

## 3차원 그래픽 데이터의 저작권 보호를 위한 정보삽입 방법

이 덕\* · 최중욱\*\*

\* 상명대학교 컴퓨터학과

\*\* 상명대학교 정보통신학부

### Information Hiding in 3-D Graphic Data for Copyright Protection

Duk Lee\* · Jong U. choi\*\*

#### 요 약

본 연구는 3차원 컴퓨터 그래픽 데이터의 디지털 저작권 보호를 위하여 3차원 데이터에 저작권을 주장하는 워터마크를 삽입하고 원본 없이도 추출할 수 있는 방법을 제안한다. 본 연구에서는 벡터의 개념을 사용하는 3차원 모델 가운데서도 많이 사용되고 있는 Spline방식으로 모델링 된 그래픽 데이터에 정보를 삽입, 추출하는 기술로서 추출 시에는 원본을 필요로 하지 않는다는 것이 특징이다. 좌표자체를 변경하지 않기 때문에 정보를 삽입한 후 3차원 데이터의 양에 작은 변화가 있지만 시각적으로 구분이 안될 정도로 3차원 모델의 형태를 완벽히 유지한다. 또한 삽입된 정보가 쉽게 노출되지 않으며 많은 양의 데이터를 삽입할 수 있다.

Key words: 컴퓨터 그래픽, Spline모델링, NURBS, Knot 벡터, 정보삽입

#### 1. 서 론

컴퓨터 그래픽은 뛰어난 표현 능력과 표현 기법 그리고 복제와 제작에 이르는 기능과 경제성은 기존의 개념마저 바꾸어 놓을 만큼 혁신적인 분야로 최근에는 거의 모든 디자인에 폭 넓게 활용되고 있다. 특히, 예술의 상업화와 대중화가 확산되면서 디자이너들은 늘 새로운 이미지가 선택되어야 하는 디자인을 끝없이 공급해야 하는 고민에서 컴퓨터를 사용함으로써 이러한 창조의 과정을 보다 빠르게 진행시키며 손으로 표현할 수 없던 실사들의 이미지 합성 등 뜻밖의 효과와 다양한 결과물들을 손쉽게 얻어낼 수 있게 되었다. 따라서 컴퓨터를

통하지 않고는 변화하는 시대의 감각을 리드하기는 어렵게 되었다.

디지털 정보는 그 특성상 원본과 동일한 복사본 혹은 변형 본을 쉽게 만들어 낼 수 있을 뿐 아니라, 손쉽게 배포가 가능하기 때문에 디지털 정보의 역기능으로 이러한 불법적인 복사 및 배포 등이 나타나고 있다. 특히 벡터 프로그램을 포함한 컴퓨터 그래픽 파일은 제작 시에 상대적으로 많은 비용과 시간을 요구하기 때문에 만일 불법복사나 배포가 있는 경우에는 만든 사람의 저작권이나 창작 의욕의 상실은 물론 개인이나 기업, 나아가서는 국가적인 손실을 초래할 수 있으므로 이에 대한 관리 및 저작권 보호가 시급한 실정이다. 하지만,

멀티미디어 콘텐츠로서 3차원 그래픽 데이터 모델에 대한 연구는 모델의 형태구조상의 특징 등으로 기타 콘텐츠들을 대상으로 한 연구에 비해 기술개발이 어려워 현재는 새로운 알고리즘이나 방법이 시도되고 있으며 아직까지는 명확한 해결책이 확립되지 않은 영역이다. 따라서 이러한 3차원 그래픽 데이터의 워터마킹(watermarking) 방법도 현재 개발되고 있는 실정이다.

종래에는 3차원 컴퓨터 그래픽을 위한 하드웨어로는 고가의 워크스테이션이나 대형컴퓨터 등이 주류였으나 개인용 컴퓨터(PC)의 성능이 대폭 강화되면서 펜티엄급의 컴퓨터에서도 매우 강력한 3차원의 컴퓨터 그래픽 소프트웨어를 운영할 수 있게 되었다. 즉, 각 장면마다(시간에 따라) 조금씩 다른 위치와 모양을 갖는 스틸 이미지를 생산하는 방법으로서 컴퓨터를 이용하게 되었다. 이로 인하여 다른 방법에 비해 많은 비용과 시간을 요구하지만 실시간 촬영을 통해서 얻을 수 없는 상상 속의 영상을 만들어 낼 수 있어 SF 영화는 물론 강력한 시각적 메시지를 전달하고자 하는 CF 등의 영상제작에 활용되고 있다.

이밖에도 기계설계나 제도등에 사용되는 CAD(Computer Aided Drawing)나 CAM(Computer Aided Manufacturing)등도 2차원적으로 컴퓨터를 이용하는 프로그램이다.

그러나 컴퓨터 그래픽을 통한 데이터의 경우 많은 비용과 시간이 소요되는데 비하여 디지털 데이터의 특성상 복사가 용이하고 또한 복사된 경우 원본과 전혀 차이가 없다. 또한 원래 디지털 데이터를 사용하여 손쉽게 편집이 가능하고, 무제한 적으로 배포가 가능하기 때문에 이러한 디지털 데이터에 대한 불법복제를 방지하고 이에 대한 인증을 통하여 저작권을 보호할 수 있는 방법이 마련되어야 한다.

워터마킹 기술은 인증 또는 저작권 보호의 목적으로 저작권자의 로고나 인증정보 등을 데이터에 삽입하는 기법으로서, 이와 같은 기술에 의해 데이터의 소유자를 밝혀낼 수가 있다. 현재

상당한 수준까지 발전하였는데 이미 이미지, 오디오 비디오 등 다양한 콘텐츠를 보호대상으로 하는 다양한 기술들이 연구되었거나 또는 연구되고 있다. 하지만 멀티미디어 콘텐츠로서 3차원 그래픽 모델에 대한 연구는 모델의 형태구조상의 특징 등으로 기타 콘텐츠들을 대상으로 한 연구에 비해 기술개발이 어려워 현재는 새로운 알고리즘이나 방법이 제안되고 있으며 아직까지는 확립되지 않은 영역이다.

본 연구에서는 이러한 문제의 해결을 위하여 3차원 모델링의 한 방식인 Spline유형의 NURBS모델링을 대상으로 정보를 삽입, 추출하는 알고리즘을 제안한다. 정보의 삽입 대상에 따라 삽입되는 정보의 양이 차이가 있으나 많은 양의 정보를 삽입할 수 있으며 삽입 후 3차원 모델은 시각적으로 구분이 안될 정도로 원형을 완벽히 유지한다. 그리고 추출 시에는 원본 없이 추출이 가능하여 원본을 보관하거나 원본이 손상을 입는데 따른 불편을 덜 수 있게 되었다.

서론에 이어 2절에서는 본 연구에 관련된 기존의 연구들에 대해 소개를 하고, 3절에서는 구체적인 삽입 알고리즘과 추출알고리즘을 소개하며, 4절에서는 알고리즘에 따른 대상 콘텐츠에 대한 실험결과를 보여주며, 5절에서는 결론과 향후 연구방향에 대하여 논한다.

## 2. 관련연구

### 2.1 정보의 삽입을 위한 대상 모델링

3차원의 모델에 정보를 삽입하는 대상으로서 모델링 방식은 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 하나는 점, 선, 다면체 등으로 이루어진 폴리곤(Polygon)형식이다. 그리고 다른 하나는 파라미터 형의 곡선, 곡면등으로 이루어지는 형식인데, 여기에는 Bezier, B-spline, NURBS 곡선 등이 포함된다.

컴퓨터를 통해 모니터 상에서 작업되는 데이터는 수학적 표현으로 바뀌어 컴퓨터에 저장된다. 이 수학적 표현 방식에 따라 곡선 또는 곡면의 성질이 결정되고, 서로 다른 시스템 간의 인터페이스에도 영향을 미치므로 기본적인 수학적 표현을 이해하는 것이 필요하다. 여기서는 기본적인 곡선의 성질에 대해서만 언급하며, 곡면의 경우는 곡선의 이론을 확장한 것이다.

스플라인(Spline) 곡선이라 함은 정해진 점을 지나면서 곡률의 합이 최소가 되도록 표현하는 것으로, 상기 spline 곡선을 지나는 점이 Knot이며, 컨트롤 포인트 및 그에 따른 가중치(Weight)에 의하여 연속된 곡선의 표현이 자연스럽다. 상기 Bezier 곡선이라 함은 1971년 프랑스 르노 자동차의 P. Bezier에 의해서 고안되었으며, 곡선상의 한 점의 위치는 다각형의 CV(Control Vertex)의 위치가 영향을 미치며, 각 CV의 영향을 블렌딩(Blending) 함수로 나타낸다. 그림은 3차 Bezier 곡선을 나타내며, (곡선의 차수 + 1) 이 CV의 개수가 되며 곡선의 수정이 용이하다는 장점을 가지고 있다.

B-Spline 곡선은 상기 Bezier 곡선과 마찬가지로 다각형에 의해서 정의되지만, 상기 Bezier 곡선과 달리 다각형의 모든 CV가 곡선상의 한 점에 영향을 미친다는 것이다. 상기 CV를 이동해도 수리적인 연속성은 보장된다. 또한 상기 NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline) 곡선은 상기 B-Spline의 확장된 형태로 Non-Uniform이라 함은 각 Knot 간의 간격이 일정하지 않을 수 있다는 것이며, Rational은 다각형의 CV에 가중치를 주어 곡선의 형태를 조절할 수 있는 것을 말한다. 상기 NURBS 모델링은 곡선을 다양하게 표현할 수 있는 여유를 두어, 최근 컴퓨터를 이용한 디자인 모델링의 표준이 되고 있다. 이 곡선은 베지어 곡선의 연속된 곡선의 표현의 약점을 보완하면서 수정이 용이하다.

## 2.2 3차원 모델링에 따른 정보삽입 방법

3차원 모델에 정보를 삽입하는 기술은 그 대상에 따라 크게 Polygon 모델에 삽입하는 기술과 Spline모델을 대상으로 하는 두 부류로 나눌 수 있다. Polygon 모델에 워터마크를 삽입하는 기술은 주로 폴리곤 메쉬(Polygon mesh)의 형태, 속성에 삽입하는 데 그 구체적인 방법은 대표적으로 세 가지의 방식이 잘 알려져 있다[Ohbuchi97, Kanai98, Ohbuchi98a, Ohbuchi98b, Benedens99, Praun99, Yeo99, Wagner00]. 그 첫 번째 방법은 좌표 값을 변경하여 삽입하는 방식이고, 두 번째는 vertex 좌표 값의 변환영역에 삽입하는 방식이며, 세 번째는 위상을 변경하여 삽입하는 방식이다. Spline모델을 대상으로 하는 방법으로는 파라미터형의 곡선, 곡면에 정보를 삽입하는 방법이 있다.

첫 번째의 좌표 값의 변경에 삽입하는 방식은 Ohbuchi[Ohbuchi97] 등이 제안한 방식으로서, 상사변환이나 Affine변환에 변하지 않는 양, 즉 삼각형의 면적과 이를 토대로 만들어진 사면체의 체적의 비 등을 계산하고, 이 값을 이용하여 정보를 삽입한다. 즉, 상기 워터마크의 삽입을 위하여 좌표 값의 변경하여 상사 삼각형을 창조한다든지, 사면체의 체적의 비를 변화시키는 등 방식으로 심볼의 삽입을 위한 프리미티브들(Primitives)을 얻어낸다.

두 번째의 vertex 좌표 값의 변환 영역에 삽입하는 방식은 Kanai[Kanai98]가 제안한 방식으로서, 삼각형 mesh를 웨이블릿 변환하고, 그 변환영역의 계수를 조작하여 워터마크를 삽입하는 방식으로서, 상기 Affine변환 또는 vertex좌표에 중첩되는 랜덤 노이즈(random noise)를 가하는 등 조작에도 강인한 것으로 알려졌다. Praun [Praun99]도 Kanai와 유사한 방법으로 웨이블릿 변환영역에 삽입하는 방법을 제안하였다.

세 번째의 위상변환에 삽입하는 방식도 역시 Obuchi[Ohbuchi98a]가 제안한 방법으로서, 3차원 모델의 토폴로지, 즉 vertex의 결합관계를 변화하여 정보삽입을 실현하였다. 상기 Polygon mesh의 형태속성에 삽입하는 방법도 Ohbuchi[Ohbuchi98b]가 제안한 방법으로서, 상기 Polygon mesh의 형태에 따르는 속성, 예를 들면 vertex 법선 벡터, 색, texture 좌표, 면의 투명도, 사면체의 온도와 투명도 등을 변경하여 정보를 삽입하였다.

위에서 설명된 세 가지의 Polygon형식에 삽입하는 방법은 좌표, 토폴로지 등을 변경으로 인하여 완벽한 형태의 보존이 어렵고 추출 시에는 원본이 필요한 등 제한 점을 가지고 있다.

Spline모델을 대상으로 파라미터형의 곡선, 곡면에 정보를 삽입하는 방법도 Ohbuchi[Ohbuchi99]가 제안을 하였다. 이 방법은 선형유리함수를 이용하여 곡선, 곡면을 재 파라미터화하여 곡선, 곡면을 재현하는 방식으로서, 상기 Polygon형식의 방법들과는 전혀 다른 방법을 사용하였다. 상기 워터마크의 삽입은 재 파라미터화에 사용된 선형유리함수가 정해진 직선을 기준으로 진동하는 편이치를 조작하는데, 구체적으로 이 편이치를 직접 진폭 변조하여 진행하였다. 하지만 이 방법도 추출 시에 원본이 필요하며 공격자가 얻어진 곡선을 재 파라미터화하면 삽입 정보를 추출해 낼 수 없는 등 제한 점을 안고 있다.

따라서 상기의 워터마크 삽입 방법들의 한계점을 극복하고자 보다 적극적인 효과인 방법으로, 상기에서 기술된 기술분야와는 다르게 원본을 필요로 하지 않으며 다양한 공격에 강인한 정보 삽입이 가능한 워터마킹 방법의 필요성이 크게 대두하고 있는 추세이다. 따라서 파라미터 형의 곡선인 spline의 방식으로 모델링된 데이터에 워터마크를 삽입하고, 이에 대한 원본이 없이 워터마크를 추출할 수 있는 방법이 필요하다. 또한

이를 통하여 일반 컴퓨터 그래픽 데이터에 사용자의 요구에 따라 추가적으로 데이터를 삽입할 수 있도록 하는 것이 필요하다.

### 3. 정보의 삽입 알고리즘

본 연구는 상기의 목적을 실현하기 위하여 2차원 및 3차원 컴퓨터 그래픽 데이터의 모델의 특징을 충분히 분석하여 워터마크의 삽입 및 추출 알고리즘을 구성하고, 그 세부적인 방안을 제시한다

또한 본 연구는 토폴로지와 기하형태의 변형을 요구하지 않는 CAD모델에 적용할 수 있는 응용이 광범한 Spline유형의 곡선과 곡면을 대상으로 하므로 본 연구에 대한 설명을 진행하기 전에 설명에 필요한 부분인 NURBS곡선, 곡면의 형태와 구성에 대해 알아보도록 한다.

#### 3.1 NURBS곡선과 곡면

본 절에서는 우선 간단히 NURBS곡선을 정의한다. NURBS에 관련된 보다 상세한 사항은 Farin의 [Farin97]]이나 Piegl과 Tiller의 [Piegl97]을 참고하기 바란다. 곡선을 정의하기 위하여 우선 곡선의 차수 p를 선택하는데 0이상의 자연수를 하나 선택하여 고정한다. 다음 n+1개의 실수로 구성된 하나의 단조 증가수열

$B = (b_0, b_1, \dots, b_j, \dots, b_{n-1}, b_n)$  을 만든다. B를

break point 벡터라 하고  $b_j$ 를 break point라 한다. 다음 각 break point  $b_j$ 를  $m(j)$  ( $m(i) \geq 1$ )개씩 반복하여 병렬한 단조 비 감소수열을 만든다. 수열

$$T = (\underbrace{b_0, \dots, b_0}_{m(0)}, \underbrace{b_1, \dots, b_1}_{m(1)}, \dots, \underbrace{b_j, \dots, b_j}_{m(j)}, \dots, \underbrace{b_n, \dots, b_n}_{m(n)})$$

을 knot vector라고 하고 knot vector의 구성요소  $b_j$ 를 knot라고 하며  $m(j)$ 을  $b_j$ 의 multiplicity라고 한다. 중복되어 있는 knot을 구별하여

$$T = (t_0, t_1, \dots, t_i, t_{i+1}, \dots, t_{m-1}, t_m)$$

수 있다. Knot의 multiplicity가 1이고 knot vector가 등차수열로 되었을 경우 이를 uniform knot vector라 하고 그렇지 않은 경우 non-uniform knot vector라 한다. 대부분의 spline곡선, 곡면은 non-uniform에 속한다. 시, 종단 knot의 multiplicity는  $m(0)=m(n)=p+1$  이라는 조건을 만족해야 하며, 중간 knot는  $m(j) \leq p(0 < j < n)$ 만 만족하면 된다. P차 B-spline basic function(블런딩함수)  $N_{i,p}(t)$ 은 재귀적으로 정의된 구분적 다항식함수로 아래의 식(1)과 같이 표현할 수 있다.

$$N_{i,0}(t) = \begin{cases} 1 & \text{if } t_i \leq t \leq t_{i+1} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (p=0)$$

$$N_{i,p}(t) = \frac{t-t_i}{t_{i+p}-t_i} N_{i,p-1}(t) + \frac{t_{i+p+1}-t}{t_{i+p+1}-t_{i+1}} N_{i+1,p-1}(t) \quad (p \geq 1)$$

(1)

이 블런딩 함수의 수학적(1)로부터 spline에서 가장 많이 사용되고 있는 NURBS(non-uniform Rational B-spline)곡선의 방정식을 얻는다. 여기서  $t_i$ 는 knot value, P는 B-spline의 차수이다.

$$P(t) = \frac{\sum_{i=0}^n N_{i,p}(t) w_i P_i}{\sum_{i=0}^n N_{i,p}(t) w_i} \quad (0 \leq t \leq n-k+2) \quad t \in [a,b]$$

(2)

위의 식(2)는 p차(계수p+1)의 NURBS곡선  $P(t)$ 가 t의 구간 [a,b]사이에서 변화하면서 3차원 공간상에 궤적을 그리는 식을 보여주고 있다. 여기서  $\{P_i\}$ 는 control point의 집합,  $\{w_i\}$ 는 해당 포인트의 weight를 나타낸다

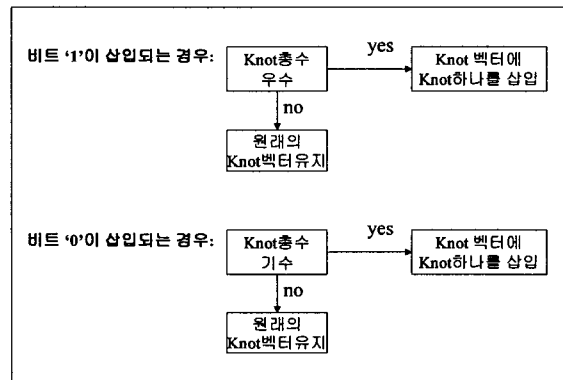
유사한 방식으로 (p,q)차의 구분적 유리식 곡면인 NURBS곡면은 아래의 식(3)과 같이 표현할 수 있다

$$S(u,v) = \frac{\sum_{i=0}^{KL} N_{i,p}(u) N_{j,q}(v) w_{ij} P_{ij}}{\sum_{i=0}^{KL} N_{i,p}(u) N_{j,q}(v) w_{ij}} \quad (3)$$

위의 식(3)에서 보듯이 곡면이므로 두개의 파라미터를 가지고 있으며 knot vector U와V의 차수가 p와 q차이다. 이러한 곡선과 곡면은 본 발명에서의 정보 삽입대상이 될 수 있으며 정보의 삽입은 knot vector와 control point 등의 조작을 통하여 삽입과 추출을 진행할 수 있다

### 3.2 정보 삽입 primitive로서의 Knot 벡터

본 연구에서 정보 삽입의 primitive는 Knot벡터가 된다. 즉 구체적인 정보의 삽입은 Knot벡터에 조작을 가함으로써 진행된다는 것이다.



[그림. 1]

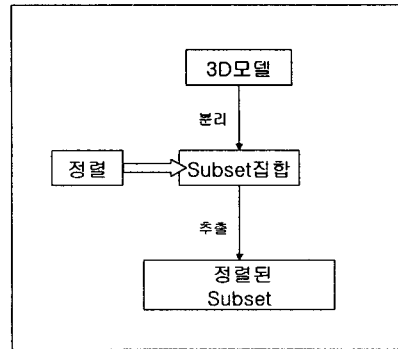
비트열 정보의 삽입은 [그림. 1]을 통하여 자세히 소개한다. 앞에서 소개한바 있지만 Spline곡선, 곡면은 knot라는 파라미터를 가지고 있는데 정보의 삽입은 이 knot vector를 단순한 수치 열로 취급하고 이 knot를 수치 열에 추가하는 방식으로 정보를 삽입한다. 그림에서 보듯이 knot vector의 총수를 검색하여 Knot를 삽입하여, Knot벡터의 개수가 우수(2n)인지 기수(2n+1)인에 따라 정보의 삽입 여부를 결정하게 된다. Knot의 삽입은

p+1개의 시작점knot와 종단점 knot를 제외한 기타의 중간 Knot에 삽입하는데 삽입규칙은 knot vector가 단조 비 감소수열이라는 것을 충분히 따라야 한다. 이렇게 knot vector열 중의 우수개의 knot의 개수를 기수 개로 만드는 것에 의하여 비트 '1'이 삽입되었다고 볼 수 있다. Knot의 개수가 기수 개이면 knot vector 그대로 유지하여도 비트'1'이 삽입된 것으로 되므로 삽입작업이 훨씬 간편해진다. 마찬가지로 방법으로 기수 개의 knot를 가지고 있는 knot vector의 knot의 개수를 우수 개로 만드는 것에 의하여 비트'0'이 삽입되었다고 볼 수 있다. 곡면은 두개의 파라미터를 가지고 있기에 곡선의 두 배의 정보가 삽입될 수 있다.

### 3.3 정보의 삽입 알고리즘

하나의 3차원 모델은 많은 객체들로 구성되며, 매개의 객체는 또는 수많은 2차원 및 3차원 곡선과 곡면으로 구성된다. 때문에 정보의 삽입을 위하여 하나의 3차원 모델을 객체로 분리하고, 객체들을 다시 정보의 삽입 primitive인 곡선과 곡면으로 분리한다.

3차원 모델은 그 구조상 하나의 모델은 여러 개의 subset으로 분리할 수 있다. 본 연구에서는 하나의 객체(Object)를 subset으로 본다. 우선 이러한 subset에 대하여 순서를 주는 절차가 필요하다. 순서를 부여하는 방법에는 global순서부여와 local순서부여 두 가지가 있다. Global순서는 모델의 전부의 곡선과 곡면을 대상으로 특정한 척도에 따라 순서를 부여하는 방법이고 local순서는 모델을 특정 순위로subset으로 분리하고 다음 각각의 subset에 대하여 정해진 정렬방식에 따라 순서를 부여하는 방법이다. 본 연구에서는 삽입정보를 원본 없이 추출하기 위하여 local순서부여 방법을 사용하고 있는데 이는 subset추출기와 곡선/곡면 추출기의 분담에 의해 실현된다.



[그림. 2]

위의 그림2에서는 subset추출기의 구조를 보여 주고 있다. 그림에서 보듯이 3차원 모델의 subset집합은 특정한 정렬방식에 따라 정렬되는데 정렬방식은 다음과 같은 방식을 이용한다.

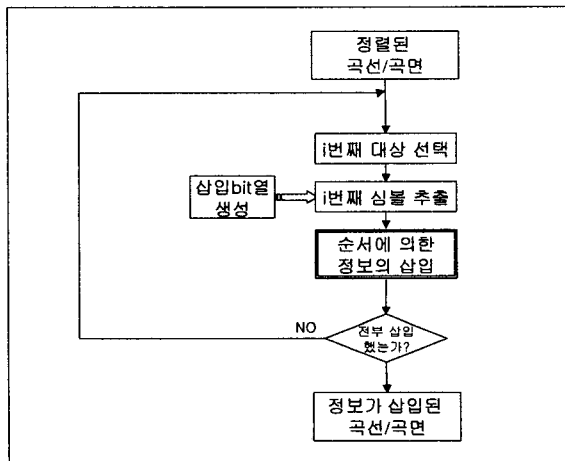
subset관리기는 subset의 3차원 위치좌표에 따라 우선순위를 결정하는데 x, y, z축 각각에 대하여 z축이 우선순위가 가장 높고 다음에 y축, 나중에 x축으로 정렬하는데 각 축에서는 정의 방향이 부의 방향보다 우선순위가 높도록 정한다. 다시 말하면 우선순위는 z+ -> z- -> y+ -> y- -> x+ -> x- 위치공간으로 이어진다. 이런 방식으로 순서를 주어 식별번호가 부여된 subset에 대하여 삽입할 위치 또는 정보를 삽입할 특정 subset을 결정한다. 물론 하나의 subset에 삽입하려는 모든 정보가 들어갈 수 있다면 특정 subset을 지정하면 되겠지만 그렇지 않을 경우 식별번호가 부여된 순서로 정보를 삽입해야 되며 삽입하는 첫번째 subset은 첫번째 식별번호가 부여된 subset으로부터 시작한다.

Subset관리가 subset에 대한 정렬을 끝내면 subset의 곡선과 곡면에 대하여 정보를 삽입하기 위하여 곡선/곡면 관리기가 하나의 subset이 포함하고 있는 곡선과 곡면에 대하여 다시 정렬해 주어야 한다. 곡선/곡면 관리기의 구조도 subset관리기의 구조와 유사한데 단 곡선, 곡면에 대한 정렬방식은 곡선의 시작점으로부터 끝점까지의

곡선의 길이에 따라 길이가 짧은 것부터 긴 것으로 나열하고, 곡면의 경우 곡면의 면적의 크고 작은 순서에 따라 작은 것부터 큰 것으로 나열하는 방식을 사용한다.

그림3은 일정한 순서로 정렬된 곡선과 곡면에 정보가 삽입되는 순서도를 보여주는데 식별번호가 부여된 삽입대상 곡선과 곡면이 입력되면 삽입될 bit정보가 특정 곡선 또는 곡면에 삽입되게 된다. 즉 정렬된 곡선/곡면으로부터 i번째 대상을 선택하여 이 대상에 삽입bit열중의 i번째 심볼을 추출하여 순서에 의한 정보의 삽입을 수행한다. 삽입정보가 전부 삽입되었는지는 판별부에 의해 결정된다. 판별을 통하여 삽입과정이 아직 삽입할 bit가 남아 있다면 비트 열을 전부 삽입할 때까지 위의 삽입과정을 반복하고 전부 삽입을 완료하였으면 삽입과정을 종료한다.

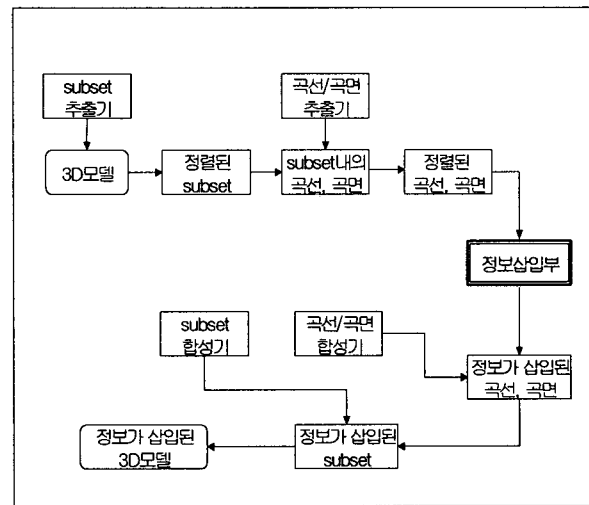
이렇게 되어 하나의 subset에 대한 정보의 삽입을 끝내게 되며, 다음 순서에 들어오는 subset도 이와 같은 과정을 반복하게 된다.



[그림. 3]

정보를 삽입하는 전체 과정은 그림4에서와 같다. Subset추출기와 곡선/곡면 추출기의 작용에 의해 곡선과 곡면이 일정한 순서를 가지게 되고, 다음 정렬된 곡선과 곡면에 그림3에서와 같은 방법으로 정보를 삽입하게 된다. 정보가 삽입된 곡선과

곡면은 다시 곡선/곡면 합성기와 subset합성기에 의해 하나의 완성된 3D모델로 만들어지게 된다.



[그림. 4]

삽입 비트열의 생성은 정보추출 시 오차를 감소시키기 위하여 삽입정보를 bit열로 만들고 이를 대역확산을 시켜 매개 비트가 n번 중복되는 비트열을 생성하여 이를 삽입 bit열로 지정한다.

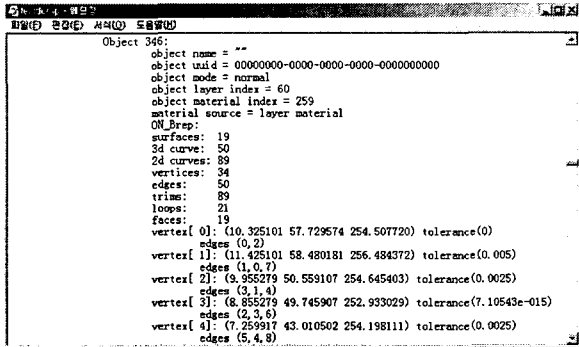
삽입 정보에 대한 추출도 삽입 시와 유사하게 진행이 되는데 그림4에서의 정보삽입부가 상응한 정보 추출부의 역할을 하는데 곡선과 곡면의 knot벡터의 수가 우수 개이면 추출된 정보는 비트0으로 되고 knot벡터의 수가 기수 개이면 추출된 정보는 비트1이 된다. 곡선/곡면 합성기와 subset합성기가 추출 알고리즘에서는 필요하지 않게 된다. 삽입 시에 삽입대상에 대해 정렬하고 특정 순서를 부여함으로써 추출 시에 원본 없이 순서에 추출할 수 있게 된다.

#### 4. 실험

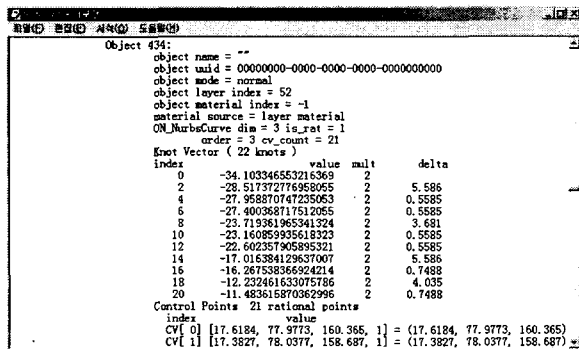
본 알고리즘의 구현을 위하여 NURBS file format인 3dm파일을 대상으로 정보를 삽입하게 된다. 본 구현에서는 또 C++, Rhino, OpenGL등 프로그램을 사용하였다.

하나의 정해진 3차원 모델은 많은 object들로

구성이 되어 있고 또 하나의 오브젝트들은 많은 곡선, 곡면으로 이루어진다. 실험에서는 건담을 모델링한 3dm파일을 대상으로 분석을 진행하였다. 아래에는 이 파일의 구성요소로서의 object의 구성을 보여준다.



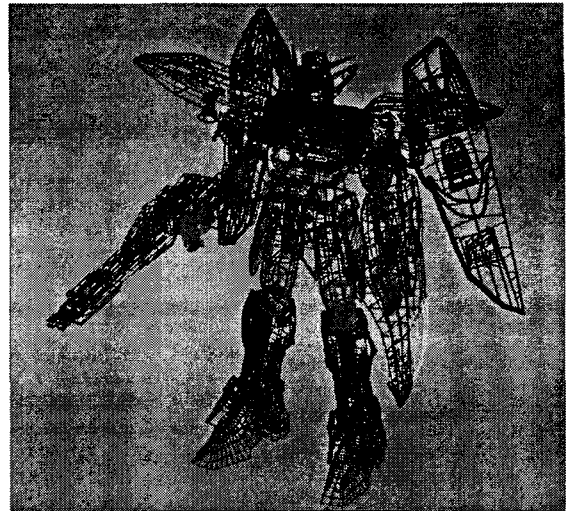
[그림. 5]



[그림. 6]

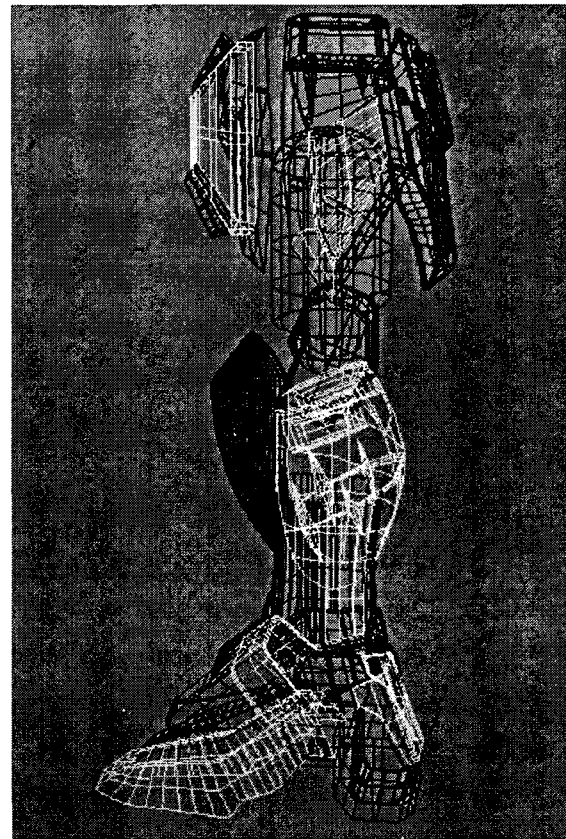
위의 그림5와 그림6에서는 하나의 object는 수많은 2차원 및 3차원 곡선과 곡면으로 이루어 질 수도 있으며 또 단순히 여러 개의 곡선으로 이루어 질 수도 있다는 것을 보여준다. 이러한 곡선과 곡면들이 정보가 삽입되는 primitive가 되는 것이다. 때문에 하나의 object에도 많은 양의 정보가 삽입될 수 있다는 것을 알 수 있다.

실제 본 실험에서 사용한 파일은 1120개의 object들이 포함되어 있다. 이 모델의 투시도(Perspective)는 아래의 그림7과 같이 많은 NURBS곡선과 곡면들이 복잡한 구조로 결합되어 있는 것을 볼 수 있다.



[그림. 7]

정보의 삽입은 건담의 다리부분을 대상으로 삽입하는데 건담 다리의 일부 object들에 포함되어 있는 primitive인 곡선과 곡면들은 그림8에서 노란색으로 표시된 부분과 같다.

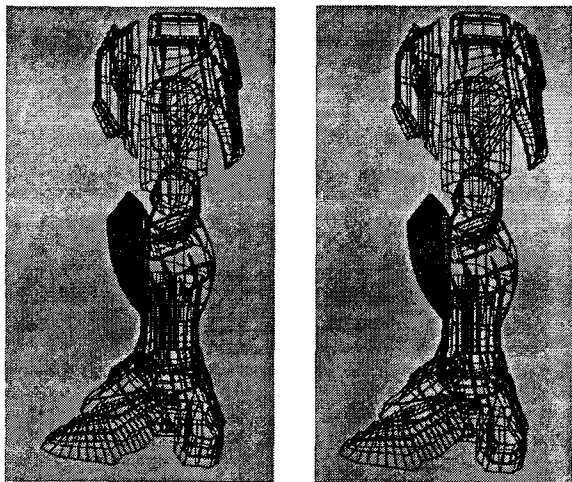


[그림. 8]

삽입 알고리즘을 이용하여 이러한 부분에 정보를



삽입하게 되는데 본 실험에서는 건담 다리부분에 16비트의 정보를 5개의 object에 분산하여 삽입해 보았는데 그림9는 삽입 전후의 투시도를 보여준다.

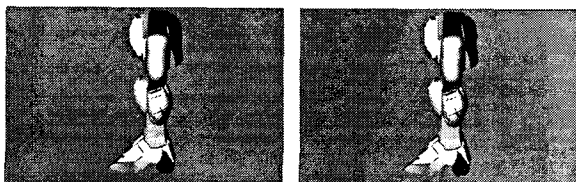


삽입 전

삽입 후

[그림.9]

그림에서 보다시피 비록 투시도임에도 삽입 전후 시각적으로 전혀 화질의 차이를 느끼지 못한다. 이는 알고리즘에서 충분히 시각적인 요소를 고려하였기 때문이다.



삽입 전

삽입 후

[그림. 10]

투시도에 칼라를 입히면 위의 그림10에서와 같은 완성된 건담 다리 모델을 얻는데 이 역시 삽입 전후 시각적인 차이를 전혀 느끼지 못할 정도로 좋은 화질을 유지하였다. 본 알고리즘은 시각적인 측면을 강조하기 위하여 삽입 전후 데이터의 양에 변화를 허용하였는데 1.75MB size의 파일이 정보 삽입 후 2.23MB로 증가하였다.

## 5. 결론

본 연구에서는 spline모델링 방식의 파라메터형의 곡선, 곡면에 정보를 삽입하여 3차원 모델은

저작권을 효과적으로 보호해 주는 방안을 제시해준다. Knot벡터에 조작을 가함으로써 기존의 방법에서 좌표 값을 변경함으로써 하여 완벽한 형태보존이 어려웠던 단점을 극복하였으며, 또 특정된 식별번호의 부여로 원본 없이 추출 가능하도록 하였다.

본 연구는 3차원 모델의 저작권을 보호에 있어서 새로운 효과적인 알고리즘을 제시해 줌으로서 3차원 모델의 창작과 개발을 활발히 진행할 수 있도록 하며 또 이러한 고 품질 content의 상품적 가치를 높여준다.

본 알고리즘은 형태보존을 위하여 데이터의 양의 변화를 허용하였기에 큰 파일 Size의 모델에 한해서는 삽입 후 파일 크기에 증가에 대비하여 삽입 정보의 양을 적당하게 제한하여야 하며 압축에 대한 강인성 여부도 향후 검토할 사항이다.

## Reference

- [Ohbuchi97] R. Ohbuchi, H. Masuda, and M. Aono, Watermarking Three-Dimensional Polygonal Models, Proceedings of the ACM Multimedia '97, Seattle, Washington, USA, November 1997, pp. 261-272.
- [Yeo99] -L. Yeo and M. M. Yeung, Watermarking 3D Objects for Verification, IEEE CG&A, pp. 36-45, January/February 1999.
- [Wagner00] M. G. Waner, Robust Watermarking of Polygonal Meshes, Proc. Geometric Modeling & processing 2000, pp. 201-208, Hong Kong, April 10-12, 2000.
- [Praun99] Emil Praun, Hugues Hoppe, Adam Finkelstein, Robust Mesh Watermarking, MSR-TR-99-05, Microsoft Research, 1999.
- [Kanai98] S. Kanai, H. Date, and T. Kishinami, Digital Watermarking for 3D Polygons using Multi resolution Wavelet Decomposition, Proc.

Of the Sixth IFIP WG 5.2 International Workshop on Geometric Modeling: Fundamentals and Applications (GEO-6), pp. 296-307, Tokyo, Japan, December 1998.

[Ohbuchi98a] R. Ohbuchi, H. Masuda, and M. Aono, Watermarking Three-Dimensional Polygonal Models Through Geometric and Topological Modifications, pp. 551-560, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, May 1998.

[Ohbuchi98b] R. Ohbuchi, H. Masuda, and M. Aono, Geometrical and Non-geometrical Targets for Data Embedding in Three-Dimensional Polygonal Models, Computer Communications, Vol. 21, pp. 1344-1354, Elsevier(1998).

[Ohbuchi99] R. Ohbuchi, H. Masuda, and M. Aono, A Shape-Preserving Data Embedding Algorithm for NURBS Curves and Surfaces, Proc Computer Graphics International '99, pp. 180-187, 1999.

[Farin97] G. E. Farin, Curves and Surfaces for computer-Aided Geometric Design, A Practical Guide, Fourth Edition, Academic Press, San Diego, CA, 1997.

[Piegl97] L. Piegl, W. Tiller, The NURBS Book, 2nd Edition, Springer, Berlin, 1997.