

人間/機械 形狀의 컴퓨터 表現技法

尹龍鉉

空軍士官學校 航空工學科

Computational Representative Techniques of Human/Machine Configurations

Yong Hyun Yoon

Department of Aerospace Engineering, Korea Air Force Academy

ABSTRACT

컴퓨터 스크린상에 어떤 物體의 形狀을 나타낼 때 각 형태에 따라 그 表現 技法은 크게 두 分野로 나뉘게 되는데 대부분의 機械部品들 처럼 원뿔이나 평면 등과 같이 기하학적 기본형태들로 이루어진 것과 사람이나 動物처럼 형상자체가 단순한 數學的 公式으로 표현이 不可能한 形態(Free Form Geometry)로 分類된다. 어떤 대상물체가 선정되면 그것의 기하학적 형상을 먼저 컴퓨터 스크린상에 정확한 형상데이터로 표현된 다음 可視化를 위한 것이든 시뮬레이션 目的이든 그 형상 데이터가 이용된다. 이처럼 컴퓨터에 의한 모의실험에서 대상물체를 모델링하는 단계는 반드시 必要하다.

최근 컴퓨터에 의한 각종 모델의 시뮬레이션을 시도할 때 Modeling 段階에서 數學的 公式으로 표현이 가능한 모델(Mathematical model)보다 임의 형태를 가진 모델(Physical model)표현에 많은 애로를 겪고 있는 실정이다. 따라서, 本 研究에서는 人間이나 航空機처럼 복잡한 형태를 가진 물체형상을 컴퓨터 스크린상에 표현할 때 比較的 實物에 가까운 형상데이터를 얻는 기법들에 대해 기술하고 그 結果를 소개한다. 특히 인간의 靜的 또는 動的인 자세변화에 따른 각 身體 부위의 정확한 計量分析을 시도할 때 본 기법들의 應用이 可能하다.

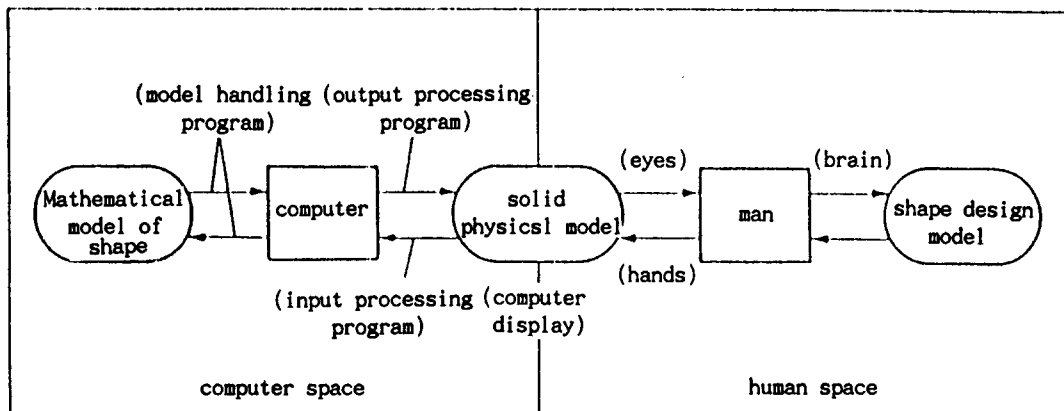
I. 서론

어떤 3次元 空間上의 物體를 컴퓨터 畫面에 단순히 디스플레이하는 차원을 넘어 우리 實生活에 活用可能한 工學的 分析을 컴퓨터로 할 수 있는 物體形狀 表現方法을 Solid Modeling이라 한다.

Solid Modeling은 그 동안 CAD/CAM 分野에서 주로 研究되어 왔으나 人體를 모델로 한 Compter simulation이 최근 人間工學分野에서 研究가 活發해 짐에 따라 그 必要性이 점차 증가해 가고 있다. 특히 人體形態는 機械要素 設計에 비해 比較的 Free-Form 形態들이어서 그 모델링에 있어서 보다 많은 애로를 겪고 있는 실정이다.

Solid Modeling은 純粹한 幾何學的인 要素와 그렇지 않은 要素로 나누어 지는데, 기하학적인 요소만 모델링하는 것을 形狀모델링 (Geometry Modeling)이라 하고 이 形狀모델링은 物體를 形狀化하는 方法이나 저장하는 데이터의 範圍에 따라 다시 Wireframe Modeling, Surface-base Modeling, 그리고 Solid Modeling으로 分類된다.

형상모델링(Geometry Modeling)이라는 用語는 컴퓨터 그래픽과 CAD/CAM技術이 급속히 發展하기 시작했던 1970年代 初부터 사용되기 시작했다. 그것은 어떤 물체의 형태와 기하학적 特性을 定義하기 위한 方法들로 여러 分野 즉 解析 幾何學, Topology, 集合理論, 數值解析, 벡터 및 行列式 등의 다양한 분야의 理論들을 必要로 한다. 형상모델링을 遂行하는 일련의 過程은 바로 物理的 모델(Physical Model)을 數學的 모델(Mathematical Model)로 바꾸는 設計方法이며 이러한 설계과정은 비록 그 형태가 수학적으로 記述되어 졌지만 컴퓨터에 의해서 다루어 질 수 있어야 하고 컴퓨터 画面상에 그려져 사람으로 하여금 쉽게 認知할 수 있어야 한다. 따라서 이러한 형상 설계과정은 사람과 컴퓨터 간 반복적인 相互關係에 의해서 이루어 지게 된다. 이러한 설계과정을 圖示化하면 다음과 같다.



II. 3차원 공간에서 곡면 구성식

일반적으로 3차원 임의 공간상에서 기하학적 형상의 모델링은 Homogeneous Coordinates를 이용한 곡선이나 곡면의 방정식은 정형화된 형상 뿐 아니라 임의의 형상 (Free-form geometry)도 나타 낼 수 있다. Bi-cubic patch를 구성하는 일반적인 Matrix form은 다음 식 (1)과 같다.

$$R(u) = [1 \ u \ u^2 \ u^3] M_{b1} \begin{pmatrix} H_{11}V_{11} & H_{12}V_{12} & H_{13}V_{13} & H_{14}V_{14} \\ H_{21}V_{21} & H_{22}V_{22} & H_{23}V_{23} & H_{24}V_{24} \\ H_{31}V_{31} & H_{32}V_{32} & H_{33}V_{33} & H_{34}V_{34} \\ H_{41}V_{41} & H_{42}V_{42} & H_{43}V_{43} & H_{44}V_{44} \end{pmatrix} M_{b1}^T \begin{pmatrix} 1 \\ w \\ w^2 \\ w^3 \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots(1)$$

식 (1)에서 Blending Function M의 계수값들에 의해서 여러 종류의 곡면 형상을 구성할 수 있게 된다. Rational Ball bi-cubic patch일 경우 M의 matrix of coefficients는 식 (2)와 같다.

$$M_{b1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -2 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -2 & 2 \end{pmatrix} \dots\dots\dots(2)$$

하지만 Bernstein 기저함수로 부터 유도된 single polynomial인 Bezier 곡면일 경우 계수 행렬식은 식(3)과 같다.

$$M_{b1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ -3 & 3 & 0 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -1 & 3 & -3 & 1 \end{pmatrix} \dots\dots\dots(3)$$

다항식의 곡면이 Piecewise Polynomial의 형태로 되어 있을 경우 Geometry Design에서 보다 융통성 있는 Geometry tool로서 활용도가 높은 B-spline Patch를 생성하기 위한 계수행렬식은 식(4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$M_{b1} = \begin{pmatrix} 1/6 & 4/6 & 1/6 & 0 \\ 0 & 1/6 & 4/6 & 1/6 \\ -1/2 & 0 & 1/2 & 0 \\ 0 & -1/2 & 0 & 1/2 \end{pmatrix} \dots\dots\dots(4)$$

위에서 언급한 Ball Patch, Bezier Patch, B-spline Patch 같은 기본적인 형상모델링에 사용되는 기법들은 CAD나 CAGD(Computer Aided Geometry Design)에서 널리 사용되는 것들로 그 계수행렬식에 따라서 특성이 다르게 된다.

III. 3차원 공간에서 변환식

3차원 공간상에 있는 점 $P(x, y, z)$ 를 동차좌표계(Homogeneous Coordinates)로 $P_h(x, y, z, 1)$ 와 같이 나타낼수 있고 변환된 점은 $P_h^*(x^*, y^*, z^*, 1)$ 라 표시한다면 3차원공간에서 일반화된 변환식은 다음과 같다.

$$[x^* \ y^* \ z^* \ 1] = [x \ y \ z \ 1] \begin{bmatrix} a & b & c & p \\ d & e & f & q \\ g & i & j & r \\ l & m & n & s \end{bmatrix} \dots\dots\dots(5)$$

세축을 중심으로 각각 이동(translation)할 경우 식(5)는 다음과 같이 나타 낼 수 있다.

$$[x^* \ y^* \ z^* \ 1] = [x \ y \ z \ 1] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ l & m & n & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(6)$$

$$= [x+l \ y+m \ z+n \ 1]$$

여기에서 l, m, n 은 세축방향으로의 이동값을 말한다.

한편 어떤 한점을 x, y, z 축의 원점을 중심으로 각각 $\theta \ \phi \ \psi$ 만큼 시계방향으로 회전시킨다면 z 축에 대한 회전일 경우,

$$[x^* \ y^* \ z^* \ 1] = [x \ y \ z \ 1] \begin{bmatrix} \cos\psi & \sin\psi & 0 & 0 \\ -\sin\psi & \cos\psi & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(7)$$

$$= [(x\cos\psi - y\sin\psi) \ (x\sin\psi + y\cos\psi) \ z \ 1]$$

y 축에 대한 회전일 경우,

$$[x^* \ y^* \ z^* \ 1] = [x \ y \ z \ 1] \begin{bmatrix} \cos\phi & 0 & -\sin\phi & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin\phi & 0 & \cos\phi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(8)$$

$$= [(x\cos\phi - z\sin\phi) \ y \ (z\cos\phi - x\sin\phi) \ 1]$$

x 축에 대한 회전일 경우,

$$[x^* \ y^* \ z^* \ 1] = [x \ y \ z \ 1] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ 0 & -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(9)$$

$$= [x \ (y\cos\theta - z\sin\theta) \ (y\sin\theta + z\cos\theta) \ 1]$$

아울러 원점을 중심으로 어떤 형태의 축소확대를 위한 식은

$$[hx^* \quad hy^* \quad hz^* \quad h] = [x \quad y \quad z \quad 1] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & s \end{bmatrix} \dots\dots\dots(10)$$

$$= [x \quad y \quad z \quad s]$$

따라서 $[x^* \quad y^* \quad z^* \quad 1] = [x/s \quad y/s \quad z/s \quad 1] \dots\dots\dots(11)$

식(11)에서 s가 1보다 크면 축소를 나타내고 s가 1보다 적으면 확대를 의미한다.

IV. 결 론

Homogeneous coordinates를 이용한 Rational form 형태로 표현된 Ball, Bezier, B-spline Patch들은 3차원 입의 형상을 모델링하는데 매우 유용할 뿐만 아니라 그의 변환식들은 3차원 공간에서 어떤 형상을 이동, 회전, 그리고 축소확대가 용이 하다. 그림(1)은 인간의 얼굴형상에 좌표계를 설정하고 그 등고선을 이용하여 형상모델링을 해 나가는 단계를 보여 주고 있으며 그림(2)와 (3)은 형상디자인 과정에서 필요로 하는 Control Points와 형상과의 관계를 보여 주고 있으며 그림(4)와 (5)는 인간공학 분야에 응용하기 위한 기본모델을 구성해 본 결과 들이다.

참고문헌

- [1] Coons, S.A. "Surface for computer-aided design of space figures", Mech. Eng. Dept., MIT, 1964
- [2] Cox, M. G. "The numerical evaluation of B-splines", J. Inst. Math. Appl. 10 (1972).
- [3] Faux, I.D. "Computational Geometry for design and manufacture" Ellis Horwood Limited, Chichester, 1979.
- [4] Lee, E. "A simplified B-spline computation routine" Computing 29 (1982)
- [5] Schoenberg, I.J. (ed.) "Approximation Theory with Special Emphasis on Spline Functions", Academy Press, 1969

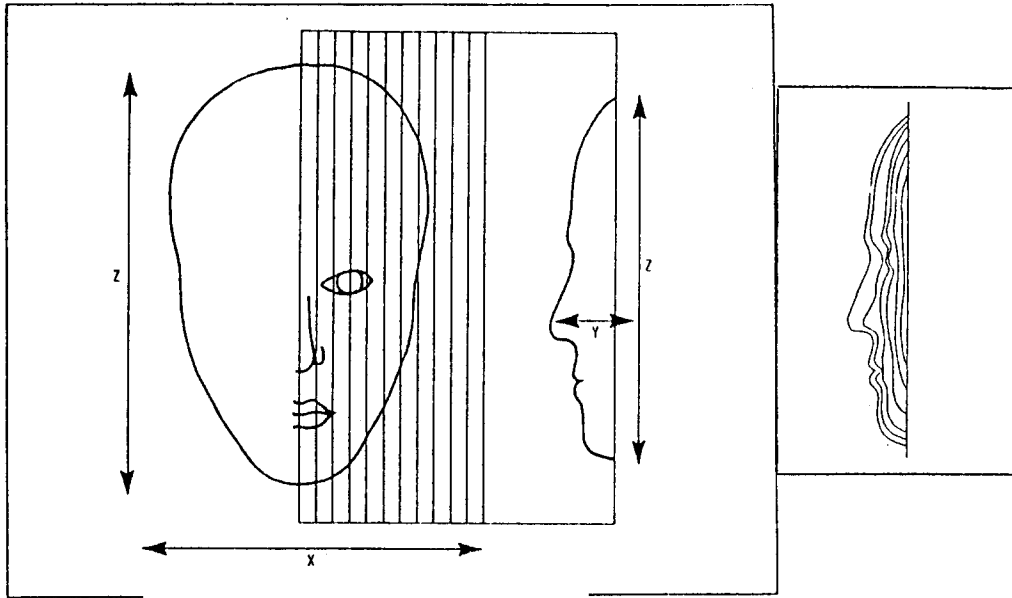


그림 1. 얼굴형상에 대한 좌표계설정

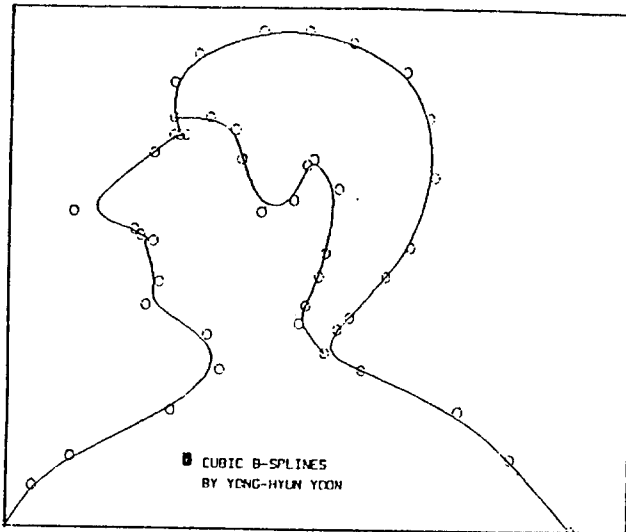


그림 2. Control Points와 얼굴형상 설계

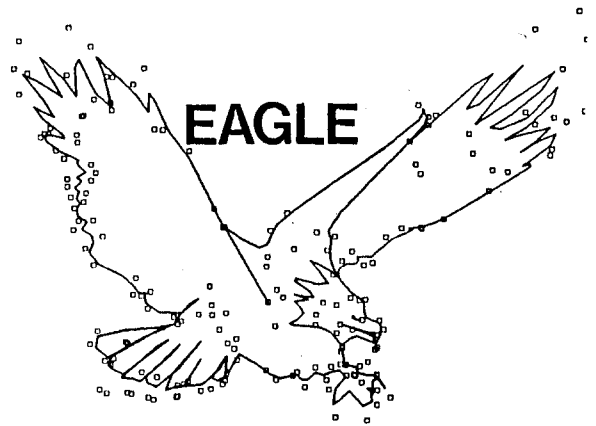


그림 3. Control Points와 독수리

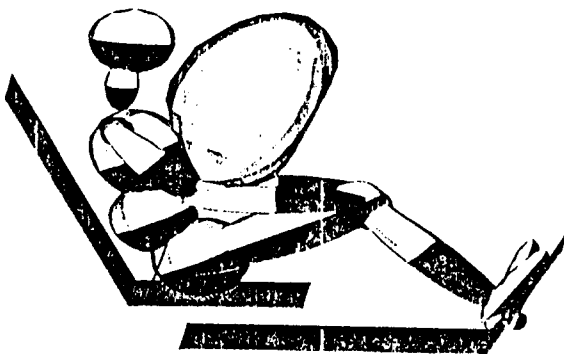


그림 4. 인체에 하중이 가해질 때의 모의 실험

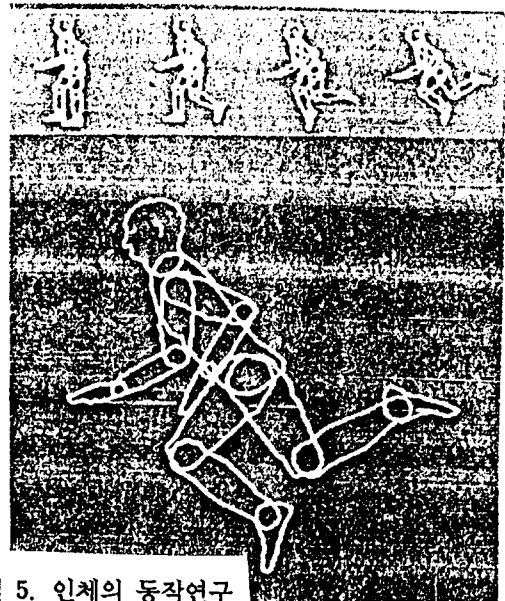


그림 5. 인체의 동작연구