

2D ShoeCAD 시스템에서의 향상된 특수 그레이딩

°김희준, 이건호, 김영봉
부경대학교 전자계산학과

Improved special grading of 2D ShoeCAD System

°Hee-Jun Kim, Gun-Ho Lee, Young-Bong Kim
Dept. of Computer Science, PuKyong Nat'l University

요 약

신발 설계 시스템에서 그레이딩 기능은 기본 사이즈로 설계된 신발 라스트를 생산하고자 하는 여러 사이즈로 변환하는 작업이다. 그레이딩(Grading) 작업은 전체적으로 적용되는 제로 그레이딩(Zero Grading)과 특정한 부분에 개별적인 물을 적용하는 센터 그레이딩(Center Grading)으로 구분된다. 이 두 방식을 혼용하여 그레이딩 작업을 수행하는데, 이 때, 휘어짐이나 일그러짐과 같은 부적절한 결과가 발생할 수 있고, 이런 오류를 보정하기 위해 제약조건들(Restrictions)을 적용한다. 이와 같이 센터 그레이딩과 제약조건들을 적용한 그레이딩을 특수 그레이딩이라 한다. 기존의 신발 설계 시스템에서는 이런 특수 그레이딩에 대해 속도가 느리거나, 기능이 미비하거나 지원하지 않는 문제점이 있다. 본 논문에서는 이런 문제점들을 해결하고, 특수 그레이딩을 위한 제약조건을 다중으로 적용할 수 있도록 보완하였다.

1. 서론

신발 설계를 위한 대부분의 CAD 시스템들은 과거 수십년 동안 하드웨어와 그래픽스 기술의 성장과 더불어 많은 발전을 이루었다. 이런 신발 설계 전용 CAD 시스템들은 신발 제조 공정에 있어서 새로운 스타일과 패턴을 개발하고, 설계하는 시간과 노력을 상당히 감소시키고 있다.

국외에서 개발된 신발 전용 CAD/CAM 프로그램으로는 CRISPIN Dynamics, ShoeMaster, Dimensions, FDS 등이 있다. 영국 USM사가 개발한 CRISPIN Dynamics 시스템과 Gerber사로부터 인수한 FDS는 발 형태의 입력에서부터 패턴 개발 및 Grading 기능 수행에 이르는 신발 제작 전 공정을 지원해 주는 시스템으로서 라스트 설계 부분에 있어서는 신발 스타일 개발에 중점을 두고 있다. 영국 Clarks 사의 Shoemaster는 신발의 힐(heel)과 밑창(sole) 설계에 초점을 둔 시스템이다[1,2,3,4]. 이러한 시스템들이 현재 세계 시장을 분점하고 있고, 이외에도 환자들을 위한 임상효과가 있는 신발 설계를 위한 PROCAM사의 Dimensions와 솔리드 모델링 시스템인 I-DEAS, Uni-

Graphics, Pro/Engineer 등이 신발 모델링 시스템으로서 신발 산업에 뛰어들고 있는 추세이다. 이러한 시스템들은 대부분 전용 시스템을 요구하며, Unix, DOS, Windows 환경 상에서 동작한다. 그리고, 특수 그레이딩 기능면에서 일부 기능만을 지원하거나 그레이딩시의 속도면에서 많은 시간이 걸리는 등의 해결해야 할 문제가 남아 있다.

예를 들어, CRISPIN과 ShoeMaster는 그레이딩 시, 라인과 라인 사이의 폭을 동일하게 유지시켜주는 Region 속성에서 범위지정 기능이 없다. 또한, 그레이딩 시, 라인의 휘어짐을 방지하거나 보정해주는 Model Shape 속성이 없으며, 라인의 일그러짐을 보정해주는 Blend 속성은 있지만, 특정한 경우 적용이 안 되는 문제가 있다. 기존의 연구[6]에서는 Region 속성, Model Shape 속성, Blend 속성을 모두 지원하지 않더라도 중복으로 적용할 필요가 있을 때, 정확한 결과가 나오지 않는 문제가 있다.

본 논문에서는 이와 같은 특수 그레이딩에 대해 제약조건들의 구현 방법을 제시하고, 다중으로 적용할 때 보다 정확한 결과가 표현되도록 고려했다.

2장에서는 기존의 시스템들에서 구현되어진 Region 속성, Model Shape 속성, Blend 속성에 대해 비교하고, 3장에서 각각의 제약 조건들에 대한 간단한 설명과 알고리즘을 제시하고, 이런 제약 조건들의 다중 적용에 대한 방법과 결과를 보일 것이다. 마지막으로, 4장에서 결론 및 향후과제를 살펴보고 글을 맺는다.

2. 기존의 시스템

신발 제조 공정에 있어 Grading 작업은 디자이너가 설계한 기본 사이즈의 신발 라스트를 생산하고자 하는 여러 사이즈로 변환하는 작업이다.

Grading 작업은 크게 주어진 신발 사이즈 정보에 따라 전체적으로 톨을 적용하여 수행되는 제로 그레이딩과 특정한 부분에 대해, 개별적인 톨을 적용하는 센터 그레이딩이 있다. 일반적으로 그레이딩 작업은 이런 제로 그레이딩과 센터 그레이딩을 혼용하여 수행되는데, 이 때, 제로 그레이딩이 적용된 부분과 센터 그레이딩이 적용된 부분에서 일그러짐이나 휘어짐과 같은 문제가 발생할 수 있다. 이런 문제를 해결하기 위한 제약조건들로서 Region 속성, Model Shape 속성, Blend 속성, Center Grade 속성이 있다.

기존의 개발된 시스템들은 이러한 특수 그레이딩을 위한 제약조건을 일부만 지원하거나 기능이 완전하지 못한 단점이 있다. 표1은 시스템들 간의 특수 그레이딩 시의 제약조건 지원에 대한 기능비교표이다.

[표 1] 기존의 개발된 제품들의 특수 그레이딩 기능 비교

기능	FDS	CRISPIN	ShoeMaster	ShoeCAD
Region	전체지원	부분지원	부분지원	전체지원
Model Shape	지원	미지원	미지원	지원
Blend	지원	지원	지원	지원

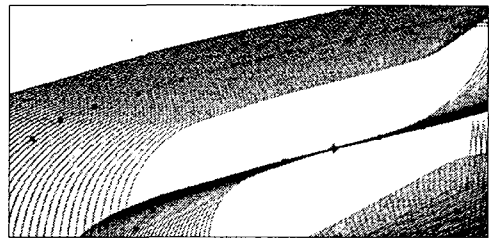
Region의 경우, FDS와 ShoeCAD는 Line의 전체 혹은 부분 모두에 적용할 수 있지만, CRISPIN과 Shoe Master는 부분 적용이 되지 않는다. Model Shape의 경우, FDS와 ShoeCAD는 지원하지만 CRISPIN과 ShoeMaster는 지원하지 않는다. Blend의 경우, 각각의 시스템 모두 지원하지만, CRISPIN과 ShoeMaster는 경사가 급한 경우에 적절히 수행되지 않는 문제가 있다. 또한, 기존의 시스템[5,6]에서는 Region이 적용된 후에 다시 Blend를 적용하면, Region이 취소되고 마지막의 Blend만 적용되는 제약조건들의 다중 적용에 문제가 발생한다.

3. 제약조건에 따른 구현방법

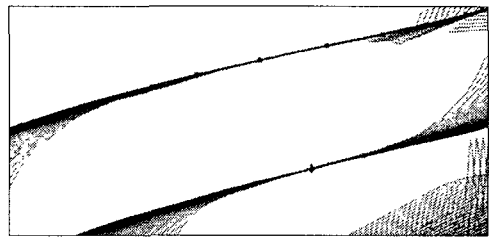
이 장에서는 특수 그레이딩을 위한 제약조건들에 대해 간단히 설명하고 알고리즘을 제시하고, 그레이딩 파이프라인을 통해 그레이딩 시, 제약조건들이 적용되는 순서를 보인다.

3.1 Region

Region 속성은 그레이딩이 적용되었을 때, 특정한 파트를 구성하는 Line의 경우, 간격을 일정하게 유지시켜야 하는 부분이 있다. 이런 경우, Base Line을 기준으로 하여 선택된 Line들과의 간격을 그레이딩 후에도 일정하게 유지시켜 주는 기능이다. 그림1은 Region 속성을 적용한 결과이다.



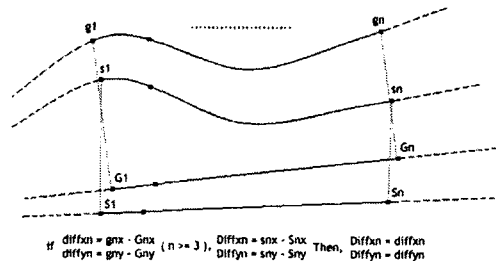
(a) Region이 적용되지 않은 경우



(b) Region이 적용된 경우

[그림 1] Region

Region이 적용될 Line은 그레이딩 후에도 타겟 Line과의 폭이 일정해야 한다. 이를 위해 Vertex Point들만을 이용하였다. 즉, 원본 Line 상의 각각의 점들이 타겟 Line과 가장 가깝게 되는 타겟 Line 상의 점들을 찾는다. 원본 Line 상의 점과 타겟 Line 상의 최근접점 사이의 차를 그레이딩 후 생성되는 Region이 적용된 다른 사이즈의 모델에 적용한다.

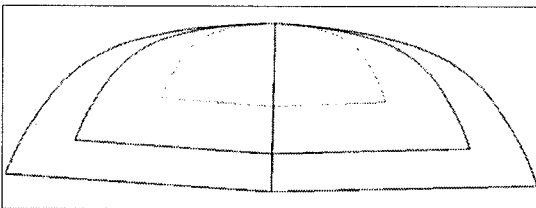


[그림 2] Region Method

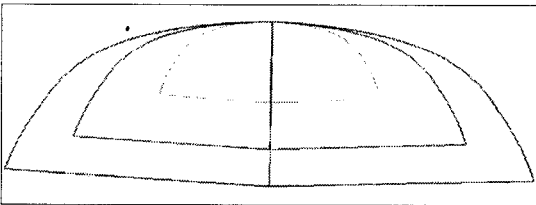
3.2 Model Shape

Model Shape 속성은 기본 사이즈로부터 다양한 사이즈들로 그레이딩을 적용하였을 때, 사이즈 차가 큰 만큼 특정 패턴을 구성하는 Line과 인접하는 Line의 내각이 변형되어 모양이 변형될 수 있다. 이런 경우, 그레이딩 적용 후에도 동일한 비율로 같은 모양을 유지하도록 한다. 이를 위해서는 각 세그먼트들이 연결되는 각도의 유지가 매우 중요하다.

그림3은 130mm, 230mm, 310mm 사이즈의 패턴을 그레이딩하고, Model Shape를 적용한 예이다. 중심축 Line을 기준으로 인접하는 두개 Line과의 각도가 그레이딩 후, 변경된 경우이다.



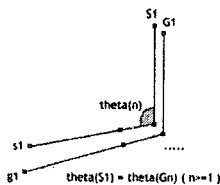
(a) Model Shape가 적용되지 않은 경우



(b) Model Shape가 적용된 경우

[그림 3] Model Shape

Model Shape는 전체적인 모양을 유지시켜 주므로 적용될 Line은 그레이딩 후에도 타겟 Line과 이루는 각도가 일정해야 한다. 따라서, 원본 Line과 원본 타겟 Line과 이루는 각도를 구한 후, 그레이딩 된 Line과 그레이딩 된 타겟 Line이 이루는 각도가 길이에 상관없이 일치되도록 한다.



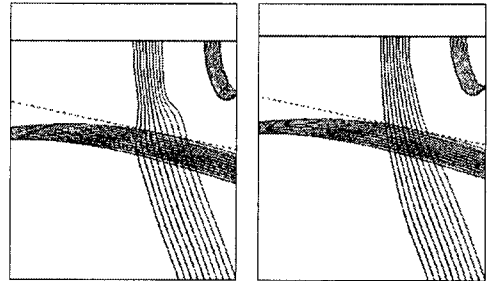
[그림 4] Model Shape Method

3.3 Blend

Blend 속성은 그레이딩이 적용되었을 때, 경계부분에서 매끄럽지 못한 부분이 생성될 수 있다. 이런 경우, 해당 Line에 Blend 속성을 적용하여 그레이딩 후

에도 부드러운 형태를 유지시켜 주는 기능이다.

그림5는 Blend 속성의 적용이 필요한 경우와 적용 후의 결과이다.



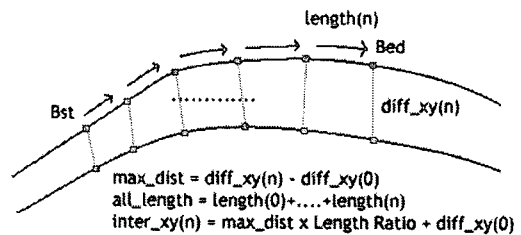
(a) Blend가 필요한 경우

(b) Blend가 적용된 경우

[그림 5] Blend

그림5(a)와 같이 제로 그레이딩과 센터 그레이딩이 적용되었을 때, 혹은 Region이 적용되었을 때, 일그러짐 현상이 발생할 수 있다. 이 때, Blend를 적용함으로써 일그러짐 현상을 보정할 수 있다.

Blend가 적용될 구간 내의 원본 Line에서의 점들간의 거리를 구하고, 원본 Line과 그레이딩 후의 Line과의 동일한 위치의 점들 간의 차이값을 구한다. 얻어진 차이값 배열을 이용해 거리 비율에 따른 중간값 보간을 수행한다.

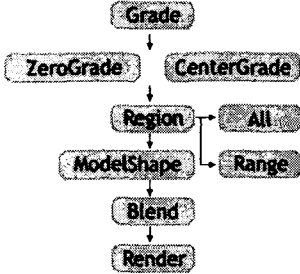


[그림 6] Blend Method

3.4 다중적용

그림7은 시스템에서 구현된 그레이딩 작업의 실행 순서이다. 최초 그레이딩을 위해 Line의 그레이딩 속성을 검사하여 기본 룰을 적용하는 제로 그레이딩 혹은 개별 룰을 적용하는 센터 그레이딩을 수행한다. 다음으로 그레이딩 속성 중, Region 제약조건을 검사하여 타겟 Line에 대해 Line 전체에 적용할 것인지 일부분에 적용할 것인지 결정한 후, Region 기능을 수행한다. 또, Model Shape 제약조건을 검사하여 타겟 Line에 대해 그레이딩 된 Line의 각도를 보정한다. 마지막으로 Blend 제약조건을 검사하여 Line의 일부분을 보간(Interpolation)함으로써 각각의 제약조건들이 모두 적용된 최종 렌더링 준비 작업이 완료된다.

이와 같은 순서를 가지는 이유는 각 제약조건들의 특성을 고려하여 적용되는 기능들의 간섭을 최소화시키고 다중 적용된 결과를 얻기 위해서이다.



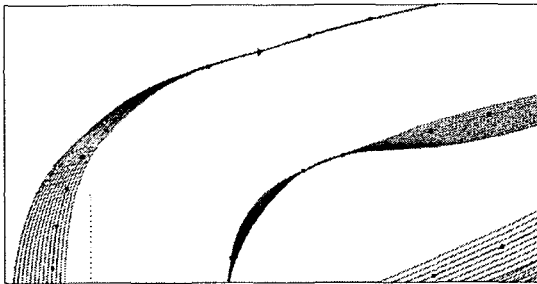
[그림 7] 특수 그레이딩 제약 속성 적용 순서

그림8은 제약조건들을 다중으로 적용한 결과이다. 그림8(a)는 각 사이즈에 적용된 룰에 의해 전체적으로 제로 그레이딩을 수행한 후, 부분 Region이 적용된 예이다. 일그러짐 현상이 발생한 것을 알 수 있다.

그림8(b)는 그림8(a)의 일그러짐 현상을 수정하기 위해 Blend를 적용한 결과로 일그러짐 현상이 수정된 것을 알 수 있다.



(a) Zero Grading과 Partial Region이 적용된 경우



(b) Zero Grading과 Partial Region, Blend가 적용된 경우

[그림 8] 제약 조건 적용 결과

4. 결론

본 논문에서는 기존의 개발된 시스템들에서 특수 그레이딩을 위한 제약조건들의 기능과 문제점을 비교하였다. 또한, 신발 설계를 위한 CAD 시스템에서 중

요한 부분을 차지하는 특수 그레이딩의 제약조건들에 대한 구현 방법과 다중적용에 대한 방법을 제시하였다.

본 논문에서 제안하는 특수 그레이딩 방법을 통해 전량 수입에 의존하고 있는 신발 설계용 CAD 시스템에 대해 개발 능력을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

[참고문헌]

- [1] Kouchi, M. and Tsutsumi, E., Relation between the medial axis of the foot outline and 3D foot shape, Ergonomics, Vol.39, No.9, pp. 853-861, 1996
- [2] Seung-Ho Kim, Kwang-Keol Jang, Hoon Huh, New CAD Datarization technique of Shoe Lasts for Automation of the Adaptive Lasting Machine, the proc. of KSME spring conference, pp.122-127, 2001
- [3] Leon Kos and Joze Duhovnik, A system for footwear fitting analysis, International design conference- DESIGN 2002, 2002
- [4] Massaki Mochimaru, makiko Kouchi and Masako Dom, Analysis of 3-D human foot forms using the Free Form Deformation method and its application in grading shoe lasts, Ergonomics, Vol.43, No. 9, pp. 1301-1313, 2000
- [5] Young-Sook Lee, Yun-Jung Lee, Hee-Jun Kim, Hyoung-Seok Kim and Young-Bong Kim, A Shoe CAD System Using OpenGL, The Proceedings of KJCGC 2002, Part 3 : CAD, 22 - 24 August, 2002 Kanazawa, Japan
- [6] Yun-Jung Lee, Young-Sook Lee, Hee-Jun Kim, Hyoung-Seok Kim, Su-Hwan Kim, Young-Bong Kim, Implementation of 2D Shoe CAD System including special grading functionality, HCI2003, Proceedings 2, pp. 578-583, 2003