

2-변수 모션기반의 스위프곡면

윤승현[†]이지은[‡]동국대학교 멀티미디어공학과[†], 조선대학교 컴퓨터공학부[‡]shyun@dongguk.edu[†], jieunjadelee@gmail.com[‡]

A Sweep Surface based on Two-Parameter Motion

Seung-Hyun Yoon[†]Jieun Lee[‡]Department of Multimedia Engineering, Dongguk University[†], School of Computer Engineering, Chosun University[‡]

요약

본 논문에서는 2-변수 모션 (two-parameter motion)을 이용한 새로운 스위프곡면의 생성 및 편집기법을 제시한다. 먼저, 하나의 변수로 매개화되는 기존의 모션에서 방향곡선 (orientation curve)과 크기변환곡선 (scaling curve)을 곡면의 형태로 확장한 2-변수 모션의 개념을 소개하고, 이를 이용한 새로운 스위프곡면을 제안한다. 제안된 스위프곡면은 하나의 정점이 2-변수 모션에 적용된 결과이며, u -방향의 등위곡선 (iso-curve)이 매개변수 v 에 따라 다른 형상을 갖게된다. 또한 이에 대한 효율적인 모델링 및 편집기법은 2-변수 모션의 직관적인 제어를 통해서 이루어진다. 본 논문에서는 복잡한 형상에 대한 모델링 및 편집 실험을 통해서 제안된 기법의 효율성 및 편리성을 입증한다.

Abstract

We present a new technique for constructing a sweep surface using two-parameter motion. Firstly, a new rational B-spline motion with two parameters is introduced, which is obtained by extending its orientation curve and scaling curve to surface counterparts. A sweep surface is then defined by a single vertex v under the two-parameter motion and allows to represent different u -directional iso-curves depending on parameter v . Efficient techniques for modeling and editing the surface are achieved by intuitively controlling the two-parameter motion. We demonstrate the effectiveness of our technique with experimental results on modeling and editing a 3D propeller model.

키워드: 스위프곡면, Rational 모션, 직접제어

Keywords: Sweep Surface, Rational Motion, Direct Manipulation

1. 서론

스위핑 (sweeping) 기법은 지역좌표계 (local coordinate)에서 정의된 기하학적 객체 (geometric object)에 대하여 시간에 따른 연속적인 이동변환 (translation), 회전변환 (rotation) 그리고 크기변환 (scaling) 등을 적용하여 생성되는 체적 (volume)의 표면 (envelop)으로 3차원 형상을 표현하는 모델링 기법이다 [1, 2, 3]. 이러한 스위핑 기술을 통해 생성된 스위프곡면 (sweep surface)은 컴퓨터 그래픽스, 기하모델링 그리고 컴퓨터이용설계 등의 분야에서 효율적이고 직관적인 모델링 기법으로 널리 사용되고 있다.

스위핑의 기술 (description)에서 사용되는 이동변환, 회전변환 그리고 크기변환은 시간에 따른 연속적인 어파인 변환 (affine transformation)으로써 하나의 매개변수로 정의되는 지역좌표계의 모션 (motion) $M(v)$ 로 생각할 수 있다. 가령 단면곡선 $c(u)$ 가 모션 $M(v)$ 를 따라 변환될 때 생성되는 스위프곡면 $x(u, v)$ 는 다음과 같이 정의된다:

$$x(u, v) = M(v)c(u).$$

스위프곡면 $x(u, v)$ 는 스위핑을 기술하는 모션의 이동변환성분, 회전변환성분 그리고 크기변환성분들을 효과적으로 제어하

면 곡면의 형상에 대한 직관적인 편집이 가능하다. 그러나 이러한 스윙곡면의 경우 u -방향의 등위곡선 (iso-curve) 들은 단면 곡선 $c(u)$ 가 이동, 회전 그리고 크기변환된 일정한 형상을 갖는 제약이 있다. 단면곡선 $c(u)$ 를 곡면으로 $c_v(u)$ 로 확장하여 모션 $M(v)$ 에 적용하면 매개변수 v 에 따라 다른 형상을 갖는 u -방향의 등위곡선을 얻을 수 있지만, 모션이 적용되는 기하학적 객체를 한 차원 높이는 복잡성으로 인해 생성된 스윙곡면의 편집 및 효율적인 제어가 어려워진다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하여 자유로운 형상의 u -방향의 등위곡선을 표현함과 동시에 효율적이고 직관적인 제어가 가능한 새로운 스윙곡면을 제안한다. 이를 위해 기존의 1-변수 모션을 확장하여 새로운 2-변수 모션의 개념을 소개하고, 스윙핑의 대상이 되는 기하학적 객체를 하나의 정점으로 단순화하는 접근방법을 택한다.

본 논문의 나머지 부분은 다음과 같이 구성된다. 2절에서는 1-변수 rational 모션과 이를 이용하여 생성되는 스윙곡면에 대한 이전 연구들을 소개하고, 3절에서는 확장된 2-변수 모션의 개념과 이를 이용한 새로운 스윙곡면을 제안한다. 4절에서 본 논문에서 제안하는 새로운 스윙곡면을 위한 효율적인 편집 기술 및 직관적인 제어기술에 대하여 상세히 설명하고, 이러한 기법을 이용한 다양한 모델링 결과는 5절에서 제시된다. 끝으로 6절에서 본 논문의 결론을 맺으며 향후연구방향을 제시한다.

2. 관련연구

본 절에서는 스윙기반의 모델링 기법들과 이를 활용한 다양한 응용기술에 관련된 이전 연구들을 소개한다.

Johnstone와 Williams [4]은 스윙곡면을 생성하기 위해서 rational motion을 사용하였다. 이후 Jüttler와 Wagner [5]는 B-spline 함수로 표현되는 궤적곡선 (trajectory curve), 방향곡선 (orientation curve) 그리고 크기변환곡선 (scaling curve)을 이용한 rational B-spline motion의 개념을 소개하고, 이를 이용한 스윙곡면의 생성기법을 제안하였다. 이 기법에서 생성된 스윙곡면은 정확한 넵스 (NURBS) 곡면으로 표현이 가능하여 기존의 상용 모델링 시스템과의 효율적인 데이터 교환이 가능하다. Chang 등 [6]은 이러한 기술을 generalized cylinder 형상을 갖는 물체의 모델링 방법으로 확장하고, non-linear inversion에 기반한 target tracking 기법 [7]을 이용하여 효율적이고 직관적인 직접제어기술 (direct manipulation technique)을 제시하였다. 본 논문에서는 Jüttler와 Wagner [5]에 의해 제안된 rational B-spline motion을 2-변수로 확장하고, 이를 이용한 새로운 스윙곡면을 제안한다. 또한 Chang 등 [6]과 유사한 방법을 이용하여 제안된 스윙곡면의 효율적인 직접제어기술을 제시한다.

스윙기반의 모델링 기법에서 궤적곡선위에서 정의되는 지역좌표계 (local coordinate system)의 방향을 결정하는 것은 중요한 문제이다. 일반적인 방법으로 곡선위에서 정의되는 프

레네좌표계 (Frenet frame)를 이용한 방법들이 사용되나, 이는 곡선의 2차 미분을 이용하여 계산되기 때문에 변곡점에서 불연속성을 갖는 문제가 생긴다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 Jüttler와 Wagner [5]는 사원수 (quaternion)로 표현되는 추가적인 방향곡선의 이용하였으며, 최근 Wang 등 [8]은 궤적곡선위에서 회전을 최소화하여 생성되는 RMF (rotation minimizing frame)의 계산알고리즘을 제시하여, 이를 스윙곡면의 모델링 기법에 활용하였다.

전통적으로 스윙핑 기법은 주로 새로운 3차원 형상을 모델링하기 위하여 사용되나, 효율적이고 직관적인 특성으로 인해 이미 모델링된 3차원 형상을 편집 및 제어하기 위한 형상변형 기술로도 활용되었다. Lazarus 등 [9]은 곡선위에 정의되는 움직이는 좌표계 (moving frame)을 이용한 3차원 객체의 형상변형 기법을 제안하였고, Singh와 Fiume [10]은 Lazarus [9]의 방법을 확장하여 비대칭적 형상변형을 가능하게 하였다.

Hyun 등 [11]은 타원의 스윙핑을 이용하여 3차원 인체형상의 팔과 다리를 복원하는 기법을 제시하였으며, 스윙핑의 모션성분을 제어하여 팔과 다리의 형상을 변형하는 기법을 제안하였다. 이후 Hyun 등 [12]은 이러한 기술을 인체의 몸통까지 확장하고, 중첩된 인체의 영역에서 스윙곡면의 블렌딩 기법을 이용하여 스윙기반의 인체형상 변형기법을 제시하였고, Lee 등 [13, 14]은 스윙곡면과 추가적인 NURBS 곡면을 함께 사용하여 손, 팔꿈치, 어깨 등의 굽힘 및 돌출 등의 사실적인 형상변형을 표현하였다. Yoon과 Kim [15]은 Hyun 등 [12]의 방법을 일반화하여 3차원 객체에 대한 스윙기반의 자유형상변형 (freeform deformation) 기법을 제시하였다. 이 기법에서는 스윙곡면간의 상호작용을 통하여 다양한 제약조건을 만족하면서 형상의 제어가 가능하다. 본 논문에서 제안되는 2-변수 모션을 이용한 스윙곡면 역시 새로운 형상을 모델링하고, 동시에 기존의 형상을 제어하기 위한 효율적인 도구로 활용될 수 있다.

3. 2-변수 모션을 이용한 스윙곡면

본 절에서는 2-변수 모션 (two-parameter motion)을 이용한 새로운 스윙곡면을 제안한다. 3차원 공간에서 넵스 (NURBS)의 형태로 주어지는 궤적곡선 (trajectory curve) $t(v) = (t_x(v), t_y(v), t_z(v), t_w(v))$ 를 가정한다. 동차좌표계 (homogeneous coordinate system)를 사용할 때, 궤적곡선 $t(v)$ 에 대응되는 이동변환행렬 $T(v)$ 는 다음과 같이 계산된다:

$$T(v) = \begin{bmatrix} t_w(v) & 0 & 0 & t_x(v) \\ 0 & t_w(v) & 0 & t_y(v) \\ 0 & 0 & t_w(v) & t_z(v) \\ 0 & 0 & 0 & t_w(v) \end{bmatrix}$$

1-변수 모션의 경우, 궤적곡선 $t(v)$ 위에서 지역좌표계 (local

coordinate system)의 방향을 결정하는 사원수(quaternion)로 표현된 방향곡선(orientation curve) $\mathbf{r}(v)$ 를 사용한다. 본 논문에서는 이러한 방향곡선을 두 개의 매개변수를 이용하여 다음과 같이 확장한다:

$$\mathbf{r}(u, v) = (r_w(u, v), r_x(u, v), r_y(u, v), r_z(u, v)).$$

방향곡면 $\mathbf{r}(u, v)$ 의 회전변환행렬 $R(u, v)$ 는 다음과 같이 표현된다:

$$R(u, v) = \begin{bmatrix} r_{11}(u, v) & r_{12}(u, v) & r_{13}(u, v) & 0 \\ r_{21}(u, v) & r_{22}(u, v) & r_{23}(u, v) & 0 \\ r_{31}(u, v) & r_{32}(u, v) & r_{33}(u, v) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \delta(u, v) \end{bmatrix},$$

여기서 $\delta = r_w^2 + r_x^2 + r_y^2 + r_z^2$, $r_{11} = r_w^2 + r_x^2 - r_y^2 - r_z^2$, $r_{12} = 2(r_x r_y - r_w r_z)$, $r_{13} = 2(r_x r_z + r_w r_y)$, $r_{21} = r_x r_y + r_w r_z$, $r_{22} = r_w^2 - r_x^2 + r_y^2 - r_z^2$, $r_{23} = 2(r_y r_z - r_w r_x)$, $r_{31} = 2(r_x r_z - r_w r_y)$, $r_{32} = 2(r_y r_z + r_w r_x)$, $r_{33} = r_w^2 - r_x^2 - r_y^2 + r_z^2$ 이다.

방향곡면과 유사하게 두 개의 매개변수를 이용한 크기변환곡면 $\mathbf{s}(u, v) = (s_x(u, v), s_y(u, v), s_z(u, v), s_w(u, v))$ 를 정의하면 대응되는 크기변환행렬 $S(u, v)$ 는 다음과 같다:

$$S(u, v) = \begin{bmatrix} s_x(u, v) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & s_y(u, v) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_z(u, v) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & s_w(u, v) \end{bmatrix}.$$

궤적곡선 $\mathbf{t}(v)$, 방향곡면 $\mathbf{r}(u, v)$ 그리고 크기변환곡면 $\mathbf{s}(u, v)$ 를 이용하여, 두 개의 매개변수로 표현되는 모션 $M(u, v)$ 는 다음과 같이 정의된다:

$$M(u, v) = T(v)R(u, v)S(u, v) = \begin{bmatrix} s_x t_w r_{11} & s_y t_w r_{12} & s_z t_w r_{13} & s_w t_x \delta \\ s_x t_w r_{21} & s_y t_w r_{22} & s_z t_w r_{23} & s_w t_y \delta \\ s_x t_w r_{31} & s_y t_w r_{32} & s_z t_w r_{33} & s_w t_z \delta \\ 0 & 0 & 0 & s_w t_w \delta \end{bmatrix}.$$

그림 1은 두 개의 매개변수를 이용한 확장된 모션의 예를 나타낸다. 그림 1(a)는 매개변수 $v = v_0$ 에 대하여 궤적곡선상의 지역좌표계의 위치 $\mathbf{t}(v_0)$ 와 초기자세 $\mathbf{r}(0, v_0)$ 를 나타내고, 그림 1(b)는 매개변수 $0 \leq u \leq 1$ 에 대하여 연속적으로 바뀌는 지역좌표계 $M(u, v_0)$ 의 y 축과 z 축을 표현한 결과이다. 모션의 방향성분이 두 개의 매개변수로 표현되었기 때문에 궤적곡선의 고정된 위치 $\mathbf{t}(v_0)$ 에서 u -방향으로 지역좌표계의 방향이 변하게 된다.

본 논문에서 제안하는 스윙곡면은 위에서 소개한 2-변수 모

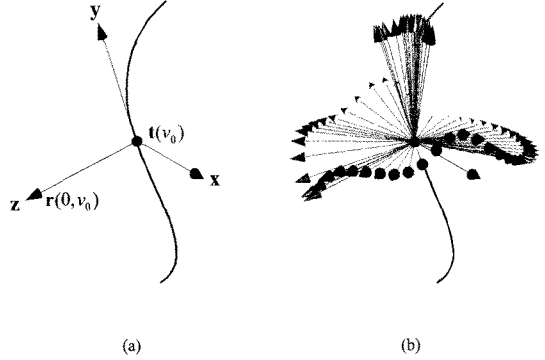


그림 1: 두 개의 매개변수를 이용한 모션: (a) 매개변수 $(0, v_0)$ 에 대응되는 지역좌표계 $M(0, v_0)$, (b) 2-변수 확장모션 $M(u, v_0), 0 \leq u \leq 1$.

션을 이용하여 다음과 같이 정의된다:

$$\mathbf{x}(u, v) = M(u, v)\mathbf{p},$$

여기서 $\mathbf{p} = [p_x \ p_y \ p_z \ 1]^T$ 는 지역좌표계(local coordinate system)에서 정의된 하나의 정점이다. 즉 2-변수 모션을 하나의 정점에 적용할 때, 변환되는 정점들은 스윙곡면을 생성한다. 그림 2는 z 축상의 한점 $\mathbf{p} = [0 \ 0 \ 1 \ 1]^T$ 을 2-변수 모션에 적용할 때 생성되는 스윙곡면의 형상을 나타낸다. 그림 2(b)와 같이 2-변수 모션을 이용하여 생성된 스윙곡면 $\mathbf{x}(u, v)$ 는 u -방향의 등위곡선의 형상이 매개변수 v 의 값에 따라 달라지는 것을 확인할 수 있다.

4. 2-변수 모션을 이용한 스윙곡면의 편집 및 직접제어

곡선이나 곡면 등의 기하학적 객체에 1-변수 모션을 적용하여 생성된 스윙곡면은 모션을 구성하는 궤적곡선, 방향곡선 또는 크기변환곡선의 제어를 통하여 곡면의 형상을 편집할 수 있으며, 또한 기하학적 객체 자체의 형상을 제어함으로써 생성된 스윙곡면의 형상을 편집할 수 있다. 그러나 이러한 접근법은 모델링 과정에서 사용자에게 의해 주어지는 편집변위를 모션성분들과 기하학적 객체에 적절히 분배해야 하는 어려움으로 인해, 결과적으로 스윙곡면의 편집 및 직접제어 매커니즘의 복잡도를 증가시킨다 [6, 15].

본 논문에서 제안한 스윙곡면은 스윙평의 대상이 되는 기하학적 객체를 정점의 형태로 단순화 하는 대신에 모션을 두 개의 매개변수로 확장하여 표현함으로써 복잡한 3차원 형상을

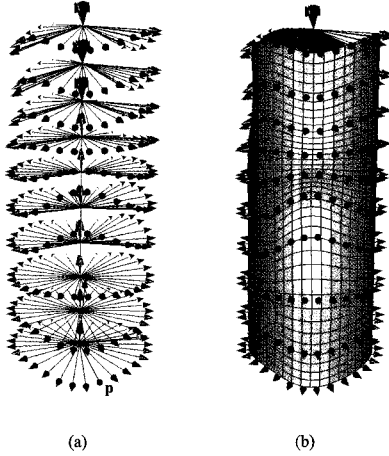


그림 2: 2-변수 모션에 의해 생성되는 스웩곡면: (a) z축상의 한 점 p에 적용되는 2-변수 모션, (b) 생성된 스웩곡면 x(u, v).

표현할 수 있다. 이러한 기하학적 객체의 단순화는 스웩곡면의 편집 및 직접제어 기법을 2-변수 모션의 제어에 관한 문제로 축소시킨다. 본 절에서는 2-변수 모션에 대한 효율적인 제어 기법을 이용하여 제안된 스웩곡면을 위한 직관적인 편집 및 직접제어 기법을 소개한다.

2-변수 모션을 구성하는 궤적곡선, 방향곡면 그리고 크기 변환곡면에 대한 제어를 통하여 생성된 스웩곡면의 형상은 편집될 수 있다. 그림 3은 궤적곡선의 제어를 통한 스웩곡면의 편집 과정을 보여준다. 그림 3(a)에서 사용자는 스웩곡면위의 임의의 점 $\mathbf{p} = \mathbf{x}(u_0, v_0)$ 를 선택하여 $\hat{\mathbf{p}}$ 으로 움직인다. 점 \mathbf{p} 의 편집변위 $\Delta\mathbf{p}$ 의 이동성분 $\Delta\mathbf{t} = \hat{\mathbf{p}} - \mathbf{p}$ 는 B-spline 곡선의 직접제어 기법 [2]을 이용하여 궤적곡선위의 점 $\mathbf{t}(v_0)$ 를 $\mathbf{t}(v_0) + \Delta\mathbf{t}$ 로 변경시킨다. 그림 3(b)는 변경된 궤적곡선에 의해 편집된 스웩곡면의 형상을 나타낸다.

그림 4는 편집변위 $\Delta\mathbf{p}$ 의 크기성분 $\Delta\mathbf{s} = \hat{\mathbf{p}} - \mathbf{p}$ 를 모션의 크기 변환곡면 $\mathbf{s}(u_0, v_0)$ 에 B-spline 곡면의 직접제어방식 [2]을 적용한 결과이다. 이러한 경우 궤적곡선의 제어와는 달리 국소적인 부분에서 변형된 결과를 얻을 수 있다.

모션의 성분 중에서 사원수로 표현된 방향곡면 $\mathbf{r}(u, v)$ 는 다음과 같은 과정을 통해서 제어된다. 사용자가 스웩곡면위의 임의의 $\mathbf{p} = \mathbf{x}(u_0, v_0)$ 를 $\hat{\mathbf{p}}$ 의 위치로 움직일 경우, 이러한 편집변위 $\Delta\mathbf{p}$ 에 대응되는 회전변위 $\Delta\mathbf{q}$ 는 다음과 같이 결정된다:

$$\Delta\mathbf{q} = \left(\cos \frac{\theta}{2}, \sin \frac{\theta}{2} \hat{\omega} \right),$$

여기서 $\hat{\omega}$ 은 궤적곡선위의 점 $\mathbf{t}(v_0)$ 에서 각각 점 \mathbf{p} 와 $\hat{\mathbf{p}}$ 으로 향하는 두 벡터의 외적을 정규화한 방향이며, θ 는 두 벡터 사이의 각도를 나타낸다. 그림 5는 편집변위에서 회

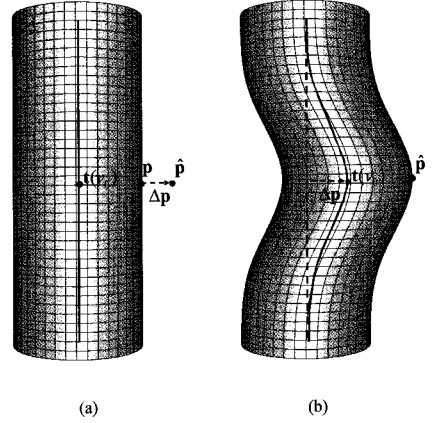


그림 3: 궤적곡선의 제어를 통한 스웩곡면의 편집: (a) 곡면위의 선택된 점 p와 편집변위 $\Delta\mathbf{p}$, (b) 편집된 스웩곡면.

전변위를 구하는 과정을 나타낸다. 방향곡면위의 점 $\mathbf{q} = \mathbf{r}(u_0, v_0) / \|\mathbf{r}(u_0, v_0)\|$ 는 회전변위 $\Delta\mathbf{q}$ 가 곱해진 새로운 사원수 값 $\hat{\mathbf{q}} = (\Delta\mathbf{q})\mathbf{q}$ 을 가져야 한다. 그러므로 편집변위 $\Delta\mathbf{p}$ 의 회전성분은 $\Delta\mathbf{r} = \hat{\mathbf{q}} - \mathbf{q}$ 이 되고, 방향곡면 $\mathbf{r}(u_0, v_0)$ 에 대하여 B-spline 곡면의 직접제어방식 [2]을 통하여 스웩곡면을 원하는 자세로 제어할 수 있다. 그림 6은 이러한 방향곡면의 제어를 통하여 스웩곡면의 형상을 변형한 결과를 나타낸다. 변형된 스웩곡면은 u-방향의 등위곡선이 매개변수 v값에 따라서 다른 형상을 갖게 된다.

일반적으로 사용자에게 의해 편집된 변위 $\Delta\mathbf{p}$ 는 위에서 언급한 이동성분 $\Delta\mathbf{t}$, 크기성분 $\Delta\mathbf{s}$ 그리고 회전성분 $\Delta\mathbf{r}$ 로 구분되어 여러가지 조합으로 스웩곡면의 편집을 위해 동시에 적용될 수 있다. 가령, 그림 5의 경우 편집변위 $\Delta\mathbf{p}$ 는 회전성분 $\Delta\mathbf{r}$ 와 크기성분 $\Delta\mathbf{s} = \hat{\mathbf{p}} - \mathbf{p}'$ 로 분해될 수 있으며, 이 경우 크기성분 $\Delta\mathbf{s}$ 는 이동성분 $\Delta\mathbf{t}$ 로 선택적으로 대체되어 궤적곡선의 제어에 사용될 수 있다.

5. 실험결과

본 논문에서 제안된 2-변수 모션을 이용한 스웩곡면의 편집 및 직접제어기술은 표 1에 명시된 환경에서 C++언어로 구현되었다. 그림 7은 실린더 형상의 스웩곡면에 대하여 본 논문

표 1: 실험환경

CPU	Intel(R) Core(TM)2 Duo
Memory	2.98 GB
VGA	NVIDIA GcForce 8800GS

에서 제안한 2-변수 모션의 제어기법을 이용하여 편집된 다양

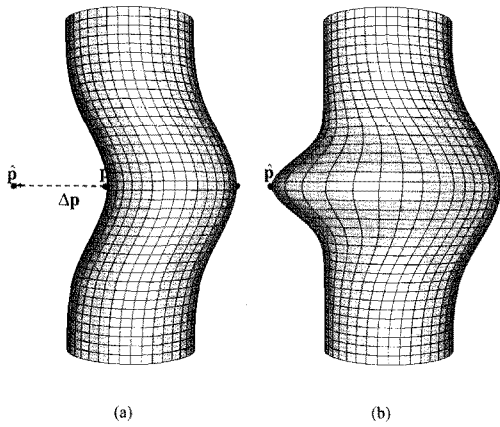


그림 4: 스케일곡면의 제어를 통한 스윙곡면의 편집: (a) 곡면위의 선택된 점 p 와 편집변위 Δp , (b) 편집된 스윙곡면.

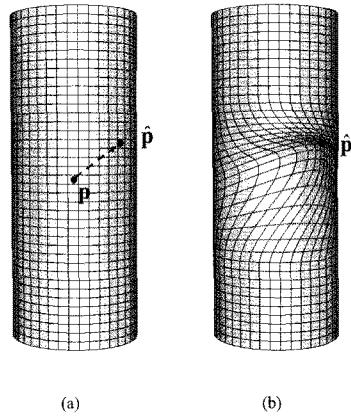


그림 6: 방향곡면의 제어를 통한 스윙곡면의 편집: (a) 곡면위의 선택된 점 p 와 편집변위 Δp , (b) 편집된 스윙곡면.

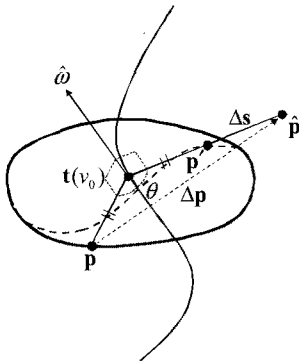


그림 5: 편집변위의 회전성분과 크기성분.

한 형상변형의 결과를 나타낸다. 그림 7(a)는 초기 실린더 형상의 스윙곡면에서 선택된 4개의 정점에 대한 사용자의 편집변위를 나타내고, 그림 7(b)는 이러한 편집변위를 크기변환곡면 $s(u, v)$ 에 적용하여 4개의 깃을 갖는 프로펠러 형상으로 편집된 스윙곡면을 나타낸다. 그림 7(c)는 프로펠러의 2개의 깃에서 선택된 정점의 편집변위를 나타내고, 그림 7(d)는 편집변위에서 회전변위를 계산하고 이를 방향곡면 $r(u, v)$ 에 적용한 결과이다. 끝으로 그림 7(e)와 (f)는 프로펠러의 4개의 깃에서 정점을 선택하여, 각각의 정점을 표시된 축과 방향으로 회전하여 생성된 회전변위를 방향곡면 $r(u, v)$ 에 적용하여 편집된 스윙곡면의 형상을 나타낸다. 이와 같이 곡면상의 임의의 점을 중심으로 주변형상에 꼬임 (twisting) 효과를 주는 편집기법은 기존의 편집기법들로는 표현하기 매우 어렵고 복잡한 효과이며, 본 논문에서 제안한 기법은 이러한 편집효과를 2-변수 모선의 방향곡면을 제어함으로써 매우 쉽고 효율적으로 지원할

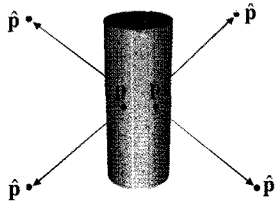
수 있다.

6. 결론

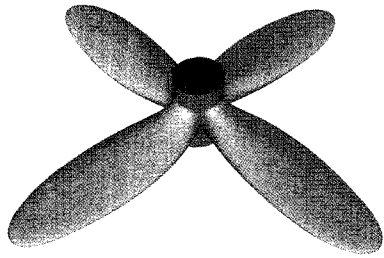
본 논문에서는 기존의 1-변수 모선의 성분 중에서 방향곡선과 크기변환곡선을 곡면의 형태로 확장하여 2-변수 모선의 개념을 소개하였으며, 이를 이용하여 스윙곡면의 새로운 표현법을 제시하였다. 제안된 기법은 모선이 적용되는 기하객체를 정점의 형태로 최대한 단순화하여, 스윙곡면의 형상제어 문제를 2-변수 모선의 편집 및 제어기술로 변환하고 이에 대한 직관적이고 효율적인 알고리즘을 제시하였다. 사용자에게 의해 편집된 변위는 2-변수 모선의 이동성분, 회전성분 및 크기변환성분으로 분해되어 선택적으로 다양한 조합에 의해 스윙곡면의 편집을 가능하도록 하였다. 특히, 방향곡면에 대한 편집 및 직접제어 기술은 기존의 편집기법으로는 매우 어렵고 복잡한 다양한 효과들을 직관적이고 효율적으로 생성할 수 있었다. 본 연구에서 제안된 기법은 스윙곡면의 모델링을 위한 실시간 편집 및 제어기술로 활용될 수 있을 것으로 기대되며, 향후 연구계획으로는 2-변수 모선을 구성하는 성분곡선과 곡면을 계층적 B-spline의 형태로 확장하여, 다단계 편집 및 제어가 가능한 스윙곡면의 모델링 기술을 연구하고자 한다.

감사의 글

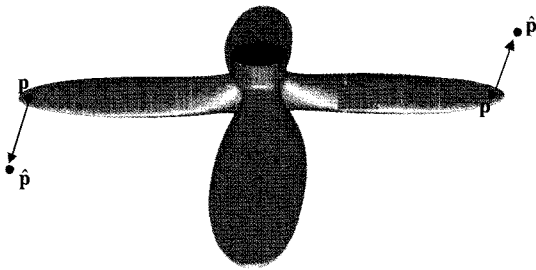
이 논문은 2009학년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음



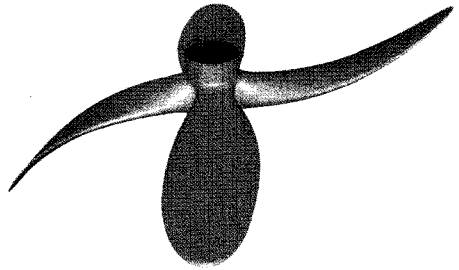
(a)



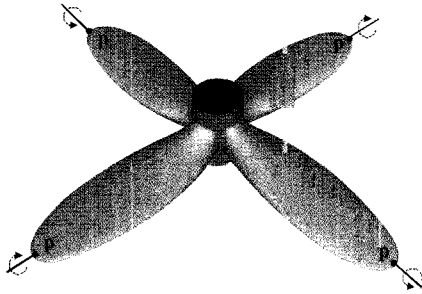
(b)



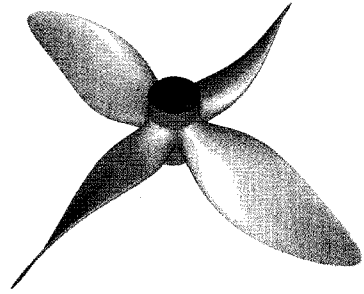
(c)



(d)



(e)



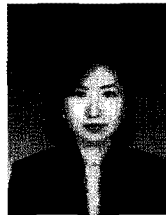
(f)

그림 7: 2-변수모선의 제어를 통한 스윙곡면의 다양한 편집결과.

참고 문헌

- [1] G. Farin, *Curves and Surfaces for CAGD*, 5th ed. Academic Press, 2002.
- [2] L. Piegl and W. Tiller, *The NURBS Book*, 2nd ed. Springer, 1997.
- [3] D. Salomon, *Curves and Surfaces for Computer Graphics*. Springer, 2006.
- [4] J. Johnstone and J. Williams, "A rational model of the surface swept by a curve," *Computer Graphics Forum*, vol. 14, no. 3, pp. 77-88, 1995.
- [5] B. Jüttler and M. Wagner, "Computer aided design with spatial rational B-spline motions," *ASME Journal of Mechanical Design*, vol. 118, pp. 193-201, 1996.
- [6] T.-I. Chang, J.-H. Lee, M.-S. Kim, and S.-J. Hong, "Direct manipulation of generalized cylinders based on B-spline motion," *The Visual Computer*, vol. 14, no. 5, pp. 228-239, 1998.
- [7] K. M. Ho, K. M. Soo, and H. S.-J., "A new approach to through-the-lens camera control," *Graphical Models and Image Processing*, vol. 58, no. 3, pp. 262-285, 1996.
- [8] W. Wang, B. Jüttler, D. Zheng, and Y. Liu, "Computation of rotation minimizing frames," *ACM Transactions on Graphics*, vol. 27, no. 1, 2008.
- [9] F. Lazarus, S. Coquillart, and P. Jancène, "Axial deformations: an intuitive deformation technique," *Computer-Aided Design*, vol. 26, no. 8, pp. 607-613, 1994.
- [10] K. Singh and E. Fiume, "Wires: a geometric deformation technique," in *Proceedings of ACM SIGGRAPH*, 1998, pp. 405-414.
- [11] D.-E. Hyun, S.-H. Yoon, M.-S. Kim, and B. Jüttler, "Modeling and deformation of arms and legs based on ellipsoidal sweeping," in *Proceedings of Pacific Graphics*, 2003, pp. 204-212.
- [12] D.-E. Hyun, S.-H. Yoon, J.-W. Chang, J.-K. Seong, M.-S. Kim, and B. Jüttler, "Sweep-based human deformation," *The Visual Computer*, vol. 21, no. 8-10, pp. 542-550, 2005.
- [13] J. Lee, S.-H. Yoon, and M.-S. Kim, "Realistic human hand deformation," *Computer Animation and Virtual Worlds*, vol. 17, no. 3-4, pp. 479-489, 2006, (Proc. Computer Animation and Social Agents'06).
- [14] J. Lee, M.-S. Kim, and S.-H. Yoon, "Patches: character skinning with local deformation layer," *Computer Animation and Virtual Worlds*, vol. 20, no. 2-3, pp. 321-331, 2009.
- [15] S.-H. Yoon and M.-S. Kim, "Sweep-based freeform deformations," *Computer Graphics Forum*, vol. 25, no. 3, pp. 487-496, 2006, (Proc. Eurographics'06).

< 저자 소개 >



이지은

- 1997년 이화여자대학교 컴퓨터공학과 공학사
- 1999년 포항공과대학교 컴퓨터공학과 공학석사
- 2007년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 공학박사
- 1999년~2002년 LG전자기술원 정보기술연구소 연구원
- 2008년~현재 조선대학교 컴퓨터공학부 조교수
- 관심분야: 컴퓨터그래픽스, 기하모델링, 멀티미디어정보처리



윤승현

- 2001년 한양대학교 자연과학대학 수학과 졸업
- 2007년 서울대학교 공과대학 컴퓨터공학과 박사
- 2007년 서울대학교 BK21 박사후 연구원
- 2007년~현재 동국대학교 영상미디어대학 멀티미디어공학과 조교수
- 관심분야: 컴퓨터그래픽스, 기하모델링