
가상 wand 스타일의 직관적인 변형을 지원하는 공간 스케치 시스템

The Intuitive Change of Virtual Wand Style in Spatial Sketch System

남상훈, Sanghun Nam*, 채영호, Youngho Chai**

요약 공간 스케치에서 그리고자 하는 모델의 종류에 따라 효율적인 입력장치가 다르게 정의될 수 있다. 범용적인 공간 스케치 시스템에서 다양한 형태의 wand 형태를 지원하여 그리고자 하는 모델 또는 모델의 특정 부분에 적합한 wand의 형태를 바꾸어 가며 사용함으로써 효율적인 공간 스케치를 수행할 수 있다. 모델을 스케치 하는 중에 wand의 형태를 변형하기 위하여 기존의 메뉴를 사용하지 않고, wand의 자세 또는 경로를 조절함으로써 wand의 타입과 형태를 바꾸는 wand 스타일을 제안하였으며, wand의 입력 데이터를 격자 기반의 드로잉 기법을 사용하여 공간 스케치 시스템에 적용하였다.

Abstract According to the target object for designer to sketch, an effective style or shape of input device can be defined differently. The general spatial sketching system that support various types of wand assist sketching effectively as changing suitable wand shape to the part of a target object. We suggest the idea of changing wand style by altering the posture of a 3D wand. This allows a designer to work in an intuitive way without being interrupted by complicated menus. We implement the various wand styles to the spatial sketching system with cubic-based drawing technique.

핵심어: *Virtual Reality, 3D Sketching, Surface Modeling, Direct Sketching*

본 연구는 2008년 교육과학기술부의 대학 특성화 지원 사업과 한국문화콘텐츠진흥원의 CT 연구소 육성사업의 연구결과로 수행되었음.

*주저자 : 중앙대학교 첨단영상대학원 박사과정 e-mail: sanghunnam@gmail.com

**공동저자 : 중앙대학교 첨단영상대학원 교수 e-mail: yhchai@cau.ac.kr

1. 서론

공간 스케치에 관한 연구는 다양한 분야에서 시도되고 있으며, 적용하고자 하는 분야와 목적에 따라 그리려고 하는 모델 또한 다양하다. 모델의 종류와 사용자의 특성에 따라 효율적인 입력 방법 또한 다르게 적용되기 때문에, 적합한 입력장치가 하드웨어 적으로 개발되고 있으며, 하드웨어의 기능에 적합하도록 소프트웨어도 특수하게 개발된다. 입력장치의 특성을 사용하여 마찰 효과를 통해 사용자의 공간 입력 오차를 줄여주기도 하며[1], 입력 장치의 모양도 사용자의 기존 작업과 익숙하게 집게 형태의 완드로 모델의 크기를 변경하거나, 붓 형태의 완드를 통해 붓질을 하여 모델을 그리기도 한다[2,3]. 완드의 형태와 기능은 공간 스케치에서의 효율성을 높여줄 수 있기 때문에, 범용적인 공간 스케치 시스템에도 여러 가지 형태의 완드 스타일을 지원하게 되면, 디자이너는 그리는 목적에 따라 적합한 완드 스타일을 결정하여 좀 더 효율적으로 모델을 스케치 할 수 있다. 하지만, 복잡한 메뉴를 사용하여 완드의 모습을 바꾸어야 한다면, 머리 속에 떠오른 아이디어를 모델링으로 연결해 나가는 데 방해가 될 수 있다. 이 연구에서는 디자이너가 완드의 형태를 변경하기 위하여 기존의 메뉴 스타일을 이용하지 않고 완드의 자세를 조절함으로 완드의 타입과 형태를 바꾸는 직관적인 완드 스타일을 제안한다.

공간 스케치 기반 모델링 시스템에서는 입력장치로부터 전달된 데이터를 이용하여 3 차원 모델을 생성해야 한다. 2 차원 평면 입력 장치를 이용하여 전달된 데이터의 경우에는 입력 데이터를 모델의 외곽선으로 인식하고 모델의 형태와 두께 정보를 추측하여 3 차원 모델을 생성하기도 하며[4,5], 3 차원 공간 입력장치를 이용하여 실제로 움직인 완드의 위치의 Point Clouds 를 이용하여 모델을 생성하기도 한다[6]. 이와 같이 완드의 형태는 점, 선, 면, 구 등 목적에 따라 여러가지 형태를 가지게 되며 완드가 움직인 경로를 이용하여 모델을 그려 나간다. 본 연구에서는 범용적인 하나의 완드를 사용하여 3 차원 입력 장치에서 얻어 질 수 있는 속성들과 완드 형태의 변형을 소프트웨어적으로 연결하여 여러가지 형태의 완드 변형 효과를 연구하였으며,

본 논문에서는 선과 면의 형태를 가지는 3 가지 완드의 종류를 설명하였다.

공간 스케치 시스템의 입력장치는 3 개의 적외선 반사 마커로 이루어진 완드와 2 개의 적외선 카메라를 이용하여 공간상의 위치정보와 자세정보를 획득하였으며, 모델이 그려지는 공간을 격자 단위로 분할하여 마칭큐브[7]와 유사하게 격자간의 입력 점의 분포와 조합의 패턴에 따라 곡면을 드로잉 하였다.

2. 공간 스케치에서 완드의 형태와 변형

2.1 완드의 형태 정의

공간 스케치 시스템에서 완드는 점, 선, 면의 형태를 가질 수 있다. 점 형태의 완드는 공간상에 하나의 점으로 표시될 수 있으며, 선 형태의 완드는 공간상에 직선 또는 곡선의 형태로 나타낼 수 있다. 직선 모양의 완드와 곡선 모양의 완드의 형태가 서로 자유롭게 변할 수 있도록, 직선과 곡선을 동시에 표현할 수 있는 Frenet-Serret formula(식 1)를 이용하여 완드를 표현하는 선을 정의하였으며, 선을 2 개의 방향으로 확장하여 면 형태의 완드를 정의하였다.

$$\begin{cases} T' = \kappa N \\ N' = -\kappa T + \tau B \\ B' = -\tau N \end{cases} \quad (1)$$

$$s(t) = \int_0^t \|r'(t)\| dt \quad (2)$$

식 1 에서 매개 변수로 사용되는 T , N , B , κ , τ 와 선을 만들기 위한 식 2 의 곡선의 길이에 관련된 매개변수인 t 의 값에 따라 완드는 여러가지 형태를 갖게 된다. 예를 들면, 직선 형태의 완드는 곡률(κ)이 0 의 값을 갖게 되며, 곡선 형태의 완드는 곡률(κ)과 비틀림률(τ)의 값에 따라 여러가지 곡선의 형태가 생성되고, 직선 또는 곡선의 길이는 t 의 값에 따라 변한다.

공간 스케치 시스템의 입력장치인 완드로부터 위치정보 (x, y, z)와 자세정보 ($\theta_x, \theta_y, \theta_z$)를 얻을 수 있으며, 완드의 움직이는 동안 과거의 완드의 위치와 현재의 완드의 위치를 이용하여 속도(v), 가속도(α), 그리고 식 3, 4 를 이용하여 완드가 움직인 경로의 곡률(κ_w)과 비틀림률(τ_w)을 구할 수 있다.

$$\kappa_w(t) = \frac{\|\alpha'(t) \times \alpha''(t)\|}{\|\alpha'(t)\|^3} \quad (3)$$

$$\tau_w(t) = \frac{(\alpha'(t) \times \alpha''(t)) \cdot \alpha'''(t)}{\|\alpha'(t) \times \alpha''(t)\|^2} \quad (4)$$

이와 같이 입력장치에서 얻어진 10 개의 속성을 완드의 형태를 나타내는 6 개의 속성들과 연결하게 되면 여러가지 완드의 형태를 정의 할 수 있으며, 본 논문에서는 3 개의 완드의 형태를 대표적으로 정의하였다.

2.2 완드 형태의 변형 방법

2.2.1 선형태의 완드

디자이너는 선형태의 완드를 이용하여 움직이며 자유 곡면을 생성한다. 그리고자 하는 모델에 따라 적합한 완드의 선형태는 다르기 때문에, 디자이너는 자유 곡면을 생성하기 전에 원하는 완드의 선형태를 먼저 만들고, 자유 곡면을 생성하는 것이 효율적이다. 또한, 모델을 그리는 도중에 필요에 따라서 언제든지 완드의 선 형태를 변경할 수 있다.

완드의 선형태를 변경하는 기능에서는 그림 1(a)와 같이 완드 좌표 계와 Frenet 좌표 계의 관계를 정의하여 완드의 위치와 자세의 움직임에 따라 완드의 선형태가 변화한다. 그림 1(b)와 같이 z 축으로 완드를 움직이면 움직인 z 축의 방향과 길이에 따라 식 2 의 t 값을 변경함으로써 완드의 선형태가 줄어들거나 늘어나게 된다. 완드의 자세를 바꾸면, 그림 1(c, d)와 같이 x 축의 회전 각도(θ_x)의 크기 α 와 y 축의 회전각도(θ_y)의 크기 β 에 따라 식 1 의

곡률(κ)과 비틀림(τ)의 값을 변경함으로써 완드의 선형태가 변형된다.

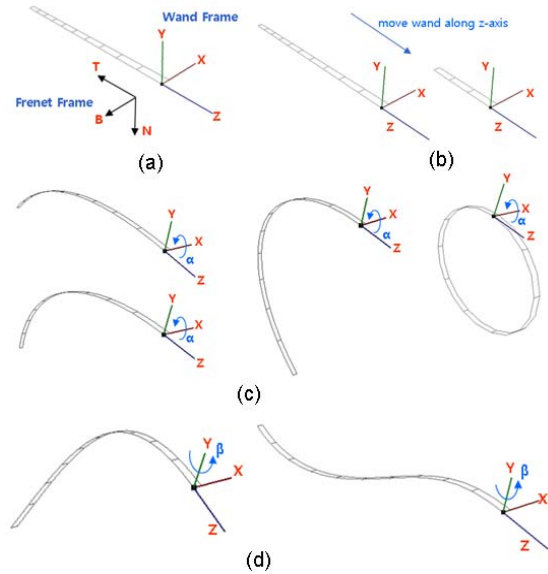


그림 1 완드의 움직임에 따른 완드의 선형태 변형

그림 1(c)와 같이 완드를 밑으로 기울이면 기울인 크기에 따라 완드가 아래로 감기는 원의 형태를 갖게 되며, 반대로 위로 기울이면 위로 감기는 원의 형태를 갖게 되고, 그림 1(d)와 같이 완드를 오른쪽으로 기울이게 되면, 왼쪽으로 비틀리는 형태를 갖게 되며, 왼쪽으로 기울이게 되면 오른쪽으로 비틀리는 형태를 갖게 되어, 완드의 선형태가 완드의 움직임에 따라 변하는 직관적인 메뉴방식을 지원한다. 그리고자 하는 모델의 부분이 그림 2 와 같이 일정한 곡률 및 비틀림을 가지고 있는 곡면을 그리는 데 적합하다.

2.2.2 곡률이 자동으로 변하는 선형태의 완드

디자이너가 완드를 이용하여 스케치 하게 되면 움직인 경로에 따라 디자이너가 그리려고 하는 모델을 예측할 수 있다. 완드를 직선으로 움직이는 경우 평평한 면을, 완드를 곡선으로 움직이는 경우 둥근 형태의 곡면을 생성하려는 의도로 예측할 수 있다. 식 3 을 이용하여 그림 3(b)와 같이 완드가 움직인 경로의 곡률(κ_w)을 구하고 그 크기를 그림 3(a)와 같이 식 1 의 곡률(κ)과 연결하게 되면 그림 3(c)와

같이 완드의 선형태가 자동으로 변하여 복잡한 형태의 곡면을 생성하게 된다.

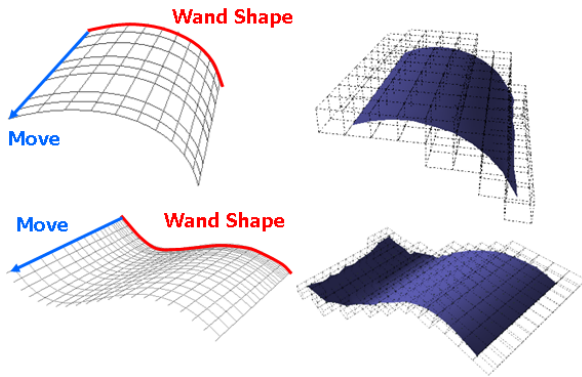


그림 2 선형태의 완드를 이용한 곡면 그리기

완드의 형태가 디자이너가 움직인 곡선 경로를 분석하여 자동으로 생성하기 때문에 완드의 선형태를 바꾸는 기능도 생략할 수 있고, 한번의 스트로크를 통해 다양한 형태의 곡면을 생성할 수 있다는 장점이 있지만, 정확한 곡면을 생성하기에는 적합하지 않으며, 둥근 형상을 가지는 모델을 그리는데 적합하다.

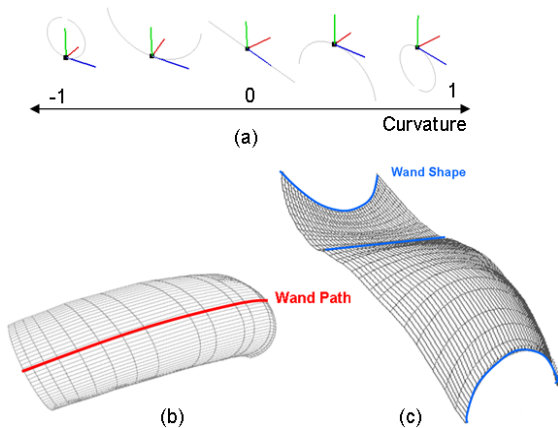


그림 3 완드의 경로에 따른 완드의 선형태 변형

2.2.3 면형태의 완드

이 방식은 자유 곡면이 아닌 정형화 된 형태의 곡면을 그리게 되는 경우, 자유로운 완드의 변화와 이동은 오차를 발생할 수 있으므로, 완드의 형태를 면형태로 정의하고

사용하는 방식이다. 면형태의 완드는 그림 4(a)와 같이 선형태의 완드 u , v 2 개의 방향으로 확장하여 면을 생성한다. 완드의 형태를 변경하는 기능에서 완드의 x 축과 y 축으로 움직인 길이에 따라 식 (2)에서 u 방향의 t_u 와 v 방향의 t_v 를 변화 시킴에 따라, 그림 4(b)와 같이 완드의 곡면의 길이가 변화하게 되며, x 축의 회전 각도(θ_x)의 크기 α 에 따라 v 방향의 곡률(κ_v)와 y 축의 회전각도(θ_y)의 크기 β 에 따라 u 방향의 곡률(κ_u)이 변하여 그림 4(c)와 같이 곡면의 형태가 변화한다.

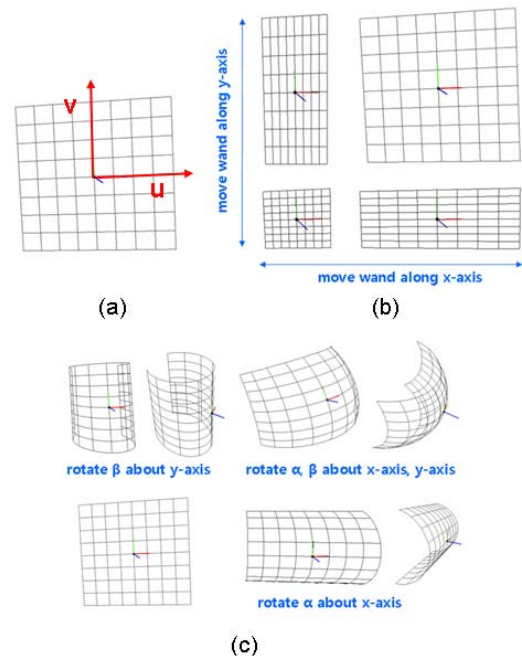


그림 4 완드의 움직임에 따른 완드의 면형태 변형

이와 같은 형태의 완드는 그림 5 와 같이 평면 또는 일정한 곡률을 가진 형태의 물체를 스케치 하는데 유용하다. 완드가 곡면의 형태를 가지고 있기 때문에 완드를 이동하며 스케치를 하지 않고, 특정 위치로 완드를 이동한 후 곡면 완드의 형태를 그 위치에 복사하여 적어내는 방법이다. 동일한 형태의 완드를 이용하여 그림 5(a)와 같이 스케치 할 수 있으며, 그림 5(b)와 같이 완드의 형태를 변환하면서 물체를 스케치 할 수 있다.

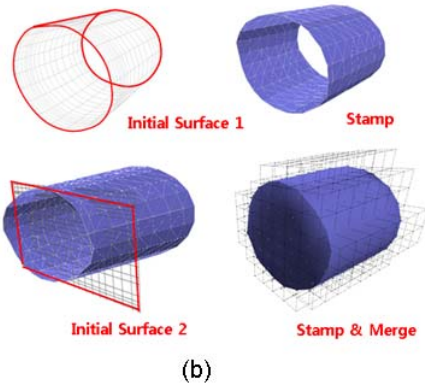
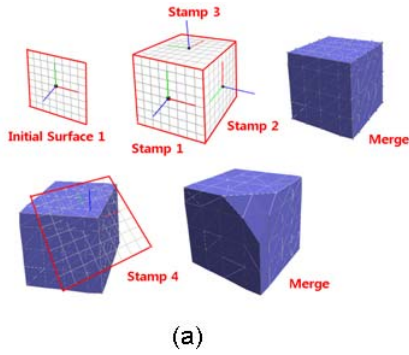


그림 5 완드의 면형태 변형과 모델 생성

3. 결론

이 연구는 디자이너가 공간 스케치 시스템을 이용하여 그리려는 목적에 따라서 다양한 완드의 형태와 방식을 제공함으로써 공간 스케치의 효율을 높이는데 있다. 곡률이 자동으로 변하는 선형태의 완드 방식은 디자이너가 그리는 이동 경로에 따라 완드 형태가 변화하기 때문에 쉽고 자유롭게 곡면을 생성할 수 있으며, 선형태와 면형태의 완드 방식은 완드의 선형태와 면형태를 모델에 적합하게 변형하는 추가적인 작업을 수행해야 하지만 곡면의 형태가 자동으로 생성되는 방식보다 목표 곡면의 정확도는 증가한다. 또한 곡면의 선형태의 완드는 면형태의 완드보다 자유로운 곡면을 생성하기에 좋고, 면형태의 완드는 단순한 곡면의 경우 공간 입력 오차를 줄일 수 있는 장점이 있다. 이와 같이 다양한 완드 방식마다 각각의 장단점이 있으며, 필요에 따라 완드 방식을 바꾸어 효율적으로 모델을 스케치 할 수 있다.

완드의 형태는 복잡한 메뉴를 사용하지 않고 완드의 자세에 따라서 직관적으로 변형하게 하여 디자이너가 스케치를 하는 중간에 복잡한 메뉴의 사용에 의하여 사고의 흐름을 방해 받지 않도록 하였으며, 단순한 하드웨어를 사용하고 소프트웨어 적으로 다양한 완드 방식을 하나의 모델 생성에 동시에 적용할 수 있는 범용적인 공간 스케치 시스템을 구현하고 있다.

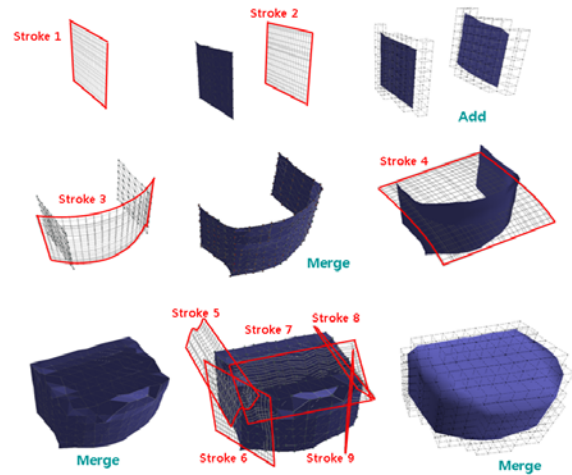


그림 6 여러 완드방식을 이용한 모델 생성

참고문헌

- [1] D. Keefe, R. Zeleznik and D. Laidlaw, "Drawing on air: input techniques for controlled 3D line illustration," IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol. 13, No. 5, pp. 1067-1081, 2007.
- [2] S. Schkolne, M. Pruett, and P. Schroder, "Surface Drawing: creating organic 3D shapes with the hand and tangible tools," Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 261-268, 2001.
- [3] D. Keefe, D. Acevedo, T. Moscovich, D. Laidlaw, and J. LaViola, "CavePainting: a fully immersive 3D artistic medium and interactive experience," Proceedings of ACM Symposium on Interactive 3D Graphics, pp. 85-93, 2001.

[4] T. Igarashi, S. Matsuoka, and H. Tanaka, “Teddy: a sketching interface for 3D freeform design,” Proceedings of ACM SIGGRAPH, pp. 409–416, 1999.

[5] A. Nealen, T. Igarashi, O. Sorkine, and M. Alexa, “FiberMesh: designing freeform surfaces with 3D curves,” ACM Transactions on Graphics, Vol. 26, 2007.

[6] B. Brody and C. Harman, “Painting space with BLUI,” Conference Abstracts and Applications of SIGGRAPH 00, p. 242, 2000.

[7] W. Lorensen and H. Cline, “Marching cubes: a high resolution 3D surface construction algorithm,” Proceedings of ACM SIGGRAPH 87, pp. 163–169, 1987.