
정의된 육면 격자의 공간 타일링에 의한 3 차원 모델링

A Novel 3D Modeling Technique by Spatial Tiling of the Pre-defined Cubical Grids

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

요약 ~ 3 차원 공간 모델링을 하기 위한 스케치 시스템의 경우, 3 차원 공간상의 입력장치들 이용하는 것이 디자이너의 의도를 가장 정확하게 표현할 수 있다. 하지만, 3 차원 공간상의 스케치는 공간 입력장치의 디자이너 사용에 따라 오차가 발생할 수 있다. 이러한 오차를 줄이기 위하여 디자이너가 일반적으로 사용해 온 드로잉 방식인 다중의 스트로크를 데이터로 사용하여 의도한 모델링을 수행하게 된다. 다중의 스트로크를 실시간으로 처리하기 위해 공간상에 정의된 격자를 이용한 모델링 방식을 사용하였다. 곡면을 구성하기 위한 격자간의 관계 및 다중의 스트로크를 처리하기 위한 주변 격자간의 관계를 정리하고, 이를 이용한 스케치 시스템을 구현하였다.

Abstract ~ In case of the 3D Sketch System for spatial modeling, The use of 3D input devices in 3D environment is the best method to express designer's intention. However, the designer's 3D drawing skill is not accurate. So, we use the multiple strokes used generally by 2D sketch. Multiple strokes make the designer recognize model's current drawing features and what he change. We use the cubic-based drawing method to calculate many surfaces in real-time. We arrange the relations of cubes for composing surfaces and multi strokes. We implement the sketch system taking cubic modeling and multiple strokes technique.

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

1. 서론

일반적으로 3 차원 모델을 디자인 하는 방식은 CAD, Maya, 3D studio Max 와 같은 3 차원 모델 생성 툴을 사용하는 것이다. 직접 모델의 데이터 수치를 입력하거나, 다수의 2 차원 평면에서 마우스나 태블릿으로부터 입력 받은 데이터를 조합하여 3 차원 모델을 생성하는 방식이다. 이와 같은 방식은 정밀한 데이터의 모델을 생성할 수

있다는 장점이 있으나, 어플리케이션의 다양한 기능을 위한 복잡한 사용 방법으로 인하여 디자이너가 직접 모델의 스케치 단계에서 사용하기에 어려움이 있다.

다른 시도로는 위의 모델링 방식과 같은 2 차원 입력 방식을 사용하지만, 디자이너가 그린 2 차원 드로잉 데이터가 3 차원 모델 데이터로 자동 변경되는 3 차원 모델링 방식이다. 원근감을 이용하여 그려진 2 차원 스케치

*주저자 : 중앙대학교 영상공학과 박사과정 e-mail: heartspy@empal.com

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

데이터를 3 차원 모델 설계 데이터로 생성하는 분야와, Teddy 와 같이 2 차원 디자인에 간단한 입력을 추가하여 3 차원 캐릭터를 생성하는 방식 등의 연구가 계속되어 오고 있다.[1,2] 이러한 방식은 디자이너에게 익숙한 기존에 사용하던 모델 스케치 방식을 사용하여, 디자이너가 실제 설계에 쉽게 참여 할 수 있도록 도움을 줄 수 있다. 하지만, 디자이너가 생성한 2 차원 드로잉 데이터가 3 차원 모델 데이터로 변경하기에 정보가 부족 하거나 모호할 경우, 3 차원 모델 생성에 어려움을 가지고 있다.

3 차원 모델 데이터를 입력 인터페이스에서 직접 받는 방법도 사용된다. 2 차원의 입력 장치를 이용하면서 소프트웨어상에서 드로잉 입력 평면을 조정하여 3 차원 데이터를 만들어 내는 Digital Tape Drawing 과 같은 방식과, CAVE 와 같은 3 차원 공간상에서 실제 3 차원 데이터를 입력 받는 방식이 있으며, 시스템의 사용 목적에 따라 다양한 형태의 입력 인터페이스의 개발을 통해 디자이너에게 익숙한 방식을 제공하여 더 정확한 데이터를 입력 받고자 하는 연구가 진행 되고 있다.[3-5]

본 연구는 3 차원 공간에서 3 차원 입력 인터페이스를 통하여 데이터를 입력 받고, 디자이너들이 기존에 모델을 스케치하는 유사한 방식을 몰입형 가상 공간에 적용하여 모델링을 하는 것을 목표로 하였다.

본 논문의 구성은 2 장에서는 3 차원 공간에서의 다중 스트로크 입력방식에 대해서 설명하고, 3 장에서는 격자 기반 드로잉 시스템에 대하여 설명하였으며, 4 장에서는 결론 및 향후 과제를 제시한다.

2. 면 단위 다중 스트로크 입력

3 차원 공간상의 스케치는 디자이너가 원하는 3 차원 모델 데이터를 직접 얻어올 수 있다는 장점이 있으나, 2 차원 평면상의 스케치에서와 같이 디자이너가 의도한 정확한 데이터를 공간상에 표현하기 힘들다. 평면상의 스케치는 펜으로 입력 시 디자이너의 입력장치를 힘으로 지지할 수 있는 평면이 존재하기 때문에 정확한 입력을 받을 수 있지만, 3 차원 공간에서는 디자이너의 손을

지지할 수 있는 힘이 존재하지 않는다. 몰입형 가상 공간에서 3 차원 입력장치를 이용하여 데이터 입력 오차를 테스트 한 결과 평균 5~10mm 정도의 오차를 가지는 것으로 나타난다.[6,7] 이러한 오차를 줄이기 위하여 사용자가 스케치를 할 때, 반작용의 힘을 주는 햅틱 장비를 사용하는 스케치 시스템도 연구되고 있으나, 햅틱 장비는 몰입형 가상 공간에서는 사용 범위의 제약으로 인하여 적합하지 않다.[7] 본 연구에서는 3 차원 공간상에서 디자이너가 입력하는 데이터의 오차를 줄이기 위하여, 2 차원 공간에서 스케치 시에 사용되는 다중 스트로크의 아이디어를 적용하였다.

디자이너가 3 차원 공간상에 곡면을 그릴 경우를 생각해 보면 입력 방식에 따라서 점, 선, 면을 입력 받을 수가 있다. 3 차원 공간상에서 디자이너가 데이터 입력 시 오차가 있다고 가정했을 경우, 3 가지 입력방식을 비교해 보았다. 그림 1(a)는 디자이너가 실제로 그리고 싶어하는 곡면이다. 점 데이터 입력의 경우 그림 1(b)와 같으며, 선 데이터 입력의 경우 그림 1(c), 면 데이터 입력 시 그림 1(d)와 같다.

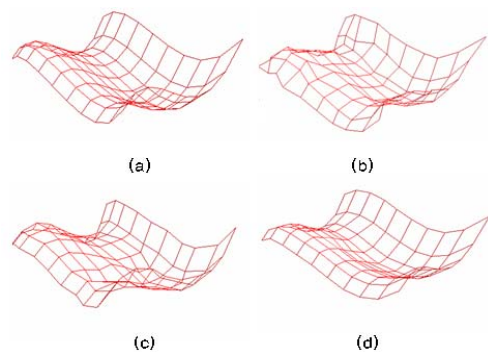


그림 1. 입력 방법에 따른 곡면 모델

같은 개수의 스트로크를 입력 받았을 경우, 점보다는 선이 더 많은 포인트 데이터를 가지고 있고, 선보다는 면이 더 많은 포인트 데이터를 가지고 있다. 이에 따라 그림 1 에서와 같이 면 단위로 입력했을 경우의 곡면이 실제 목표 곡면과 가장 유사한 모습을 보인다. 다중 스트로크를 지원함으로써, 다수의 면 단위의 데이터를 입력 받을 수 있으며, 입력 받은 데이터를 평균을 내어

사용함으로써 입력 오차 및 편차를 줄일 수 있는 장점이 있다.

3. 격자 기반의 3 차원 스케치.

디자이너의 다수의 스트로크는 여러 개의 곡면 데이터를 생성하게 된다. 다수의 격자 곡면들은 그려진 곡면의 격자들 사이의 위치와 방향의 관계에 따라 하나의 곡면으로 합쳐지게 된다. 스플라인의 곡면으로 구성될 경우, 다수의 곡면의 스트로크에 의한 병합은 많은 수학적 계산이 필요하게 되며 컨트롤 포인트의 변경으로 인한 곡선일 경우 예상치 않은 곳에 추가적인 변경이 생길 수 있다. 하지만, 격자 기반으로 이루어진 곡면은 실제 디자이너가 공간 입력 장치를 움직인 위치에 곡면이 구성되게 되며, 기 정의된 격자간의 관계에 따른 병합을 사용하여 수학적 계산의 양이 줄어들어 실시간 스케치에 적합하다.

3.1 격자 기반의 드로잉

육면 격자 기반의 스케치 시스템은 3 차원 공간을 특정 크기의 격자로 나누어 관리한다. 공간상의 각각의 격자는 데이터를 하나로만 유지함으로써 공간에 존재할 수 있는 데이터를 단순화 하는 효과가 있다.

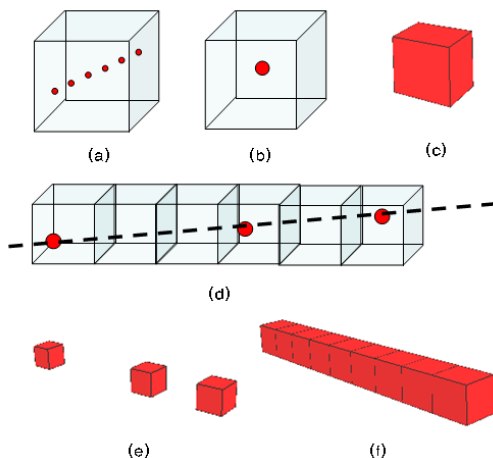


그림 2. 격자 기반 데이터 생성

입력 인터페이스로는 디자이너의 펜에 해당하는 3 차원 데이터 입력장치를 사용하였다. 입력 장치로부터 공간상의 3 차원 위치 데이터와 방향 데이터를 입력 받게 된다. 입력

받은 데이터는 격자의 크기와 디자이너의 스트로크의 속도에 따라 그림 2(a)와 같이 하나의 격자안에 N 개의 포인트로 나타날 수 있다. 이러한 다수의 입력 포인트들은 동일 격자 내에서는 그림 2(b)와 같이 하나의 포인트로 압축되어 처리되며, 그림 2(c)와 같이 하나의 격자로 그려질 수 있다. 디자이너가 빠르게 스트로크를 하는 경우에는 그림 2(d),(e)와 같이 격자 안에 입력 포인트를 가지고 있는 많은 격자가 생성될 수 있다. 이러한 경우에는 입력 받은 큐빅 사이의 데이터를 보간 하여 중간 큐빅에 데이터를 추가함으로써 그림 2(f)와 같이 연속된 큐빅 데이터를 가질 수 있도록 한다.

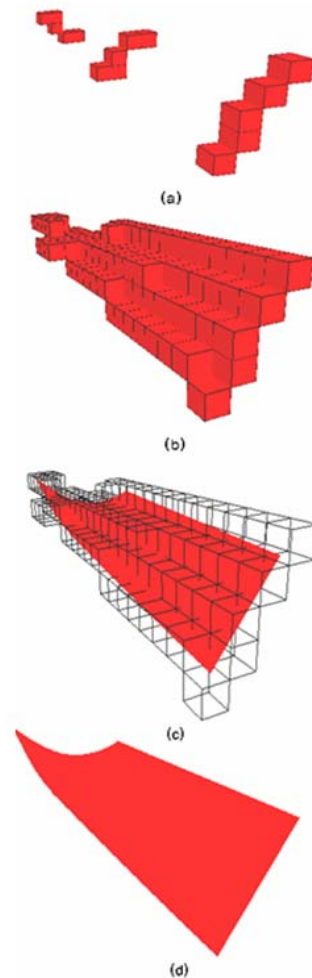


그림 3 격자 기반 곡면 생성

공간 입력 장치에서 입력 받은 포인트는 하나의 격자를 구성하지만, 입력장치의 방향 데이터를 이용하여 일정한 길이의 선을 구성하도록 하였다. 일정한 길이는 면의

구성으로 보면 두께의 역할로 사용된다. 디자이너는 공간 입력장치를 통해 위치와 기울임을 통해서 그림을 그릴 수가 있다. 디자이너가 입력장치를 기울여 가면서 움직일 경우, 그림 3(a)와 같이 각 포인트에서 입력 받은 위치에 따라 선의 중심위치가 결정이 되고, 방향 데이터를 통해 일정 길이의 선이 다른 방향으로 그려지게 된다. 중간 공간의 격자가 데이터 값을 입력 받지 못하였으므로, 입력 받은 데이터를 보간 하여 처리하면 그림 3(b)와 입력 받은 격자 사이의 격자들이 데이터 값을 가지게 된다. 주변 격자들 간의 데이터를 이용하여 드로잉 해주면 그림 3(c),(d)와 같은 결과를 얻을 수 있다. 공간 입력 장치의 방향 데이터를 사용함으로써 그림 4 와 같이 자유로운 곡면을 공간상에 생성할 수 있다.



그림 4. 방향 데이터를 이용한 곡면 생성

3.2 다중 스트로크의 처리

디자이너가 2 차원 평면상에서 스케치를 하는 경우를 살펴보면 개념상으로 정확하지 않은 모델을 그리기 때문에 한번에 정확한 드로잉을 할 수 없다. 디자이너는 여러 번의 스트로크를 통해 평면에 그려지는 곡선을 확인하면서 개념을 실제화 하고 곡선을 수정해 나간다. 예를 들면 그림 5 에서 보는 것과 같이 유사한 선을 반복해서 그리면서 적당한 위치를 가능하게 되며 최종 디자인에서는 하나의 선으로 남게 된다. 선과 선이 만나는 부분에서는 정확하게 만나는 것이 아니라 선 밖으로 튀어 나오는 모습을 보이며 최종 디자인에서는 튀어 나온 선은 없어지는 부분이 된다.

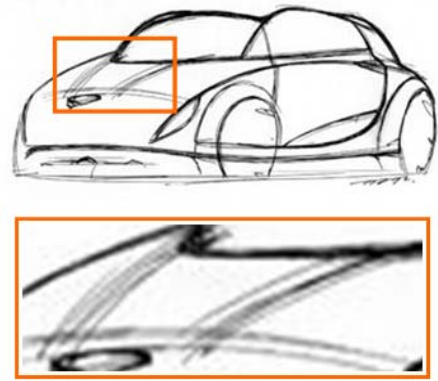


그림 5. 자동차 초벌 스케치[8]

2 차원 평면상에서는 유사한 곡선을 반복해서 그리면서 정확한 데이터를 나타내 듯이, 3 차원 공간상에서는 곡면을 반복해서 그리면서 곡면을 실제화 해 나가도록 하였다. 디자이너가 스케치 하는 유형을 유사한 모습의 곡면을 반복해서 그리는 경우와, 서로 만나는 곡면을 그리는 2 가지 경우로 나누어서 분석하였다.

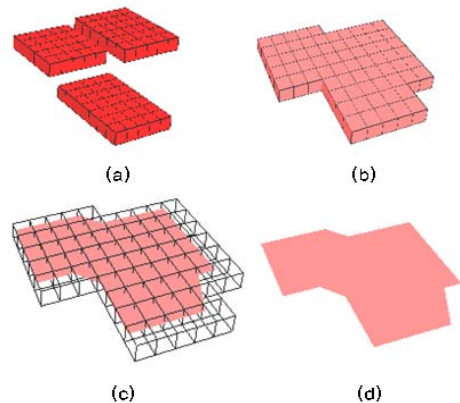


그림 6. 유사 곡선의 병합 과정

디자이너가 그림 6(a)와 같이 곡면을 그리게 되면 일정한 거리안에 유사 곡면이 있는지를 확인하며, 유사 곡면을 발견 할 경우 2 개의 곡선을 합쳐 나가는 과정을 가진다. 그림 6(b)의 경우는 그림 6(a)의 3 개의 곡면이 합쳐진 결과를 보여준다. 유사 곡면 확인 및 곡면을 합치는 알고리즘은 격자 단위의 계산으로 수행된다. 그림 6(c)는 격자 단위의 데이터 처리를 설명한 것이며, 실제로 드로잉 되는 모습은 그림 6(d)와 같다.

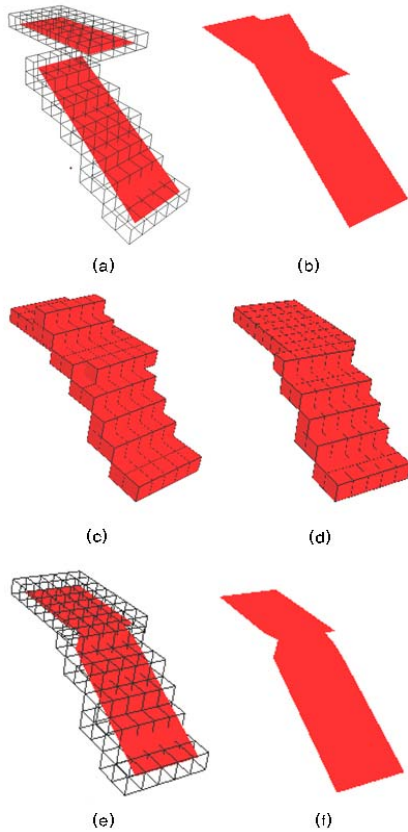


그림 7. 겹치는 곡면의 병합 과정

디자이너가 그림 6(b)와 같이 2 개의 곡면을 겹쳐서 그리는 경우가 있다. 이는 2 개의 곡면을 합치려고 하는 의도로 생각할 수 있다. 그림 6(a)는 디자이너가 그린 곡면이 격자 기반의 데이터로 변형 되는 것을 보여준다. 그림 6(b)의 겹쳐진 곡면의 격자 기반 데이터는 그림 6(c)와 같으며, 겹쳐지는 곡면에서의 필요 없는 부분은 그림 6(d)와 같이 잘려 없어지게 된다. 2 개의 곡면이 합쳐진 결과의 격자단위 데이터는 그림 6(e)와 같으며, 실제로 드로잉 되는 모습은 그림 6(f)와 같다.

이미 병합된 곡면에 추가적인 곡면이 그려지는 경우에는 먼저 유사 곡면을 먼저 처리한 후 겹치는 곡면을 병합하는 순서를 사용하였다. 그림 7(d)의 곡면에 추가적으로 위의 평면과 유사한 곡면을 그리는 경우를 생각해 보면, 그림 8(a)와 같이 병합된 곡면과 만나는 경우와, 병합된 곡면과 만나지 않는 2 가지 경우를 생각할 수 있다. 추가 곡면이 병합된 곡면과 만나는 경우에는 유사 곡면끼리의 병합된

곡면이 이전 곡면과 만나기 때문에 기존 알고리즘과 같이 처리하면 그림 8(b)와 같은 결과를 얻을 수 있다.

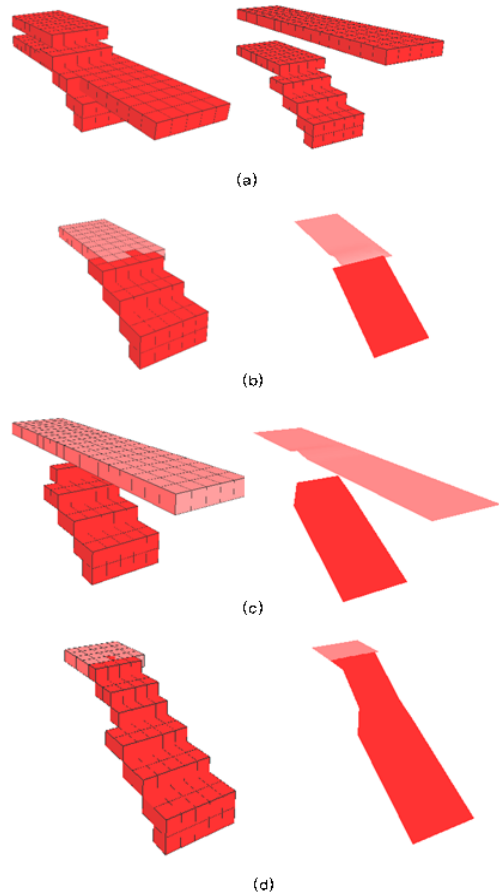


그림 8. 병합된 곡면의 추가 병합 과정

하지만, 추가 곡면이 병합된 곡면과 만나지 않는 경우 유사곡선을 먼저 병합 한 후 만나는 곡면과의 관계를 생각하면 그림 8(c)와 같이 만나지 않아 원하는 결과가 나오지 않는다. 병합된 곡면에 새로운 곡면을 추가로 병합 시에 유사 곡면끼리의 병합 결과가 먼저 병합되어 있는 곡면과 만나지 않는 경우에는 그림 8(d)와 같이 병합되었던 곡면을 확장하여 연결하는 방법을 사용하였다.

4. 결론 및 향후 과제

이 연구는 새로운 3 차원 공간상에서 모델 스케치 방법을 보여준다. 기존에 디자이너가 사용하는 다중의 스트로크를 통하여 실제 평면 디자인과 유사한 입력 방법을 도입하여, 디자이너가 익숙하지 않은 3 차원 드로잉 방식을 사용하는데 친밀함을 더할 수 있도록 하였다.

디자이너가 3 차원 모델을 그릴 때, 한번의 스트로크를 통해 받는 데이터를 곡면 단위로 처리하였다. 면 단위 입력 방법을 통해 데이터의 개수를 늘려서 평균된 포인트의 데이터를 사용함으로써, 3 차원 모델링 데이터의 정확성을 높이는 방법으로 이용하였다.

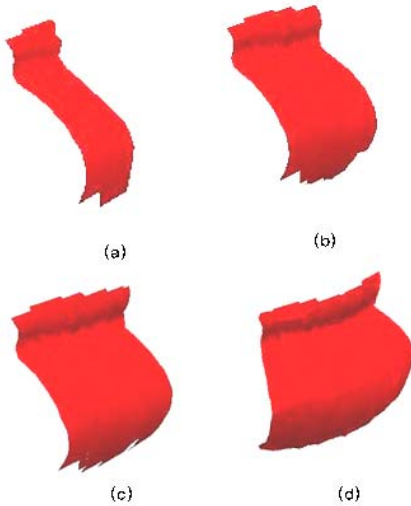


그림 9. 다중 스트로크를 통한 곡면 생성

디스플레이 방식으로 공간을 격자로 구성하고 격자 기반의 데이터 구조를 사용함으로써 공간상의 균일한 데이터를 가지게 되었으며, 입력 데이터가 많은 격자 공간에 대해서는 데이터를 단순화 하는 기능을 한다. 데이터의 단순화는 계산 량을 줄여 실시간 스케치 시스템 구성이 용이하게 한다. 그림 9 와 같이 다중의 스트로크로 곡면을 생성할 때 공간상에 그려지는 곡면들은 다수의 곡면으로 표현되지 않고, 실시간으로 병합되고 수정되어 하나의 곡면으로 나타나야 한다. 다수의 곡면의 입력과 계산을 처리하기 위하여 격자 단위의 계산으로 처리하였다.

육면 격자 기반의 드로잉 방법은 스플라인 커브를 이용하는 방식에 비교하면 디스플레이 되는 모델의 곡면의 부드러운 묘사는 부족하다. 하지만, 스케치의 목적은 디자이너의 아이디어를 실체화 하는데 있으므로, 격자 기반의 모델링 기술은 다중의 스트로크로 입력되는 데이터들을 빠르게 처리하는데 장점을 가지고 있다. 현재 시스템은 같은 크기의 격자만을 지원한다. 격자가 클 경우에는 세밀한 부분에서의 묘사가 부족하고, 너무 작을

경우에는 데이터의 양이 많아질 수 있으므로, 세밀한 곡면의 표현을 위한 스케치 시스템을 향후 개발할 계획이다.

참고문헌

- [1] I. J. Grimstead, R. R. Martin, "Creating solid models from single 2D sketches", Proceeding of the Third ACM Symposium on Solid Modeling and Applications, pp. 675-685, 1995.
- [2] Igarashi, T., Matsuoka, S., and Tanaka, H., "Teddy: A Sketching Interface for 3D Freeform Design", Proceeding of ACM SIGGRAPH, pp. 409-416, 1999.
- [3] Grossman, T., Balakrishnan, R., Kurtenbach, G., Fitzmaurice, G., Khan, A., and Buxton, B., "Creating Principal 3D Curves with Digital Tape Drawing", Proceedings of Computer-Human Interaction Conference, pp. 121-128, 2002.
- [4] Keefe, D., Acevedo, D., Moscovich, T., Laidlaw, D. H., and LaViola, J., "CavePainting: A Fully Immersive 3D Artistic Medium and Interactive Experience", Proceedings of ACM Symposium on Interactive 3D Graphics, pp. 85-93, 2001.
- [5] Schkolne, S., Michael Pruett, M., and Schroder, P., "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.
- [6] Fiorentino M., Monno G., Renzulli P.A., Uva A.E., "3D Sketch Stroke Segmentation and Fitting in Virtual Reality", International Conference on the Computer Graphics and Vision, GRAPHICON, 2003.
- [7] Keefe, D., Laidlaw, D. H., Zeleznik, R., and Zaitzeff, M., "Drawing On Air: Controlled 6D Input Techniques for Illustration-Style 3D Modeling", Proceeding of Proceedings ACM SIGGRAPH, 2006
- [8] <http://www.kotanezu.com> 'paint basics'