

경사도를 리용한 룬곽선의 베제스플라인곡선생성방법

최춘화, 하정원, 김룡록

하나의 전체 곡선을 근사화하는 방법들에서는 반복적인 곡선토막화를 리용하며 곡선토막에서의 근사화를 위한 조종점의 위치를 효과적으로 결정한다. 선행연구[2]에서는 베제곡선의 특성을 리용하여 스플라인곡선생성과정을 제기하였으나 화상룬곽선과 같이 잡음이나 기타 객관적인 요인들에 의하여 파라미터곡선과 다른 비파라미터곡선인 경우에는 추출된 조종점들로 구성된 근사곡선에서는 근사오차가 심하게 된다.

론문에서는 베제곡선의 경사도를 리용하여 근사오차를 감소시키는 한가지 방법을 제기한다.

1. 경사도를 리용한 룬곽선토막의 3차베제곡선근사화를 위한 조종점결정

화상전처리단계에서는 추출된 룬곽선을 이루는 룬곽점들에서 검출된 구석점들로부터 곡선분할을 진행한다. 그 결과 전체 룬곽선은 구석점사이들로 이루어지는 토막곡선들로 구성된다.

룬곽선근사는 매 토막에 대해서 3차베제곡선을 리용하여 진행되며 원래 곡선의 조종점은 3차베제곡선의 성질들을 리용하여 결정한다.

베제곡선의 성질인 조종점 P_1, P_2 가 조종점 P_0, P_3 에서 베제곡선에 그은 접선상에 놓인다는 원리에 기초하여 조종점 P_1, P_2 를 추출하였다. 이 접선을 베제스플라인곡선의 경사도라고 한다. 이 방법에서는 조종점 P_1, P_2 의 위치를 쉽게 얻어낼수 있으므로 선행한 방법들보다 계산량이 줄어들게 된다.[2]

그림 1에서 보는것처럼 파라미터화된 베제곡선에서 P_0 에서의 경사선을 T_1 , P_3 에서의 경사선을 T_2 라고 하자. 이때 조종점 P_1, P_2 는 T_1, T_2 에 놓인다.

룬곽곡선에 대하여 조종점을 결정하기 위하여 곡선의 두 끝점들에서 경사도가 정의 다각형의 첫변과 마지막변의 방향결수와 같다는것을 리용한다. 즉 두 조종점들은 곡선의 두 끝점들에서 경사도를 따라 일정한 걸음씩 변화시키면서 근사오차한계에 도달할 때까지 반복하여 결정한다.

조종점탐색에서는 근사오차(AE)가 만족될 때까지 그 감소정도에 따라 탐색을 계속해나간다. 그리고 오차의 변화가

일정한 값에 수렴하면 경사선들의 두 끝점(조종후보점)근방에서 여러방향탐색을 진행하여 탐색도중 근사오차한계에 도달하면 조종후보점이 찾으려는 조종점으로 된다.

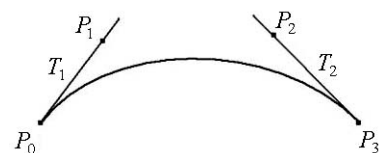


그림 1. 파라미터화된 베제곡선의 조종점들과 경사도의 관계

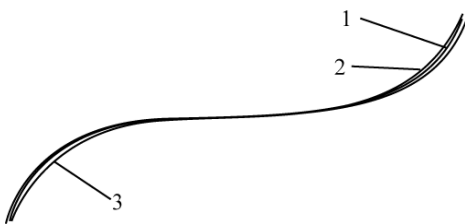


그림 2. 근사화된 3차베제곡선들
1-주어진 룰곽선, 2-제안된 방법,
3-선행한 방법

주어진 룰곽선에 대하여 선행연구[2]에서 제기된 방법과 논문에서 제안한 방법에 의한 실험결과는 그림 2와 표 1과 같다.

그림 2에서 주어진 룰곽선과 선행한 방법[2]의 결과곡선, 제안된 방법의 결과곡선을 보여주었다. 여기서 하나의 곡선을 가지고 실험하였으므로 압축률(CR)은 다 같다. 표 1에서는 기정인 조종점 (564, 280), (103, 35)를 참고로 해석한다.

표 1. 선행방법들과의 실험결과 비교

구분	P_1		P_1		평균오차	최대오차
	x	y	x	y		
선행방법[2]	634	264	40	50	0.97	21.05
제안된 방법	569	274	102	40	0.92	4.19

그림 2에서 보는바와 같이 제안된 방법은 기정조종점의 위치로 더 가까이 접근하였으며 평균오차와 최대오차가 감소되었다. 그리고 표 1에서 보는것처럼 제안된 방법은 선행한 방법[2]보다 정확한 조종점의 위치를 얻을수 있으며 룰곽선을 더 가까이 근사시킬수 있다.

2. 구석점과 가상구석점생성에 의한 룰곽선의 분할

1) 룰곽선에서의 구석점검출

곡선근사화를 하기 전에 대상룰곽의 토막화는 두가지 리유로 하여 매우 중요하다.

우선 도형의 복잡도를 감소시키고 곡선근사화처리를 간단하게 하여야 하는것이며 다음으로 얻은 룰곽에 평활화를 적용할수 없는 4각형의 네 구석점과 불련속점들 같은 중단점들이 룰곽에 있다는것이다. 이런 점들은 적당한 구석검출기로 결정할수 있으며 구석점검출알고리즘에서는 대상경계의 토막점을 찾는다.[1]

그림 3에 구석점검출결과를 보여주었는데 그림 3의 ㄱ)는 원래 대상의 룰곽에서 검출된 구석점을 표시한것이고 그림 3의 ㄴ)는 토막화한 후의 대상이다.

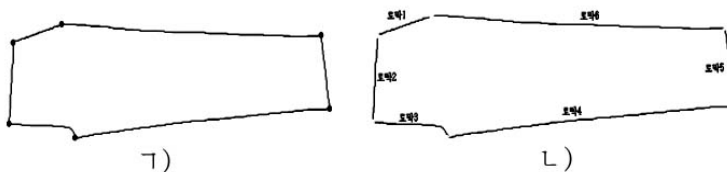


그림 3. 구석점검출기에 의한 구석점(ㄱ))과 분할된 룰곽선토막(ㄴ))

2) 가상구석점에 의한 곡선분할

이 처리에서는 복잡한 곡선들을 근사오차가 허용오차보다 크면 적당한 위치에서 2개의 곡선으로 분할한다. 허용오차는 주어진 곡선의 크기와 해상도에 의존한다. 제안된 방법에서는 턱값오차(ETL)를 3화소로 주었다. 즉 최대거리가 ETL보다 크게 되면 곡선을 2개의 곡선으로 분할한다. 이렇게 곡선을 분할하는 점을 가상구석점이라고 한다. 이 점은 곡선토

막우에서 제일 큰 수직거리를 가지는 점이 된다.

분할된 곡선들은 간단한 곡선에서 조종점을 C^1 또는 G^1 의 련속으로 계산한다. 그러므로 분할된 점에서 두 분할곡선으로의 접선은 한 직선이 된다. 그림 4에서 보는바와 같이 가상구석점에서 곡선토막에 그은 두 접선은 한 직선이다.

그림에서 둥근 점은 구석점이고 네모점이 가상구석점이며 직선이 가상구석점에서 곡선에 그은 접선이다. 이것은 가상구석점이 그 곡선토막에서 C^1 , G^1 의 련결이기때문이다.

그림 4의 곡선에 대한 가상구석점검출결과를 그림 5에서 보여주었다.



그림 4. 가상구석점에 의한
곡선토막의 분할

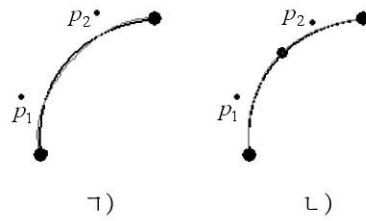


그림 5. 한 곡선토막에 대한 곡선근사화결과

그림 5에서 검은 곡선이 원래 곡선이며 조종점 P_1 , P_2 는 조종점들이다.

그림 5의 ㄱ)는 가상구석점이 없이 1개의 토막으로 보고 근사화한것이고 그림 5의 ㄴ)는 가상구석점생성에 기초한 곡선근사화이다.

그림 5에서 보는것처럼 가상구석점을 생성하는 경우 주어진 곡선이 더 정확하게 근사화된다는것을 알수 있다. 그리고 가상구석점에 의해 룬곽선은 더 잘게 분할되고 근사오차는 더 줄어들게 되며 압축률은 작아지게 된다는것을 알수 있다.

3) 화상룬곽선의 베제스플라인곡선생성방법

경사도를 리용하여 화상룬곽선을 베제스플라인곡선으로 다음과 같이 근사화한다.

우선 입력된 화상으로부터 룬곽선을 추출한다.

그리고 룬곽선에서 구석점을 추출하고 룬곽선을 분할한다.

다음 분할된 룬곽선토막에서 가상구석점을 검출하고 가상구석점에 의해 룬곽선토막을 분할한다.

끝으로 매 곡선토막에 대한 가상구석점검출과 조종점을 결정한다.

알고리즘은 다음과 같다.

- ① $P_1 = P_0$
- ② $P_2 = P_3$
- ③ Calculate M_1, M_2
- ④ Calculate AE
- ⑤ Do $P_1 = P_1 \pm M_1$ while(AE reduces)
- ⑥ Do $P_2 = P_2 \pm M_2$ while(AE reduces)
- ⑦ Repeat ⑤ and ⑥ till P_1 and P_2 does not change
- ⑧ Calculate D_1 and D_2

⑨ AE가 작아지면 $P_1 = P_1 + D_1 * S$ 를 계산한다.

⑩ AE가 작아지면 $P_2 = P_2 + D_2 * S$ 를 계산한다.

⑪ P_1 과 P_2 가 변하지 않거나 $AE < L$ 이면 ⑨와 ⑩을 반복한다.

여기서 D_1, D_2 는 P_1, P_2 의 걸음방향이며 S 는 P_1, P_2 의 걸음량(여기서는 상수)이며 L 은 허용오차이다.

3. 실험결과와 분석

화상륜곽선들을 선행한 방법[2]과 제안한 방법으로 근사화시킨 결과는 그림 6, 표 2와 같다.

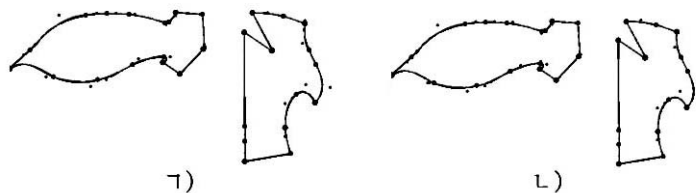


그림 6. 선행한 방법[2](ㄱ))과 제안한 방법(ㄴ))에 의한 근사화

표 2. 실험결과

구분	토막개수	평균오차	최대오차	CR
선행방법[2]	30	0.676 552	2.322 289	0.301 5
제안한 방법	30	0.548 521	2.311 090	0.301 5

표 2에서 보는바와 같이 제안한 방법에 의하면 선행한 방법[2]보다 평균오차와 최대오차가 줄었다는것을 알수 있다.

맺 는 말

륜곽선토막을 베제곡선으로 근사화하는 조종점을 결정하기 위한 방법을 제기하고 륜곽선들에서 구석점과 가상구석점을 리용한 베제스플라인곡선생성방법을 론의하였으며 실험을 통하여 제안된 베제스플라인곡선생성방법의 효과성을 확증하였다.

참 고 문 헌

[1] M. Sarfraz et al.; Information Sciences, 140, 269, 2002.

[2] Asif Masood et al.; Image and Vision Computing, 27, 704, 2009.

주체103(2014)년 8월 5일 원고접수

A Method to Generate Bézier Spline Curve of Outline using Tangent Line

Choe Chun Hwa, Ha Jong Won and Kim Ryong Rok

We proposed a method to determine the control points that reduces the error for approximation of the curve using tangent line of Bézier curve for image outline representation by cubic Bézier curve. The proposed method showed that the approximation error is much smaller than the previous method.

Key words: cubic Bézier curve, Bézier spline, corner point, control point, curve approximation