

코드랭스 도메인 기법을 이용한 ABS 모델링

김정화*, 박화진*

ABS(Attribute Based Surface) Modeling based on the Chordlength Domain

Kim Jeong Hwa*, Park Hwa Jin*

요약

상 디자인을 모델링 하는 ABS 방법은 물체의 기하학적 특성 속성 정보(점, 곡선, 기울기 등)를 기반으로 하는 모델링 방법으로서, 디자이너들에게 직관적으로 디자인할 수 있게 지원해 준다. ABS 모델링은 다각 패치에 대해 직각삼각형, 정사각형과 같은 항상 균일한 도메인을 가지고 모델링 한다. 이와 같은 방법은 모델링의 속도는 단축시킬 수 있으나 물체 모델링의 특성들과의 보간 과정에서 디자이너의 의도와 다른 오차가 발생 할 수 있다. 따라서 본 논문은 이러한 오차를 최소화하기 위하여 코드랭스 도메인 기법을 이용한 ABS 모델링 방법을 제안한다. 비 균일 도메인을 생성하는 방법 중 하나인 코드랭스 기법은 형상을 구성하는 각 속성들의 길이와 형태에 따라 도메인을 변화시키는 방법이다. 코드랭스 도메인 기법은 MEL을 이용하여 구현하였다.

Abstract

The ABS method which is modeling the shape-design helps designers concentrate upon the design intuitively, using the modeling method based on the geometrical characteristics, the property information (a point, a curve, slopes, etc.). For the multi-sided patches, the ABS Modeling attempts the modeling with the uniform domain like a right triangle and a regular square. The mentioned method can reduce the speed of modeling but it can cause the difference from a designer's intention in the process of interpolation between the attributes for object modeling. Therefore, in this paper, we propose ABS modeling based on the Chordlength domain method to minimize such differences. The Chordlength, one of the methods generating irregular domain, is the technique transforming the domain in accordance with the length and form of attributes which a shape consists of. The Chordlength domain method is performed using MEL.

▶ Keyword : 면 모델링(surface modeling), ABS(attribute based modeling), 코드랭스(Chordlength), 비 균일 도메인(Non Uniform Domain)

• 제1저자 : 김정화

• 접수일 : 2006.08.07, 심사일 : 2006.08.22 심사완료일 : 2006.09.24

* 숙명여자대학 멀티미디어과학

※ 본 연구는 숙명여자대학교 2005년도 교내특별연구비 지원에 의해 수행되었음

1. 서론

컴퓨터 그래픽스에서 곡면 모델링에 대한 연구는 수십년간 계속 되어온 과제이다. 실제로 곡면 모델링을 위해 베지어, 비스플라인, 넵스 등과 같은 여러 가지 방법이 개발되어 널리 사용되고 있다[1].

그림 1은 사람 얼굴을 넵스 기반으로 모델링 한 예를 보여준다. 모델링에서 가지고 있는 많은 곡선들은 디자인을 위한 것이 아니라 단지 넵스 방법으로 모델링 할 때 필요한 요소를 만들어 주기 위한 것이다. 이와 같이 디자이너는 물체를 모델링 할 때 물체의 형태에 관해 생각하는 것과 더불어 특정 형태의 패치 정렬방식도 생각을 해야 한다[2][7].

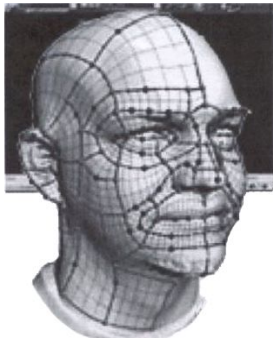


그림 1. 시각 패치 정렬을 요구하는 넵스 기반으로 모델링 된 3차원 얼굴

Fig 1. Head designed by a Nurbs based modeler showing rectangular patch layout needed.

기존의 모델링 방법은 수학적이고 기술적인 부분에서 전문적이고 복잡하기 때문에 형상디자인을 기하학적인 형태로 모델링 하는데 한계를 보인다. 또한 디자이너나 공학자들이 기하학적인 형태를 모델링 할 때 사용되는 수학적 알고리즘은 형상디자인에 대한 집중력을 떨어뜨린다. 그렇다면 디자이너들이 기술적인 알고리즘의 기초 없이도 모델의 중요한 특성들을 자유롭게 표현할 수 있도록 하는 것이 필요하다.

그림 2는 몇 개의 곡선을 가지고 전형적인 형상 디자인을 표현한 것이고, 그림 3은 그림 2의 형상디자인을 ABS 모델링 방법으로 표현한 것이다[5]. 이 모델링은 공학적인 알고리즘을 위한 불필요한 곡선을 만들지 않고 자동차를 이루는 주요 속성인 경계 곡선만으로도 3D 표현이 가능하다.

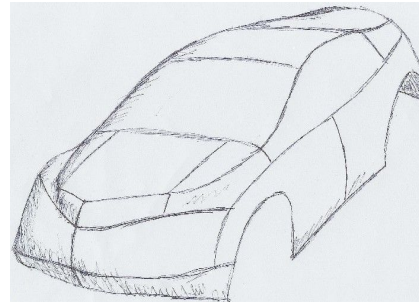


그림 2. 곡선으로 이루어진 형상 디자인
Fig 2. Conceptualizing with curves.

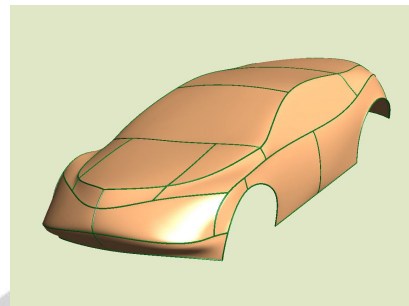


그림 3. 곡면 모델링 결과
Fig 3. Resulting surface model.

ABS(Attribute Based Surface) 모델링은 물체의 특징적인 속성에 초점을 맞추므로서 형상 디자인을 쉽게 모델링 하고 다각 영역을 통합함으로써 자유로운 디자인 기술을 가능하게 하는 방법이다. ABS 모델링을 생성하는데 필요한 속성 정보로는 점, 곡선, 기술기, 경계선과 같은 간결한 입력으로 형상 디자인을 이해 가능한 것을 의미한다. 더하여, 형상 디자인에서 나타나는 형태를 일정한 사각, 삼각 패치가 아닌 다각 패치(Multi-sided patches)와 정렬을 맞추기 위한 공학적인 알고리즘에 신경 쓰지 않아도 되는 자유로운 형식의 위상(Freeform topology)을 지원한다. 기존의 모델링 방법과는 달리 특징적인 속성 정보에 기반을 두기 때문에 항상 다른 곡선들과 연결될 필요가 없다. 또한 간단한 정보만을 가지고 곡면을 모델링 하면 결과는 빠르게 계산되고, 높은 해상도를 수행하며, 패치의 개수가 작아지기 때문에 물체를 만들기 위해 필요한 데이터의 량도 줄어들게 된다. 더불어 계산도 보다 빨라지게 된다[4]. 위에서 언급한 것과 같이 형상 디자인을 모델링 하기위한 ABS 모델링 방법은 여러 가지 장점을 가진다.

이러한 특징을 가지는 ABS 모델링은 다각 패치를 생성할 때 2차원의 매개변수 도메인(Domain)의 형태를 항상 균일하게 유지한다. 형상 디자인의 삼각 패치의 경우에는 삼각 패치의 형태에 관계없이 항상 직각 삼각형과 같은 균일한 도메인을 사용하며, 사각 패치의 경우에는 항상 정사각형 도메인을 사용한다. 균일한 도메인은 형상디자인을 모델링함에 있어 시간을 단축시키는 효과가 있지만 형상 디자인의 곡면 모양을 그대로 반영하지 못해 실제 디자인과 모델링 사이의 오차가 발생할 수 있다.

이에 본 논문은 ABS 기법을 이용하여 형상 디자인을 모델링 할 때 형상 디자인과 모델링 사이의 나타나는 오차를 최소화하는 방법으로 비 균일 도메인을 생성하는 방법 중 하나인 코드랭스(Chordlength) 도메인 기법을 제안한다. 또한, ABS 모델링 기법을 이용하여 사용자를 위한 인터랙티브한 인터페이스가 구현 되어 있지 않으므로 이를 구현하여 사용자의 편의를 도모한다.

II. 본 론

1. ABS(Attribute Based Surface) Modeling

ABS 모델링은 형상 디자인을 모델링하기 위한 기술로 간단한 특징적인 속성 정보로 모델링을 생성한다. 속성 정보로는 점, 곡선, 기울기 등을 들 수 있다. 이 방법은 기존의 모델링에서 사용한 패치의 정렬방식이 아닌 물체의 특징적인 정보에 집중하기 때문에 사용자들이 디자인에 집중할 수 있다.

가중 이산 최소 제곱법(weighted discrete least squares solution)을 이용하고, $x=(x, y, z)$ 를 최소화한다. 주어진 점 $x_i=(x_i, y_i, z_i)$ 는 가중치이다.

$$\sum_i [(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2 + (z-z_i)^2] W_i(x, y, z) \dots\dots\dots (1.1)$$

이것은 가장 큰 가중치를 가진 $W_i(x,y,z)$ 를 가진 점에 대해 제거하는 방법이다. 먼저, U_i 는 2차원에 간단한 물체(점 혹은 곡선)라고 하자. 이것은 그림 4에서 직선 u_1 와 곡선 u_2 가 물체의 풋프린트(footprint)가 된다. ABS모델링은 그림 4에서 보이는 것처럼 식 (1.1)을 사용하여 2차원의 매개변수함수로 시작한다. 이 매개변수

함수는 3차원에서 보간 점과 보간 곡선들에 사용되는 가중치를 제공한다.

2차원에서 어떤 u 에 대해 $P_i(u)$ 는 각각의 풋프린트 U_i 의 특정 점 u_i 로 투영된다. 각각의 풋프린트는 속성 함수 (attribute function) f_i 이다. 이 함수는 U_i 로 3차원에 그려진다. 여기서 $f_i(U_i)$ 는 속성(attribute)이라고 한다. 특정 공간에 점과 곡선들에 대해 생각해 보자. 어떤 매개변수 u 는 점들 $f_i(u_i) = x_i$ 에 가중최소 제곱법을 적용하여 3차원 공간에 $F(u) = x$ 가 된다. 이러한 가중치는 u 와 투영된 u_i 의 상호간 거리로 주어진다.

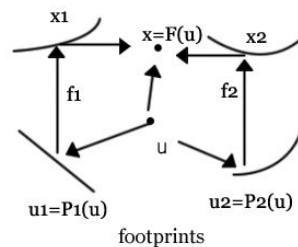


그림 4. 풋프린트와 속성들을 통한 u 에서 x 까지 맵핑

Fig 4. Map u to x via footprints and attributes.

예를 들어 그림 5에 다각형의 가장자리는 풋프린트가 된다. 풋프린트 공간의 u 는 직선 풋프린트에 따라 u_1 로 투영하고, 이것은 울퉁불퉁한 속성 곡선으로 그려진다. 위와 비슷하게 u 에서부터 u_i 까지는 다른 풋프린트와 그에 따른 속성들로 그려진다. 점 $x = F(u)$ 는 이러한 특성 속성 점들에 대하여 식 (1.1)로 계산된다. 가중치는 점들에 상응하는 u 와 u_i 사이의 거리로 계산된다. 거리의 역할은 풋프린트에 가까워질수록 u 는 큰 가중치를 만들게 하고, $F(u)$ 가 대응하는 특성 속성에 접근하게 한다. 주어진 u 는 다양한 보간 곡면을 산출한다.

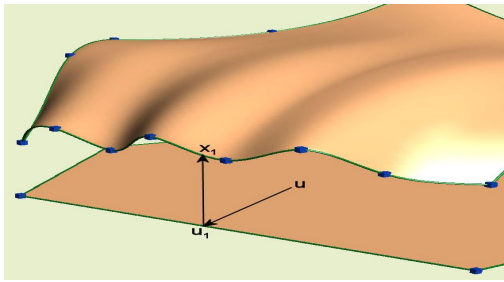


그림 5. 풋프린트를 통한 u 에서 x_1 까지 맵핑

Fig 5. Map u to x_1 via footprint.

그림 5에서 곡선에 가까운 곡면일수록 곡선의 형태에 더 밀접하게 영향을 받아들인다. 곡면의 중앙에서 가중치는 속성 $f_i(u)$ 의 평균치가 된다. 다음의 식으로 일반화 할 수 있다.

$$F(u) = (x, y, z) = \sum_i f_i(u) W_i(u) / \sum_i W_i(u) \dots\dots\dots (1.2)$$

정리하면 속성함수 f_i 와 가중치 W_i 는 분리된 매개 변수 공간(즉, 풋프린트 공간)에서 계산된다[2][3].

2. 코드랭스(Chordlength) 도메인 기법을 이용한 ABS 설계

ABS 모델링 방법을 코드랭스 도메인 기법을 이용하여 삼각패치를 설계한다. 기존의 ABS 모델링은 어떤 형태의 디자인이든 상관없이 항상 균일한 형태의 도메인을 사용하였다. 이러한 도메인은 곡면의 모양을 정확하게 반영하지 못하기 때문에 오차가 발생할 수 있다. 코드랭스 도메인 기법은 기존에 사용되고 있는 방법으로 주어지는 패치의 길이와 형태를 그대로 유지함에 초점을 맞춘다[6]. 이는 삼각 패치의 형태가 달라짐에 따라 풋프린트의 도메인도 매우 유연하게 반응하게 함으로써 기존의 형태를 매우 충실하게 표현하는 결과를 가질 수 있다.

형상 디자인의 삼각패치를 모델링하기 위해 속성 정보로 3개의 곡선이 주어진다고 가정한다. 속성 함수의 설계는 아래의 5단계를 거친다.

- 1단계 : 주어진 3개의 곡선 길이를 각각 계산하여 길이가 가장 긴 곡선을 찾은 후, 가장 긴 곡선을 길이가 1인 직선 풋프린트의 기본 밀변으로 설정한다.
- 2단계 : 나머지 꼭짓점 위치를 찾는다. 이로써 곡선의

길이와 형태에 따른 도메인이 결정된다.

- 3단계 : 계산된 각 꼭짓점의 위치로 풋프린트를 설계한다.
- 4단계 : 각 곡선의 위치가 형태에 영향 미치는 가중치 값을 계산한다.
- 5단계 : ABS 모델링 일반화 공식에 적용한다.

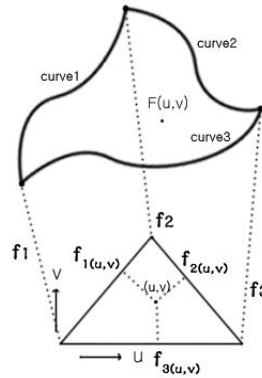


그림 6. 코드랭스 도메인 기법을 이용한 삼각 패치 설계

Fig 6. Three-sided patch design using the Chordlength domain method

먼저, 그림 6에서 보이는 것처럼 3개의 곡선은 3차원에 주어진다. 3차원의 각 곡선은 2차원의 직선으로 표현되고, 이것이 3개의 직선 풋프린트가 된다. 1단계로 가장 긴 곡선을 기본 밀변으로 하기 위해, 각 곡선의 길이 값을 구하여 밀변곡선을 정한다.

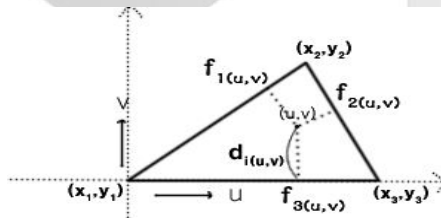


그림 7. 도메인 설정

Fig 7. Domain setting

선택된 곡선은 그림 7과 같이 삼각 패치의 2차원 풋프린트로 밀변이 된다. 밀변의 길이는 임의로 1로 정한다. 즉, u 의 길이 값을 1로 만들을 의미한다.

2단계에서는 삼각도메인을 완성하기 위해 삼각도메인의 나머지 한 꼭짓점의 위치 값을 파악한다. 다음 3단계로 균일한 도메인의 형태가 아닌 형상디자인의 형태를 유지한 도메인에 따른 풋프린트를 설계 할 수 있다. 2차

원의 어떠한 점 (u, v) 는 그림과 같이 각각의 특정한 점 $f_i(u, v)$ 로 투영된다. 각 푼프린트는 속성 함수 (attribute function) f_i 로 표현할 수 있다. 2차원에서 구해진 값 $f_i(u, v)$ 은 다음에 3차원에서 그려지게 된다. 도메인의 푼프린트 f_i 의 공식은 식 (2.1)과 같이 설계한다.

$$f_i = \frac{(x_i - u)(x_i - x_{i+1}) + (y_i - v)(y_i - y_{i+1})}{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} \dots (2.1)$$

4단계에서는 3차원에서 각 곡선이 $F(u, v)$ 값에 미치는 영향을 가중최소제곱방법으로 구한다. 2차원에서는 (u, v) 와 투영된 점 $f_i(u, v)$ 사이의 거리가 가중치가 된다. (u, v) 와 $f_i(u, v)$ 사이의 거리는 (u, v) 과 $f_i(u, v)$ 의 시작점 사이의 거리와 동일하다고 가정하고 거리의 가중치를 구하는 함수 d_i 는 식 (2.2)와 같이 설계할 수 있다.

$$|f_i(u, v) - (u, v)| = \sqrt{(f_i(u) - u)^2 + (f_i(v) - v)^2} \dots (2.2)$$

마지막 단계로 푼프린트 f_i 와 d_i 가 구해지면, 식 (2.3)에 대입 시킨다.

$$F(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^3 f_i(u, v) \times \frac{1}{d_i}(u, v)}{\sum_{i=1}^3 \frac{1}{d_i}} \left(\frac{1}{d_i} = W_i \right) \dots (2.3)$$

그리하여, f_i 의 값과 d_i 가중치 값을 이용하여 결과 값 $F(u, v)$ 가 나온다. 결과 값은 3차원 곡면상의 한 점 이 된다.

균일 도메인과 코드랭스 도메인의 오차는 속성정보의 추가로 확연히 드러난다. 기존의 만들어진 형상 모델링에 간단한 속성정보, 즉 곡선 혹은 점 추가에 따른 변화를 알 수 있게 인터랙티브한 인터페이스를 설계하고자 한다. 그림 8은 3차원에 속성정보 점 $P(u, v)$ 를 추가한 것이다.

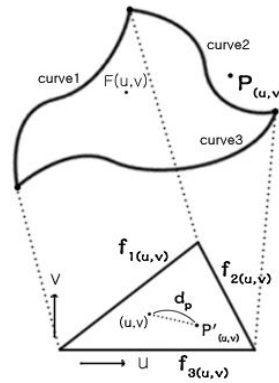


그림 8. 속성정보 점 $P(u, v)$ 입력
Fig 8. Attribute information point $P(u, v)$ input

기존에 속성함수 f_i 와 d_i 에 추가된 점 $P(u, v)$ 의 속성함수 f_p 와 d_p 의 정보를 설계하여 추가해 주면 간단하게 결과를 확인할 수 있다. f_p 함수는 3차원의 $P(u, v)$ 가 아닌 2차원으로 투영한 $P'(u, v)$ 의 함수이고, d_p 는 (u, v) 와 $P'(u, v)$ 사이의 거리를 뜻한다. 식 (2.4)과 같이 설계한다.

$$\begin{cases} f_p = P'(u, v) \\ d_p = \sqrt{(P'(u) - u)^2 + (P'(v) - v)^2} \end{cases} \dots (2.4)$$

설계된 속성 함수는 식 (2.5)에 대입한다.

$$F(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^3 f_i(u, v) \times \frac{1}{d_i}(u, v) + f_p(u, v) \times \frac{1}{d_p}}{\sum_{i=1}^3 \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_p}} \dots (2.5)$$

3. 실험 및 고찰

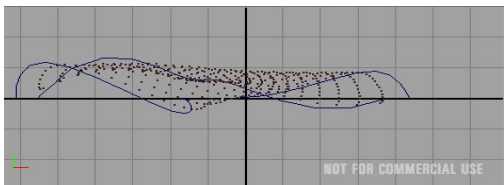
3.1 코드랭스 도메인 기반의 삼각패치

본 절에서는 2절에서 설계된 공식을 기반으로 하여 Windows XP 운영체제에서 Maya 7.0과 MEL을 이용하여 구현하였다.

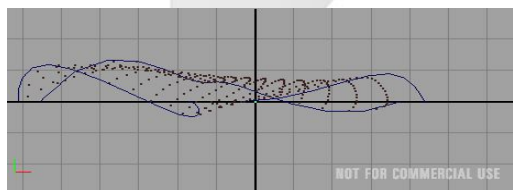
실험방법은 Maya를 이용하여 속성으로 주어질 곡선을 그려 준다. 그려진 세 개의 곡선을 선택하고 균일 도메인 기법을 이용한 모델링과 2절에서 설계된 코드랭스 도메인 기법을 실행하여 두 모델링의 결과를 비교한다. 속성은 곡선으로 주어지는 것 외에 점 속성의 추가에 따른 결과도 비교한다.

균일 도메인의 모델링을 보완하고자 제안하는 방법이 비 균일 코드랭스 도메인 기법이다. 코드랭스 도메인은 균일 도메인에 비해 속성 정보에 유연하게 반응하여 언제나 다른 형태의 도메인을 유지 할 수 있다. 코드랭스 도메인은 원형과 비슷한 형태의 도메인을 유지함으로써 균일한 도메인에 비해 형상에 더 유사한 모델링이 가능하다. 이번 절에는 앞장에서 설계된 모델링 방법을 실제로 구현한다.

아래의 그림 9는 코드랭스의 결과 화면이다.



(a) 균일 도메인 기반 모델링



(b) 코드랭스 도메인 기반 모델링

그림 9. 각 도메인에 따른 삼각패치 모델링
Fig 9. Triangular patch modeling according to each domain

도메인에 따른 모델링 결과를 비교해 보았을 때 비 균일 코드랭스 도메인 기법은 균일인 직각삼각형 도메인 기법과 약간의 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 이 차이는 속성 정보 추가에 따른 결과를 보면 더욱 쉽게 알 수 있다.

그림 10은 주어진 삼각패치 속성 정보에 다른 속성 정보로 점이 추가되었을 때 균일 도메인과 코드랭스 도메인 기법을 이용하여 각각 모델링한 결과를 나타낸다. 따

라서 이 예제에서는 3개의 곡선과 1개의 점이 속성 정보가 된다. 도메인에 따른 결과화면을 도메인을 나열하여 보이고 있다. 속성 점 추가에 따른 균일도메인의 결과는 점의 영향을 받아야할 부분이 아닌 다른 곳에 영향을 주어 비스듬하게 모델링되는 것을 볼 수 있다. 이것은 사용하여 사용자가 원하는 위치와 도메인의 위치가 동일한 곳을 가리지 않기 때문에 발생한다. 그에 비해 코드랭스 기법을 이용한 것은 균일도메인과 동일한 지점에 속성 점을 추가하였을 때 사용자가 예상하는 위치에 모델링이 됨을 알 수 있다. 그러므로 사용자가 쉽게 수정이 가능하고, 변형함에 있어 코드랭스 도메인 기법을 이용한 모델링이 더욱 효과적임을 증명할 수 있다.

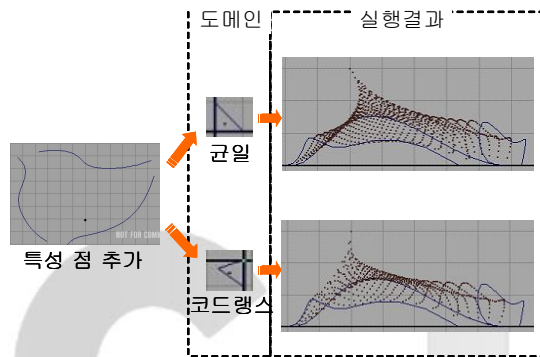
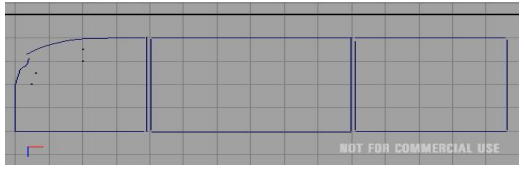


그림 10. 특성 점 추가함에 있어 도메인에 따른 결과
Fig 10. Result according to the domain in adding the specific point

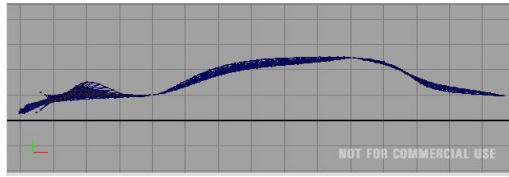
3.2 응용 사례 구현

본 논문에서 제시하는 코드랭스 도메인 기법을 이용하여 자동차 모델링 사례를 구현하고, 같은 사례에 균일한 도메인을 이용하여 구현한 ABS 모델링과 비교한다. 또한 식(2.2)에서 설계한 속성 정보 추가에 따른 인터랙티브한 인터페이스를 구현을 보인다.

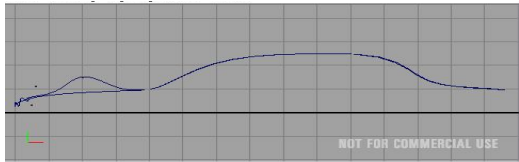
임의의 사고가 일어난 자동차의 충돌을 자동차 형상 디자인에 속성 점을 그림 11처럼 추가하여 표현한다. 자동차의 앞은 두개의 곡선으로 찌그러진 모습을 표현하고 4개의 속성 점을 추가하여 곡선으로 표현되지 않는 부분을 추가하여 나타내준다.



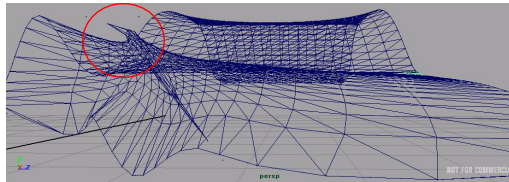
(a) top



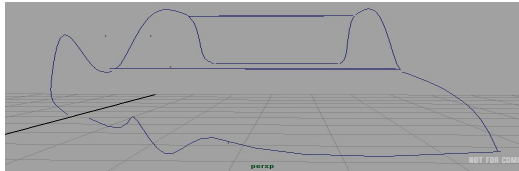
(b) side



(b) side



(c) front

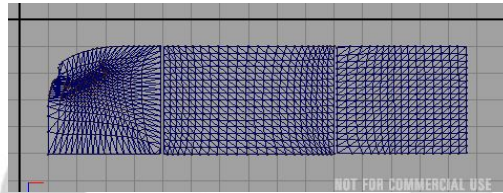


(c) perspective

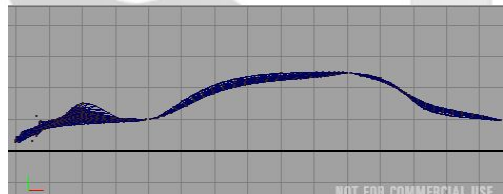
그림 11. 특성 속성 정보 점이 추가된 형상 디자인
Fig 11. Geometry design added by the property attribute point

그림 12는 그림 11의 충돌한 자동차 형상 디자인을 균일한 도메인 기법을 이용하여 모델링 한 결과이다. 자동차의 충돌 모습을 그림 12(c)의 정면에서 보면 충돌을 나타내기 위해 사용자가 임의로 설정해준 점 속성의 위치와는 다른 방향으로 모델링 결과가 나타남을 볼 수 있다. 즉 사용자가 의도한 방향으로 모델링 되지 않고 있는 것이다. 이는 형상 디자인의 형태를 반영하지 못한 결과로 코드랭스 도메인 기법을 이용하여 해결 할 수 있다.

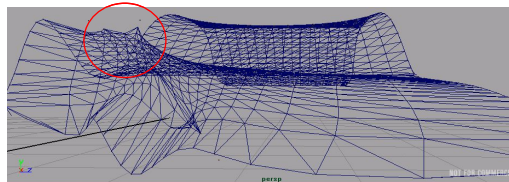
그림 12. 균일 도메인 기반의 모델링 결과
Fig 12. Uniform domain based modeling result



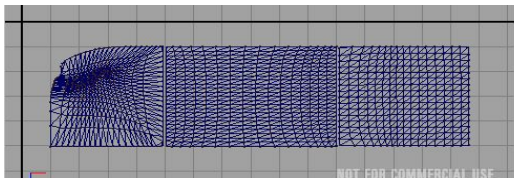
(a) top



(b) side



(c) front



(a) top

그림 13. 코드랭스 도메인 기반의 모델링 결과
Fig 13. Chordlength domain based modeling result

그림 13은 코드랭스 도메인을 이용한 결과이다. 그림 13(c)의 점 속성을 이용하여 충돌을 나타내는 부분을 보면 균일한 도메인과는 달리 사용자가 의도하는 곳으로 모델링이 됨을 보여준다. 이것은 코드랭스 도메인 기법이 형상디자인에 충실히 이행하여 디자인과 모델링 사이의 오차를 줄이고, 사용자가 예측 가능한 곳에 모델링이 됨을 증명한다.

III. 결론

형상 디자인을 모델링함에 있어 ABS 방법은 특성 속성 정보(점, 곡선, 기울기 등)들만 가지고 가능하다. 이 방법은 항상 수학적인 알고리즘을 필요로 하는 다른 모델링 기술 보다 편리한 특성을 몇 가지 가진다. 하지만 기존의 ABS모델링은 다양한 다각 패치에 대해 항상 균일한 도메인을 가지고 모델링 한다. 이러한 방법은 모델링의 속도는 단축시킬 수 있으나 형상디자인과 생성한 모델 사이에 오차가 발생할 수 있다. 또한 어떤 특성 속성 정보의 입력에 따른 변화가 사용자가 예측한 결과와 다를 가능성이 많다. 따라서 입력되는 형상디자인의 다양한 형태에 따라 도메인도 비 균일하게 변화하는 코드랭스 기법을 활용한 모델링을 제안하였다. 코드랭스는 다각 패치의 길이와 형태에 따른 도메인을 생성한다.

본 논문에서 제안된 비 균일 도메인 기법인 코드랭스는 균일에 비해 다양한 장점을 지닌다. 첫째로 균일하지 않고 변화하는 형상 모델에 항상 유연하게 접근 할 수 있다. 그리하여 실 디자인과 모델링 된 형태의 오차를 최소화한다. 둘째로 추가적인 특성 정보의 입력에 있어 사용자가 원하고 생각하는 곳에 입력이 가능하고 사용자가 형태의 변화를 예측 할 수 있다.

향후의 과제로는 여러 패치와 패치가 서로 연결이 될 때 이 부분의 부드러운 연결 방법과 푼프린트가 직선인 아닌 곡선일 때는 어떤 변화가 생기는가에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] 이현찬, 채우원, 최 영, 컴퓨터 그래픽스 및 형상모델링, 시그마프레스, 1997.
 [2] 김정화, 박화진, "Attribute Based ModelingTM

surface 디자인을 위한 인터페이스 설계 및 구현", '06, 정보처리학회 춘계학술발표회 논문집, 2006
 [3] 김정화, 박화진, "정삼각형 도메인 기반의 Attribute Based Surface Modeling 및 인터페이스 디자인", '06, 한국멀티미디어학회 춘계학술발표회 논문집, 2006
 [4] Yu, Y., et al. 2004. Mesh Editing with Poisson-Based Gradient Field Manipulation, ACM SIGGRAPH 2004, August, 644
 [5] Yoshizawa, S., Belyaev, A. G., and Seidel, H. P. 2004. A fast and simple stretch-minimizing mesh parameterization, Proceedings of SMI04, Genova, IEEE Computer Society Press.
 [6] Gerald Farin, 1997, Curves and Surfaces for Computer-Aided Geometric Design, Academic Press
 [7] 김혁진, NURBS의 차수 감소 방법을 이용한 근사변환, 한국컴퓨터정보학회 논문지, 2003,8

저자 소개



김정화(Jeong-Hwa Kim)
 2003년 2월 : 대구대학교 멀티미디어과학 (공학사)
 2006년 8월 : 숙명여자대학교 멀티미디어과학 (공학석사)
 <관심분야> : 컴퓨터그래픽스, 멀티미디어



박화진(Hwa-Jin Park)
 1987년 2월 : 숙명여자대학교 컴퓨터과학과 (공학사)
 1989년 2월 : 숙명여자대학교 컴퓨터과학과 (공학석사)
 1997년 2월 : 아리조나 주립대 컴퓨터과학과 (공학박사)
 1997년 ~ : 삼성 SDS
 2000년 3월 ~ 현재 : 숙명여자대학교 멀티미디어과학과 교수
 <관심분야> : 컴퓨터그래픽스, 가상현실, 멀티미디어