

B-Spline Surface를 이용한 인체 계측 데이터의 Interpolation과 Parametrization

설인환, 강태진
서울대학교 재료공학부

Interpolation and Parametrization of Human Body Scan Data Using B-Spline Surface

In Hwan Sul and Tae Jin Kang
School of Materials Science and Engineering, Seoul National University

1. 서론

3차원 어패럴 캐드 시스템은 의복 생산 공정의 자동화를 위해 꾸준히 연구되고 있다. 이러한 어패럴 캐드 시스템의 주요한 목표 중의 하나가 소량 주문 생산에의 대응이다. 그런데 인체의 형태는 매우 다양하므로 개개인의 인체 형태에 대응하는 적합한 의복 디자인을 위해서는 먼저 정확한 인체 형태의 정확한 계측이 필요하다.

인체 데이터의 3차원적인 계측은 그동안 많은 연구가 이루어져 상업화된 제품도 다수 출시되었다. 초기의 제품들은 다수의 카메라를 사용함으로써 인해 계측 데이터의 오차가 크게 존재하였으나, 최근의 제품들은 오차가 감소한 양질의 계측 데이터를 얻을 수 있게 되었다.

그러나 인체 계측 데이터의 양은 체 표면에서 추출한 점의 3차원 좌표 값의 집합이다. 따라서 데이터의 크기가 매우 크기 때문에 인터넷 등을 통한 전달과 백업에 있어서 문제점이 있다. 또한 인체 부위에 대한 정보 등이 결여되어 있으므로 이 데이터를 실제로 활용하기 위해서는 후처리 과정이 필요하게 된다.

본 연구에서는 인체 계측 데이터를 B-Spline surface를 이용하여 그 크기를 줄이고, 인체 각 부위에 대응할 수 있도록 parametrization에 대해 고찰하였다.

2. 본론

2.1. B-Spline를 이용한 interpolation

Bezier곡선, B-Spline, NURBS(Non-Uniform Rational Bezier Spline) 등은 이미 CAD 시스템에 있어 곡선의 정보를 저장하는 데에 표준이 된 방법이다. 이들을 이용

하면 주어진 sparse data를 interpolation하는 데에 사용할 수 있다. Bezier 곡선의 경우 3차 내지 4차의 다항식으로 이루어지므로, 다수의 point data에 대해서는 3~4개씩 끊어서 나타낼 수 밖에 없기 때문에 곡선의 연속성이 보장되지 않는 문제점이 있다. 이에 knot sequence를 더하여 고안된 B-spline이나 NURBS등은 곡선의 연속성이 보장된다. 그러나 NURBS의 경우 homogeneous coordinate이 더 첨가되기 때문에 데이터의 크기가 증가하고, 또 이에 대한 interpolation이 별도로 필요하다.

본 연구에서는 데이터 크기를 줄이는 데에 목적이 있으므로 B-Spline을 이용하여 interpolation을 행하였다.

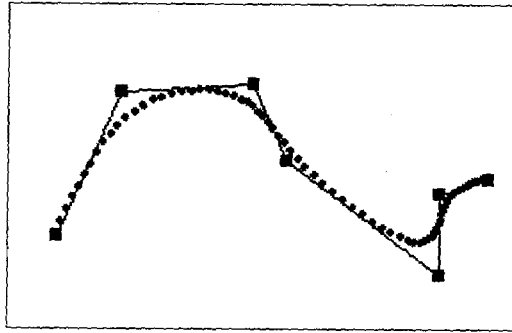


Fig. 1. 2-D B-Spline regression of point data

2.2. B-Spline의 데이터 구조

Fig.1은 주어진 2-D point data를 3차의 B-Spline으로 보간한 것을 나타낸다. 하나의 spline은 곡선의 형태를 결정하는 control point와 점들 간의 미세한 곡률을 결정하는 knot sequence로 나타낼 수 있다. 3-D point data에 대해서도 마찬가지로 한 방향으로의 B-Spline control point를 구한 다음, 다시 이 control point들에 대해 interpolation하면 3차원 surface의 control point를 얻을 수 있다.

2.2. 인체 계측 데이터의 layer 분해

인체는 머리, 몸통, 팔, 다리 부분으로 분리하면 각각을 대략 원통형으로 간주할 수 있다. 이러한 원통을 여러 개의 평면으로 잘랐을 때 얻어지는 폐곡선을 layer라고 정의하였다. 각각의 layer는 연속적인 곡선을 이루고 있으므로, 일반적인 B-spline으로 나타낼 경우 처음과 끝에서의 곡률이 다르므로 만나는 점에서의 연속성을 잃게 된다. 따라서 end point가 존재하지 않는 periodic B-spline으로 나타내어 연속성을 유지하였다. 그런 다음 layer spline의 control point를 보간하여 3차원 surface의 방정식을 얻어내었다.

layer의 수가 증가할 수록 데이터의 크기가 증가하는 단점이 있으나 더 정확한 regression 결과를 얻을 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 100 개 정도의 layer로 인체 데이터를 분해하였다. layer는 발부분에서 시작하여 인체 모델의 키 방향에 수직

한 평면과 인체 데이터의 교점을 구하여 생성하였다. (Fig.5)

2.3. Layer내의 폐곡선 보간

각 layer내에는 point data들이 1~3개의 폐곡선 그룹을 이루어 존재하게 된다 (Fig.3). 각 그룹을 둘러싸는 bounding box를 구하여 점들을 분리하고, 각 그룹에 대해 periodic B-Spline으로 2차원 regression을 행하였다. 이때 spline의 control point수는 15~25가 적당하였다. layer는 발에서부터 시작하였으므로 첫 번째 layer의 spline들은 다리 부분에 해당하게 된다. 이어 두 번째 layer의 spline들은 첫 번째 layer의 spline들과 위치를 비교하여 같은 부위끼리 그룹이 형성된다. 이러한 과정을 모든 layer에 대해 수행하여 머리, 몸통, 양 팔, 양 다리의 spline들을 자동적으로 분리하였다.

2.5. 각 layer의 3-D regression

각 layer로부터 얻은 2-D spline들을 조합하여 3-D surface를 얻기 위해 control point들에 대해 interpolation을 행하였다. 이때 각 layer의 control point는 periodic하므로 순서가 없기 때문에 interpolation시 surface가 뒤틀릴 경우가 있다. 이를 피하기 위하여 각 layer의 control point들을 반시계방향으로 정렬하여 interpolation을 행하였다.

2.4. 인체 계측 데이터의 parametrization

인체 특정 부위를 B-Spline에 대응시키기 위해서, 먼저 layer interpolation 시 인체를 머리, 몸통, 양 팔, 양 다리로 분리하였다. 그리고 각 부위의 knot sequence를 0~10으로 조정하여 인체 크기에 관계없이 일정한 값으로 인체 부위를 나타낼 수 있도록 parametric하게 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

Fig.3은 인체 계측기에서 얻은 raw data를 나타낸 것이고, Fig. 5 layer수를 100, B-Spline의 control point 수를 15로 했을 때의 interpolation surface를 나타낸 것이다. 전자의 경우 data 크기가 8.37MB인데 반해 후자의 경우 0.19MB로서 인체 형태를 그대로 유지하면서도 데이터의 크기가 크게 감소하였다.

또한 인체의 형태는 모두 유사성을 가지고 있으므로, 특정 인체 부위에 대해 parametric한 값을 부여함으로써 인체 데이터의 다양성에 관계없이 한 가지 parameter 값으로 한 가지 부위를 나타낼 수 있는 장점이 있다.

4. 참고 문헌

- (1) G. Farin, "Curves and Surfaces for CAGD", 4th Edition, Academic Press, 1997
- (2) G. Farin, "NURBS: From Projective Geometry to Practical Use", 2nd Edition, A K Peters,

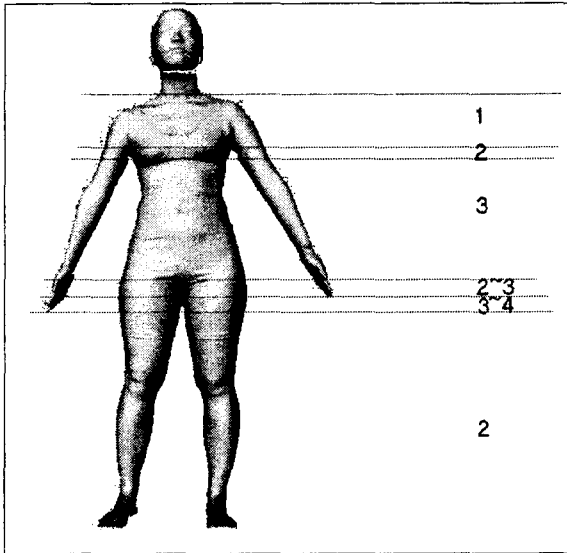


Fig. 2 Distribution of Number of Slices

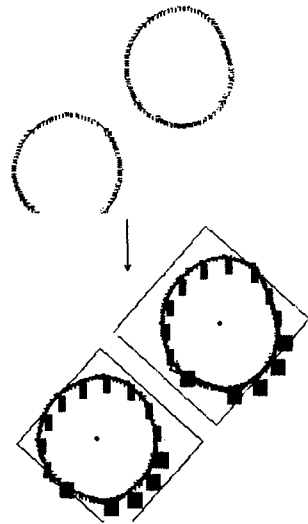


Fig. 3. segmentation and regression of layer points



Fig. 4. Raw Data

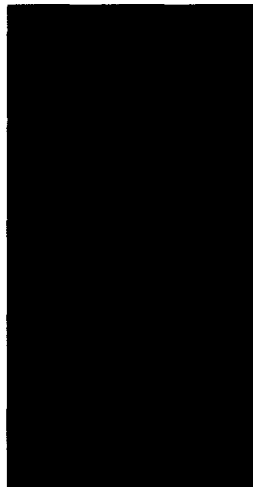


Fig. 5 raw data subdivided to 100 layers

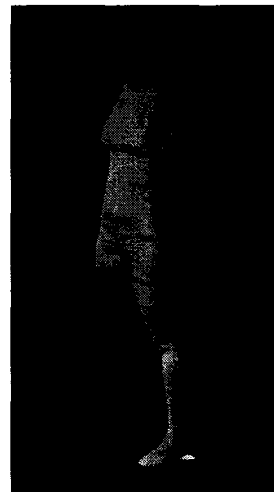


Fig.6. B-Spline surface representation