$

$$Z_2 = b_{i+2}^1(1),\ \ and\ \ Z_3 = b_{i+3}^2(1).$$

하나의 3차 NUB곡선선분에 대하여 Bezier 곡선선분 하나가 생긴다. n개의 NUB제어점이 있을 때 3차 NUB곡선선분의 갯수는 n-2개이고 변환된 n-2개의 Bezier 곡선선분들을 구성하는 Bezier곡선의 제어점의 갯수는 3 * (n-2)+1이 된다.

2) Bezier곡선의 적응분할

xy평면상의 한 직선이 있을 때 Bezier곡선과 한 직선과 거리는 다음과 같이 나타난다.

직선의 식: $ax + by + c = 0,\ a^2 + b^2 = 1$

한점에서 직선사이의 거리:

$$d(x_i, y_i) = ax_i + by_i + c \quad (3.5)$$

Bezier 곡선:

$$b(u) = \sum_{i=0}^{n} V_i B_i^n(u) \quad (3.6)$$

Bezier곡선에서 직선까지 거리:

$$d(u) = \sum_{i=0}^{n} d_i B_i^n(u),\ \ d_i = d(x_i, y_i) \quad (3.7)$$

Fig. 3.3과 같이 3차 Bezier 곡선의 양끝점을 연결하는 직선을 긋는다면 d_0, d_3의 값이 0이 되므로 Bezier곡선과 직선과의 거리는 다음과 같이 된다.

$$d(u) = 3u(1-u)((1-u) * d_1 + u * d_2) \quad (3.8)$$

식 3.8은 3차식이므로 극점을 구하면 직선까지의 최대 거리를 구할 수 있는데 이 거리가 직선근사오차이다. 직선근사오차가 주어진 오차범위내에 들지 않으면 Bezier곡선의 적응분할(subdivision)을 이용하여 곡선의 모양은 변화시키지 않고 곡선선분의 수를 늘여가면서 적응분할을 한다. de Casteljau 알고리듬은 다음과 같은 관계식을 가지는데 이 관계식을 이용하여 Bezier 곡선의 적응분할을 할 수 있다.

$$b_i^r(u) = (1-u)b_i^{r-1}(u) + ub^{i+1^{r-1}}(u)$$

$$for\ \ r = 1,\ldots,n; i = 0,\ldots,n-r \quad (3.9)$$

4개의 제어점 $(b_0^0\ b_1^0\ b_2^0\ b_3^0)$을 가진 하나의 Bezier 곡선선분에 대하여 de Casteljau 알고리듬을 행하면 같은 커브 형상에 대하여 연결된 두개의 Bezier 부분곡

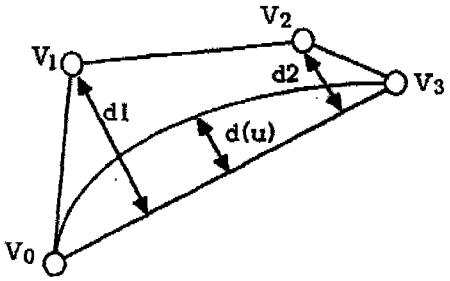


Fig. 3.3 직선근사오차

선선분 (b_0^0 b_0^1 b_0^2 b_0^3) (b_0^3 b_1^2 b_2^1 b_3^0)들을 구할 수 있다. 이러한 형태로 직선근사오차를 만족할 때까지 재귀적으로 적응분할을 수행한다.

3) 다각형화

하나의 Bezier곡선이 주어졌을 때 적응분할된 모든 부분곡선의 오차가 오차한계내에 들면 수행을 정지하고 Bezier 부분곡선의 처음과 끝의 제어점들을 연결하여 근사다각형을 구성한다. Fig. 3.4는 적응분할이 끝난 Bezier곡선의 근사다각형이다.

4) 옵셋

NUB곡선의 근사다각형내에서는 직선성분들이 반시계방향으로 연결되어 있다. 근사다각형내의 연결된 두 개의 직선성분(i, i+1번째)들을 옵셋방향인 법선방향으로 길이를 변화시키지 않고 옵셋을 한다. 만일 옵셋한 두 개의 직선성분들에 반시계방향으로 성분의 처음과 끝점이 (0,1)의 범위를 가지는 s, t 파라미터를 붙이고 성분들을 포함하는 두직선의 교점에서의 파라미터값을 살펴보면 다음과 같은 여러 가지 경우가 생긴다.

a) 0 <=s <1, 0 <=t <1 (Fig. 3.5(1))
b) 1<= s, t <0 (Fig. 3.6)
c) s <0, 0 <=t <1 (Fig. 3.5 (2))
d) 0 <=s <1, 1 <=t
e) s <0, 1 <=t

a), b)의 경우에는 두 직선의 교점으로 i번째 직선성분의 끝점과 i+1번째 직선성분의 시작점을 수정하고 c), d), e)의 경우에는 i번째 직선성분의 끝점과 i+1번째 직선성분의 시작점을 연결하는 새로운 직선성분을 옵셋 다각형에 삽입한다. c), d), e)를 위와 같이 처리하는 이유는 새로운 성분을 넣는 부분에서 생성되는 루프의 방향을 시계방향으로 만들어 루프와 함께 불필요한 부분을 제거하는데 있다.

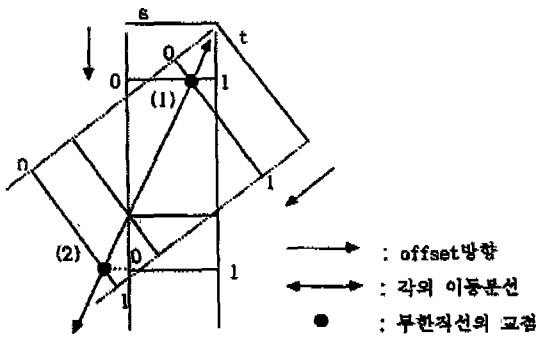


Fig. 3.5 옵셋 형상 (1)

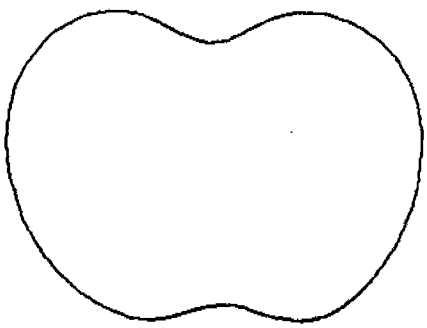


Fig. 3.4 근사다각형

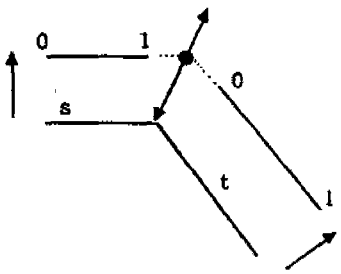


Fig. 3.6 옵셋 형상 (2)

5) 루프의 제거

옵셋 다각형은 여러 개의 루프로 구성될 수 있다. 이 중 시계방향의 루프를 제거하여 최종 형상을 만들어 낸다. (Fig. 3.7)

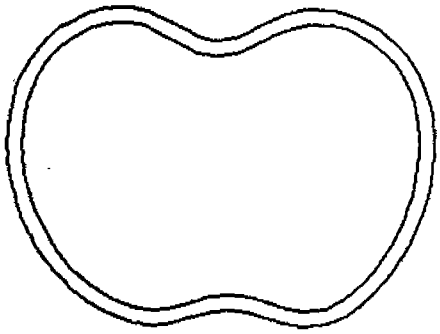
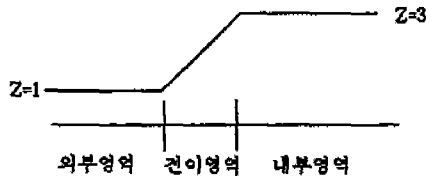
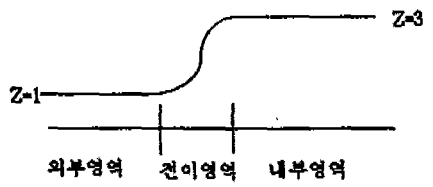


Fig. 3.7 NUB곡선과 옵셋



(a) 선형혼합



(b) Hermite 혼합

Fig. 4.2 전이영역내의 복합곡면의 변화

4. 혼합함수

Fig. 2.1의 (a)에서 내부경계곡선과 외부경계곡선사이의 영역(전이영역)은 두 개의 단위곡면이 혼합되는 영역이다. Fig. 4.1에서 도시되는 바와 같이 xy평면상의 전이영역내의 한점 P_0에서 내부경계곡선에 가장 가까운 점 P_1을 구하고 다시 P_0와 P_1을 연결한 직선을 외부 경계곡선까지 확장하여 교차하는 점 P_2를 구하면 P_1과 P_2를 P_0가 내분하는 비율 r이 현재점 P_0에서의 선형 혼합(linear blending)시의 혼합함수 ϕ(식 2.1 참조)의 함수값이 된다. 혼합방법을 달리하면 전이영역내의 곡면모양이 달라지게 된다. 예를 들어 내분비율 r

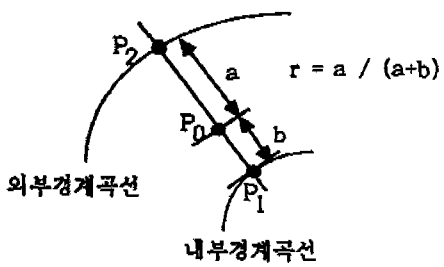


Fig. 4.1 혼합함수의 결정

을 Hermite 혼합을 사용하여 재정의하면 다음과 같이 새로운 함수값 r′를 구할 수 있다.

$$r' = f(r(x,y)) = r(3r - 2r^2), \quad 0 \le r \le 1 \qquad (4.1)$$

$f_1(x,y)=1$, $f_2(x,y)=3$의 두개의 단위곡면을 이용하여 복합곡면을 구성할 때 Fig. 4.2의 (a)는 선형 혼합시의 전이영역의 측면모양이고 (b)는 Hermite 혼합시의 모양이다.

전이영역에서의 곡면형상의 조작을 위하여 식 4.1과 같이 r을 이용하여 혼합함수를 정의하는 방법이외에 식 2.1의 복합곡면의 정의에 새로운 혼합함수를 더하는 방법이 있다.

$$g_1 = (1-r)f_0 + rf_1 + \Psi_m \qquad (4.2)$$

여기에는 새로 첨가되는 곡면수정함수 Ψ_m은 전이영역에서만 0이 아닌 값을 가지는 함수이면 된다.

5. Z-map의 구성

Z-map의 격자점 (x, y)가 주어졌을 때 복합곡면에서 해당하는 z값을 얻기 위해서는 다음과 같은 2가지 절차를 거친다.

1) 격자점의 z값에 영향을 미치는 단면영역의 결정
2) 단면영역과 연결된 단위곡면상의 z값 계산

시스템내의 데이타베이스에는 단면영역의 정보가 Fig. 5.1과 같이 트리구조로 구성되어 있다. 트리에서 모든 잎노드(leaf node)들이 하나의 단위곡면이 영향을 미치는 영역 혹은 혼합된 복합곡면에 영향을 미치는 전이영역등을 나타낸다. 레벨(level) 0에서는 내부경계곡선의 내부영역과 외부경계곡선의 외부영역에 각각 하나씩의 단위곡면이 연결되어있고 레벨 0를 제외한 모든 레벨 i에서는 내부경계곡선의 내부영역에만 단위곡면이 연결되어 있다. 이것은 복합곡면의 구성순서와 일치한다. 먼저 레벨 0에서는 두개의 단위곡면을 병합하여 하나의 복합곡면을 만들었기 때문에 2개의 단위곡면이 존재하고 그 위의 레벨에서는 기존의 복합곡면과 하나의 단위곡면을 더하여 복합곡면을 구성하였기에 하나의 단위곡면과 연결되어 있다. 복합곡면을 Z-map으로 변환하기 위해서는 Z-map의 격자점(x,y)에 대응하는 복합곡면상의 z값을 계산하여야 한다. 최종형상으로 나타나는 레벨 n의 복합곡면은 레벨 n-1까지의 복합곡면과 레벨 n에서의 단위곡면을 병합하여 만들어진다. 레벨 n의 복합곡면내의 격자점 (x,y)가 주어졌을 때 복합곡면상의 z값을 구하기 위해서는 격자점이 속한 영역을 찾는다. 만일 레벨 n의 경계곡선의 내부영역에 속하면 z값은 레벨 n의 단위곡면상의 점이고 외부영역에 속하면 레벨 n-1의 복합곡면상의 점이 되며 전이영역에 속하면 블렌딩한 값을 취한다. 여기서 레벨 n-1의 복합곡면상의 값을 알기 위해서는 위와 같은 과정을 레벨 n-1에서 되풀이 하면 된다.

복합곡면상의 z값은 트리를 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다. 최상위 레벨n에서 출발하여 격자점을 포함하는 잎노드에 도달할 때까지 단면영역구성트리를 횡형탐색한다. 잎노드이외의 노드에서는 탐색을 계속 수행

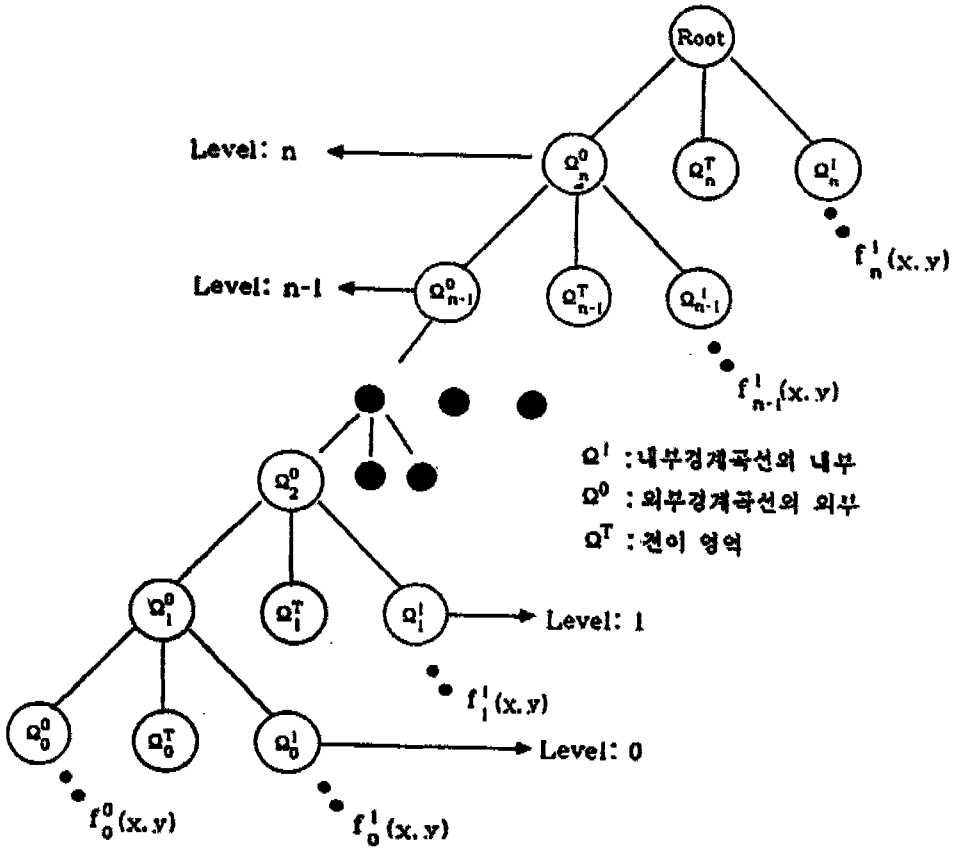


Fig. 5.1 트리구조로 표현된 단면영역

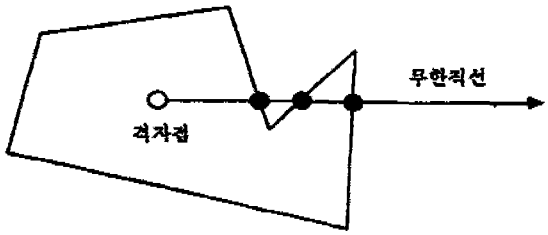


Fig. 5.2 single shot 방법을 이용한 점의 포함판별

하여야 한다. 잎노드가 속해 있는 레벨 i에서 만일 격자점이 내부영역 Ω^I에 속하면 내부영역과 관련되어 있는 단위곡면으로부터 Z-map상의 z값을 구한다. 만일 격자점이 전이영역 Ω^T에 속하면 내부영역에서 구한 z값과 현재의 레벨보다 한단계 낮은 레벨 i-1에서 정의된 복합곡면상의 z값을 블렌딩한 값을 Z-map상의 z값으로 한다. 레벨 i-1에서 출발하여 위의 과정을 재귀적으로 탐색하면 레벨 i-1에서의 z값을 구할 수 있다. 단, 격자점이 레벨 0의 외부영역 Ω^0에 속하면 관련된 단위곡면으로부터 바로 z값을 구할 수 있다.

격자점이 단면영역의 내부에 존재하는가의 결정은 single shot방법을 이용한다. Fig. 5.2와 같이 격자점에서 외부로 무한직선을 그었을 때 경계곡선과 만나는 점의 갯수가 홀수이면 내부의 점이고 짝수이면 외부의 점이 된다.

6. 시스템의 구현

본 연구를 통하여 2D 단면을 이용한 복합곡면의 설계 및 공구경로를 생성할 수 있는 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 C언어로 프로그래밍 되었으며, Sun 4/75상에서 X11윈도우시스템 환경하에서 운용된다. 시스템은 2D 단면곡선설계, 3D 단위곡면설계, 복합곡면생성, Z-map생성, 공구경로생성등의 모듈로 구성되어 있다. 단면곡선설계와 단위곡면의 설계는 인터랙티브하게 모드를 전환하면서 설계하도록 되어 있다. 다음의 예제들은 개발된 시스템을 이용하여 3차원 형상을 단계적으로 모델링하는 과정과 설계된 형상을 가공하기 위한 NC 공구경로를 보여주고 있다.

Fig. 6.1은 전화기의 본체를 복합곡면으로 모델링하는 과정을 나타낸 것이다. 본 예제에서는 평면과 Bezier곡면, 그리고 Bezier곡면의 z축으로의 옵셋곡면 등을

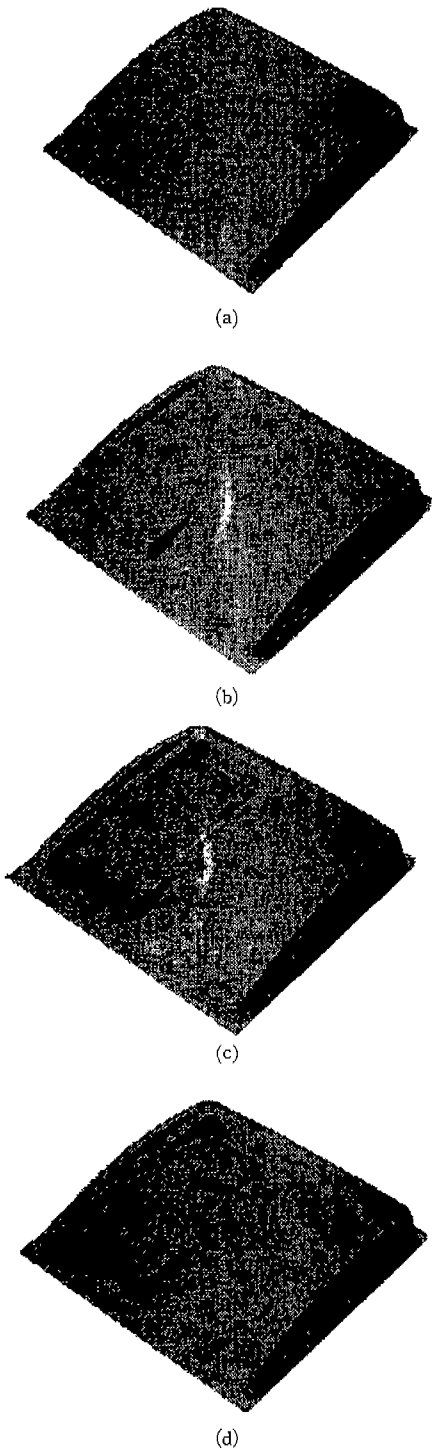
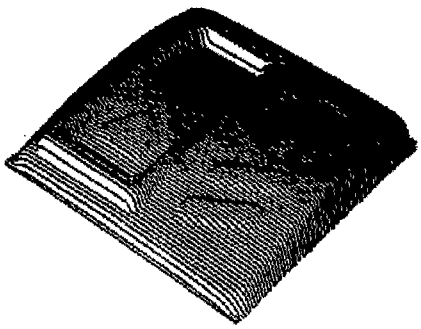


Fig. 6.1 전화기의 모델링과정과 CL 공구경로



(e)

Fig. 6.1 전화기의 모델링과정과 CL 공구경로

단위곡면으로 하여 복합곡면을 형성하였다. Fig. 6.1의 (e)는 복합곡면의 CL 공구경로를 나타낸 것이다. Fig. 6.2는 매킨토쉬 컴퓨터의 사과모양의 로고를 자유곡선과 원등을 이용하여 복합곡면 형성에 필요한 2D 단면으로 설계한 형상이다. Fig. 6.3의 (a)는 사과모양의 외부를 평면으로, 내부를 Bezier곡면으로 설계한 형상이며 이와는 반대로 외부를 Bezier곡면으로, 내부를 움푹 들어간 평면으로 설계한 것이 Fig. 6.3의 (b)이다. Fig. 6.3의 (c)는 (a)의 사과모양을 이루고 있는 Bezier곡면을 z축 방향으로 평행이동하여 복합곡면을 설계한 것이다.

7. 결론 및 추후 연구방향

본 연구에서는 자유곡선까지 수용하는 2D 경계곡선과 3D 단위곡면을 이용하여 모델링에 어려움이 많은 복합곡면을 단계적으로 설계하는 방법을 제시하였다. 그리고 설계된 형상을 가공하기 위한 NC공구경로를 자동으로 생성하는 방법을 제안하였다. 복합곡면 설계시에 제안된 접근방법을 사용하면 프레스가공 등의 응용분야에서 비교적 쉽게 복잡한 3차원 형상을 설계할 수 있으며 설계의 수정 또한 용이하다. 또한 혼합이 수행되는 전이영역이 존재함으로써 곡면간의 연결부분을 부드럽게 처리할 수 있다. 완성된 복합곡면을 Z-map데이터 형태로 전환하면 3차원 형상을 쉽게 렌더링할 수 있고, 또한 가공공정의 시뮬레이션이 용이하다. 본 연구에서 제시된 복합곡면 모델링방법은 급격히 부상하는 솔리드모델링에 비하여 정의구역이 xy평면으로 제한되는 단점이 있는 대신에 z=f(x,y)의 함수 형태를 가지는

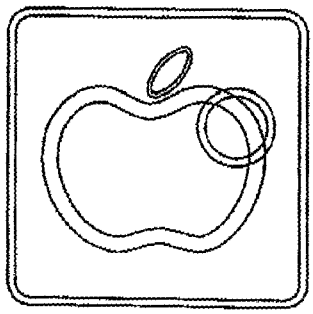
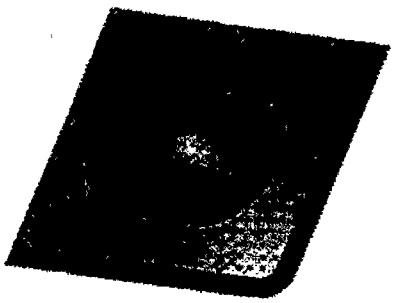
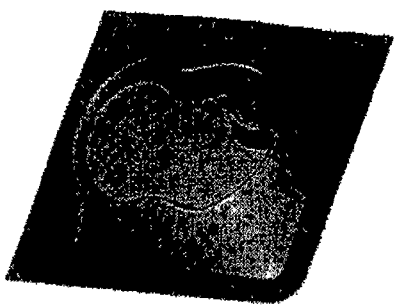


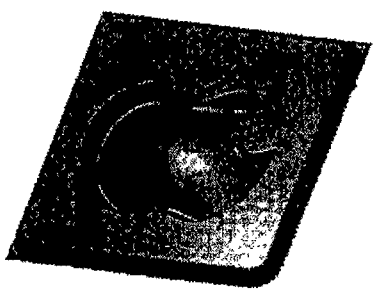
Fig. 6.2 Machintosh 컴퓨터의 로고 설계 단면



(a)



(b)



(c)

Fig. 6.3 다양한 복합곡면의 설계

모든 형태의 곡면을 표현할 수 있는 설계의 폭을 가진다.

추후 연구과제로는 전이영역에서 설계자의 의도에 따라 곡면의 형상을 변화시킬 수 있는 혼합함수의 개발과 효과적인 3D단위곡면과 2D경계곡선의 설계를 위한 user interface방법 개발 등이 있다.

참고문헌

1. B. K. Choi, C. S. Lee, J. S. Hwang and C. S. Jun, "Compound surface modeling and machining", Computer Aided Design, 20(3), 127-136(1988)
2. J. C. Cavendish and S. P. Marin, "Feature-based surface design and machining", IEEE Computer Graphics & Applications, 61-68(September 1992)
3. T. Kondo, T. Kishinami, and K. Saito, "Machining system based on inverse offset method", J. of Japan Society of Precision Engineering, 54(5), 971-976(1988)
4. W. Ronghang and J. Wenhai. "An Algorithm of the offset shape", Computer & Graphics, 15(3), 435-439(1991)
5. F. Yamaguchi, Curves and surfaces in computer aided geometric design, Springer-Verlag(1988)
6. B. K. Choi, Surface modeling for CAD/CAM, Elsevier(1991)