

3차원 캘리그래픽 스트로크를 이용한 가상디자인 알고리즘

최한울,⁰ 채영호

중앙대학교 첨단영상대학원

chlhuri@hotmail.com,⁰ yhchai@cau.ac.kr

Virtual design algorithm using the three dimensional calligraphic strokes

Hanwool Choi,⁰ Youngho Chai

Seoul, Chung-Ang University, The Graduate School of Advanced Imaging Science, Multimedia and Film

요 약

본 연구에서 제안하는 3차원 인터랙티브 스케칭 시스템은 쉽고 간략한 인터페이스 환경으로 유연하고 정교한 물체 생성 및 변형이 가능한 3차원 개념설계 시스템이다. 제품의 설계 과정에서 무선 완드를 이용하여 3차원 공간에 일련의 프리핸드 스트로크로 곡면을 정의하고 생성된 곡면은 캘리그래픽 스트로크를 이용하여 실시간으로 변형할 수 있는 공간 곡면의 정의와 실시간 자유 변형 알고리즘을 포함한다. 공간 곡면 정의의 알고리즘은 무선완드의 입력 방위에 따라 상이한 물체를 생성하고 변형하는 기술로서 물체 생성시 필요한 인터페이스의 양을 최소화 할 수 있다. 또한 여러 차례 캘리그래픽 스트로크 입력으로 수정과 변형이 실시간 통합적으로 이루어지는 자유변형 알고리즘은 기존의 공학적, 수치적 접근방식에서 탈피한 직관적이며 유연한 모델링 방식을 제안하여 전문가가 아니더라도 쉽게 공학적 모델을 생성, 변형 할 수 있다. 누구나 쉽게 본 시스템의 도움으로 직관적이며 공학적으로 건전한 제품을 설계할 수 있는 디자인 설계의 획기적인 변화를 마련할 것이다.

1. 서 론

오늘날의 디자인은 제품의 성공과 실패를 좌우하는 매우 중요한 부분이다. 디자인에 의해 결정되는 시각적인 형상은 제품의 기능과 더불어 제품의 가치와 소비자 구매력을 향상시키는 중요한 역할을 담당한다.

본 논문에서는 창조적인 디자인을 위하여 제품 제작 단계의 중요성을 인식하고 기존의 엔지니어링에서 이용되었던 3차원 모델링 프로그램의 문제점을 개선하는 새로운 기술을 제안하고자 한다.

엔지니어링 단계에서는 실사와 근접한 정확한 3차원 물체 제작을 위해 MAX, Rhino 3D, Pro-E 등과 같은 CAD 기반 모델링 프로그램이 이용된다. CAD 기반 모델링 프로그램에서 제공하는 인터페이스 환경은 복잡한 기능의 나열과 사용자들에게 엄격한 사용체계를 요구한다. 평면에 한정된 2차원 입력 방식으로 3차원 물체를 표현하기 위해서 입력 시 누락되었던 한 차원의 정보를 인위적 설정과 복잡한 기능으로서 대체하여 불필요한 인터페이스를 늘리게 된다. 또한 기능에 따른 엄격한 체계에 대한 훈련을 필요로 하여 사용할 수 있는 인원을 제한시켰다.

이러한 문제점을 개선하기 위해 공간에 직관적으로 원하는 3차원 모델을 생성하고 변형할 수 있는 스케치와 개념설계를 위한 다양한 시스템과 알고리즘이 제안되고 있다.

3차원 입력도구를 이용한 FreeDrawer^[1]은 곡선 네트워크를 구성하여 곡면을 형성하며 Surface Drawing^[2]은 장갑과 같은 입력도구를 이용하여 직접 곡면을 드로잉하여 3차원 물체를 생성한다. 또한 ARCADE^[3]에서는 3차원 입/출력 장치와 CAD 시스템을 통합하여 세련된 모델링 결과를 보여준다. 그러나 이와 같이 입력방식에 공간을 활용함

은 정확한 정보 입력과 세부적인 조작을 어렵게 하여 정교한 물체 표현에 장애요인이 된다. 즉, 정교한 물체를 생성하기 위해 다양한 입력 장치들이 필요하며 공간에서의 세부적인 조작에 어려움이 있다. FreeDrawer에서는 공간에 가상의 프로젝션 평면을 생성하여 3차원 입력방식의 대안을 제시하고 있지만 공간에서 표현 가능한 다양한 물체 생성에 제한적인 결과를 보여준다. 때문에 지금까지 제안된 3차원 공간을 활용한 인터랙티브 시스템은 디자인 단계에서 공학적으로 건전하고 정교한 최종제품을 제안하기에는 부족하였다. 엔지니어링에 이용할 수 있는 정확하고 정교한 모델을 만들기 위해서는 공간을 효율적으로 조정하고 세부적인 물체 변형 기술이 필요하다.

본 연구는 전통적인 2차원 입/출력 장치를 대신하여 프로젝터와 무선 완드, 3차원 트래킹 시스템 등을 이용하여 다양하고 정교한 곡면 생성이 가능하며 누구나 쉽게 이용 가능한 직관적이며 유연한 3차원 스케치 모델링 시스템을 제안한다. 본 시스템은 제품의 설계 과정에서 무선 완드를 이용하여 3차원 공간에 일련의 프리핸드 스트로크로 곡면을 정의하고 생성된 곡면은 캘리그래픽 스트로크를 이용하여 실시간으로 변형할 수 있는 공간 곡면의 정의와 실시간 자유 변형 알고리즘을 포함한다.

2. 3차원 몰입형 가상환경 시스템

3차원 몰입형 가상환경 시스템^[4]은 적외선 카메라 트래킹이 적용된 후방투영 듀얼 디스플레이 환경을 이용하여 3차원 공간상에 그림을 그리고 사용자 움직임에 따라 여러 시점에서 입체적인 그림을 감상할 수 있는 미디어 디스플레이/제작 장치이다.

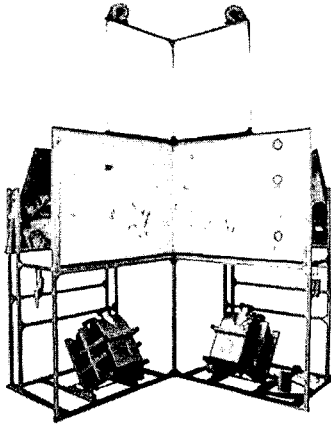


그림 2-1 3차원 몰입형 가상환경 시스템

2.1 스테레오 듀얼 디스플레이

스테레오 영상은 물체의 위치에 따라 스크린의 앞 또는 뒤에 맺히는 듯한 효과를 주어 일반적인 영상에서는 느낄 수 없는 몰입감을 증대시킴으로써 사용자가 가상환경에 빠져있는 듯한 사실감을 줄 수 있다.

본 연구에서 사용된 스테레오 영상 생성방식은 패시브 스테레오 방식으로 두 대의 LCD 프로젝터를 사용하여 각각의 프로젝터가 하나의 스크린에 왼쪽 눈과 오른쪽 눈이 보는 영상을 생성한다. 스테레오 영상을 투사하는 4대의 LCD 프로젝터는 단거리에서 큰 영상을 생성하기 위해 단초점 렌즈를 부착하였다. 또한 후면 투사 방식을 사용하여 사용자와 프로젝터 영상의 간섭 없이 영상과 상호작용을 할 수 있으며 광학 반사경으로 프로젝터의 영상을 반사하여 스크린으로 투사하기 때문에 시스템이 차지하는 공간을 크게 줄일 수 있다.

2.2 적외선 카메라를 이용한 무선 트래킹

몰입형 가상환경 시스템에서 스크린에 보이는 영상과 사용자의 상호 작용을 위해서는 사용자의 3차원 위치 정보를 필요로 한다. 본 연구에서 사용한 적외선을 이용한 무선 카메라 트래킹은 센서에 연결된 선이 없기 때문에 사용자의 움직임을 자유롭게 보장하며 실시간으로 사용자의 3차원 위치 정보를 추적할 수 있다.

적외선 트래킹 시스템에서 추적대상은 편광 안경과 무선 완드에 부착된 4개의 적외선 반사 마커이다. 추적되는 공간 범위 안에서 사람들의 옷이나 기타 물체도 적외선을 소량 반사하지만 카메라 방향에서 비춰진 적외선 조명은 카메라의 렌즈 앞에 끼워진 필터에 의해 차단되어 적외선 반사 마커만이 카메라에 밝게 감지된다.

3. 캘리그래픽 스트로크를 이용한 가상 스케칭

3.1 가상 스케칭 인터페이스

그림 3-1과 같이 사용자는 편광 안경과 무선완드를 착용하고 두 대의 프로젝션 화면에 실시간으로 전달된 입체 영상을 보면서 공간에 직접 그림을 그리게 된다. 3차원 공간을 활용한 입력 방식으로 사용자는 밀고 당기는 동작을 이용하여 자연스럽게 물체의 원근감과 깊이를 표현 할 수 있다.

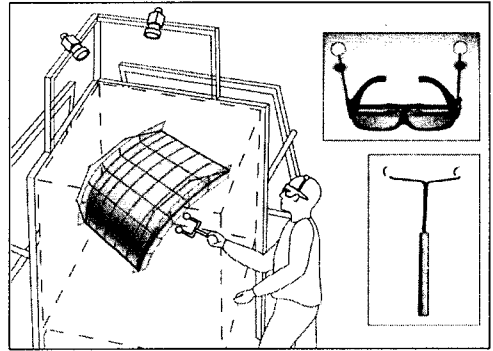


그림 3-1 몰입형 가상환경 시스템을 이용한 모델링

3.2 공간 곡면 생성 알고리즘

3차원 물체를 생성하기 위하여 2개 이상의 곡선에 스키닝 알고리즘을 적용하여 곡면으로 확장하는 방식을 사용하였다. 곡선을 기반한 곡면생성 방식은 직접 곡면을 생성하는 방식에 비하여 곡선이 곡면 생성을 위한 일종의 틀 역할을 하여 사용자는 의도적으로 정교한 곡면을 생성할 수 있다.

본 연구에서 사용된 스키닝 알고리즘은 기존의 곡선 조정점의 좌표를 근거로 스키닝 알고리즘을 진행하는 방식과 달리 곡선들의 조정점의 좌표와 함께 도함수를 적용하여 곡면을 생성한다. 이는 생성되는 곡면을 보다 정확하고 다양하게 표현할 수 있게 할 뿐만 아니라 입력완드의 기울기만으로 도함수의 설정, 변형을 가능하게 한다.

그림 3-2와 같이 완드에 부착된 두개의 적외선 반사 마커 사이의 기울기 값을 스키닝 알고리즘에 적용하여 곡면을 생성한다. 이와 같은 방식은 입력 도구의 움직임을 활용하여 곡면 생성을 위해 필요한 변수 값을 최대한 확보하게 하여 부과적인 정보나 인위적인 장치 없이 최소한의 입력으로 다양한 곡면을 만들어 낼 수 있게 한다.

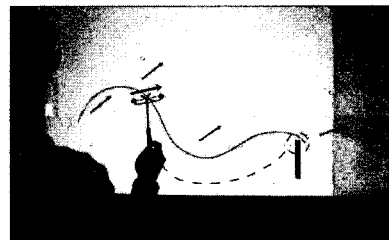


그림 3-2 입력완드 자세에 따른 도함수 적용

B-스플라인 곡면의 조정점 좌표, ρ ,를 얻기 위해 식 3.1에서와 같이 블렌딩 함수와 도함수를 차수별로 나열한 $2(n+1) \times 2(n+1)$ 크기의 역산 행렬과 입력좌표 간의 연산이 필요하다. 여기서 n 은 B-스플라인 곡선의 조정점 개수이다.

(식3.1)

$$\begin{matrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ M \\ \vdots \\ P_{2n-1} \\ P_{2n} \\ P_{2n-1} \end{matrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \Lambda & 0 & 0 \\ -1 & 1 & \Lambda & 0 & 0 \\ N_{0,\rho}(\bar{u}_1) & N_{1,\rho}(\bar{u}_1) & \Lambda & N_{2n,\rho}(\bar{u}_1) & N_{2n-1,\rho}(\bar{u}_1) \\ N'_{0,\rho}(\bar{u}_1) & N'_{1,\rho}(\bar{u}_1) & \Lambda & N'_{2n,\rho}(\bar{u}_1) & N'_{2n-1,\rho}(\bar{u}_1) \\ M & M & O & M & M \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ N_{0,\rho}(\bar{u}_{n-1}) & N_{1,\rho}(\bar{u}_{n-1}) & \Lambda & N_{2n,\rho}(\bar{u}_{n-1}) & N_{2n-1,\rho}(\bar{u}_{n-1}) \\ N'_{0,\rho}(\bar{u}_{n-1}) & N'_{1,\rho}(\bar{u}_{n-1}) & \Lambda & N'_{2n,\rho}(\bar{u}_{n-1}) & N'_{2n-1,\rho}(\bar{u}_{n-1}) \\ 0 & 0 & \Lambda & 0 & 1 \\ 0 & 0 & \Lambda & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_0 \\ \frac{u_{p-1}}{p} D_n \\ Q_1 \\ D_1 \\ M \\ Q_{n-1} \\ D_{n-1} \\ Q_n \\ \frac{1-u_{m-p-1}}{p} D_n \end{bmatrix}$$

조정점의 좌표 연산을 위해 블렌딩 함수와 도함수를 같이 연산함으로 스키닝 알고리즘에 이용한 곡선의 조정점보다 2배 많은 조정점을 얻어 낼 수 있다. 기존에 3차원 모델링 프로그램에서 제시해온 스키닝 알고리즘과 동일한 입력 조건에서 보다 많은 정보를 확보함으로 다양하고 정확한 곡면 생성이 가능하다. 또한 동일한 곡선 입력 조건에서 도함수에 적용되는 완드 기울기의 크기와 방향만을 조정하여 그림 3-3와 같이 다양한 곡면을 표현할 수 있다.

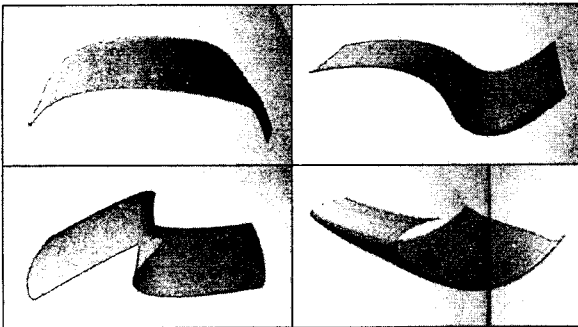


그림 3-3 도함수의 변화로 생성된 다양한 곡면

3.3 실시간 자유 변형 알고리즘

모든 곡선과 곡면은 캘리그래픽 스트로크의 입력만으로 실시간으로 수정, 변형된다. 다중 스트로크의 발전된 형태인 캘리그래픽 스트로크 방식은 물체의 생성 및 변형이 기존의 공학적, 수치적 접근 방식에서 직관적인 형태로 모델링이 가능하게 함으로써 모델링 전문가가 아니더라도 손쉽게 공학적 모델을 생성, 변형 시킬 수 있다. 도함수 값은 곡선 입력 시 곡선의 좌표 값과 동시에 입력되며 입력 모드를 전환하여 캘리그래픽 스트로크에 의해 크기와 방향을 별도로 조절할 수 있다.

또한 중첩 곡선 모드에서는 곡선 좌표 값과 기울기를 함

께 변화 시킬 수 있다. 그림 3-4에서와 같이 곡선과 곡면을 수정, 보완하기 위해 중첩되는 곡선을 입력하여 가장 근접한 곡선을 변화 시킬 수 있고 그와 연결된 곡면 형태의 변형을 얻을 수 있다.

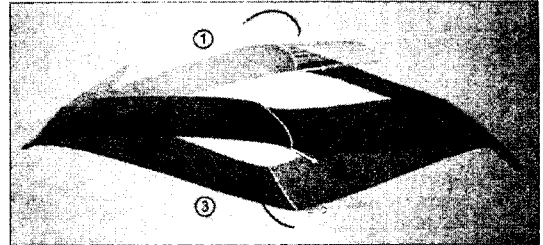


그림 3-4 중첩 입력 스트로크에 의해 변화된 곡면

4. 결론

본 연구에서는 3차원 몰입형 가상환경 시스템에서 캘리그래픽 스트로크를 이용한 인터랙티브 스케치 시스템을 개발하였다. 공간에 직접 드로잉하는 직관적인 3차원 인터랙티브 인터페이스 기술로서 정보의 표현 방식뿐 아니라 정보 입력 방식에 공간을 적극적으로 활용함으로 현실과 같은 자연스러운 3차원 입력 방식을 이용할 수 있다.

3차원 인터랙티브 스케치 시스템에서 기존의 2차원 이미지를 3차원 정보로 전환하는 방식이 아닌 직관적으로 3차원 이미지를 생성하는 방식은 의도하는 최종적인 형상과 가장 근접하게 드로잉되며 디자이너의 감각적인 표현을 최대한 유지시킬 수 있는 직관적이며 유연한 시스템이다. 또한 입력 완드의 기울기 값을 적용한 다양하고 정확한 곡면을 생성하며 생성과 변형을 일관된 스트로크 입력을 통하여 진행하여 누구나 쉽게 활용 가능한 새로운 디자인 시스템으로 기대된다.

참고 문헌

1. Gerold Wesche, Hans-Peter Seidel, "FreeDrawer-A Free-Form Sketching System on the Responsive Workbench", Proceedings of VRST2001, Banff, Alberta, Canada, pp. 167-174, Nov. 15-17, 2001.
2. Steve Schkolne, Michael Pruett and Peter Schroder, "Surface Drawing: Creating Organic 3D Shapes with the Hand and Tangible Tools," Proceedings of SIGCHI 2001, Seattle, WA, USA, pp. 261-268, March 31-April 4, 2001.
3. André Stork, Raffaele de Amicis, "ARCADE/VT - a Virtual Table-centric modeling system," Proceedings of IPT 2000, June 19-20, Ames, IA, USA, 2000.
4. 유충렬, "3차원 디지털 아트를 위한 몰입형 가상환경 시스템 개발", 석사 학위 논문, 중앙 대학교, 첨단영상대학원, pp.14-40, 2003.