

스커트 3D 모델의 기하학적 생성 방법

최우혁* · 최창석* · 김효숙** · 강인애**

*명지대학교 전자정보통신공학부, **건국대학교 의상학과

A Geometrical Generation Method of the Skirt 3D Models

Woo-Hyok Choi* · Chang-Seok Choi* · Hyo-Sook Kim** · In-Ae Kang**

*Division of Electronics, Information and Communcation Engineering, Myongji University

**Dept. of Clothing and Textile, Konkuk University
(2002. 8. 20. 접수)

Abstract

This paper proposes a geometrical method for generating and draping the skirt 3D models. The method constructs a 3D basic skirt model using a truncated elliptical cone and generates the various skirt 3D models by controlling the elliptical cone. The B-Spline approximates the 3D drapes which change variously according to the angles and the textiles of the skirts. The mapping sources consist of the textile textures and the skirt 2D model. The 2D models are obtained by mapping the 3D skirt models to the 2D plane. The mapping sources allow us to map the textiles to the 3D skirts. We make the real skirts for the 6 kinds of angles and textiles, and investigate the data of their drape appearances. The investigated data are applied to the virtual skirts. Appearances of the virtual skirts are similar to those of the real.

Key words: Skirt 3D Model, 3D Draping, Skirt Design, Cloth 3D Model, Virtual Fashion Coordination;
스커트 3D 모델, 3D 드레이핑, 스커트 디자인, 의복 3D 모델, 가상 패션 코디네이션

I. 서 론

오늘날 인터넷을 이용한 전자상거래, 가상 쇼핑몰에서 의류의 구매 추세가 본격화되어, 가상 패션 코디네이션의 필요성이 증대되고 있다. 현재의 가상 패션 코디네이션은 대부분 2D영상에 의존하고 있다. 가상 공간에서의 패션 코디네이션은 2D 영상기반, 3D 모델기반으로 나누어 볼 수 있다. 2D 영상기반은 패션 모델이나 마네킹이 입고 있는 2D 의류영상을 DB화하여 코디네이트하는 것으로, 정면 영상을 보는 것 외에는 다른 효과를 기대할 수가 없다. 복수 매의 2D 영상을 이용하는 경우는 전후좌우를 디스플레이 함으로

서 3D 효과는 낼 수 있으나, 개인의 체형 및 취향에 따른 다양한 코디네이션은 곤란하다. 3D 모델기반은 인체와 의복의 3D 모델을 이용하여, 다양한 방향에서 디스플레이, 현실감의 증대, 개인의 체형, 감성 및 취향에 적합한 코디네이션이 가능하기 때문에, 가상공간에서 고객의 만족도를 극대화 할 수 있는 가장 우수한 방법이다.

가상 3D 패션 코디네이션 시스템을 개발하기 위해서는, 한국인 3D 모델 DB구축, 의복 3D 모델 DB의 구축, 개인 3D 캐릭터의 구성, 개인 캐릭터에 의복 3D 모델의 정합, 의복과 인체의 역전검색(Collision Detection), 검색부위에서 의복모델의 수정, 원단 텍스처의 매핑소스 구성 등 일련의 여러 가지 핵심기술의 개발이 필수적이다. 의복모델 DB구축을 위한 3D 모델 생성방법으로는 3D 모델 제작툴(3D Max, Maya

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 (R01-2000-000406-0) 지원으로 수행되었음.

등)을 대부분 이용하고 있다. 의복의 종류와 디자인에 따라 다양한 의복 3D 모델의 제작이 가능하나, 많은 수작업이 수반된다. 이에 반해, 의복 3D 모델을 자동으로 생성하는 경우는 3D 모델 제작물에 비해 저비용으로 DB를 효율적으로 구축할 수 있으나, 제작과정이 복잡하기 때문에, 이에 대한 많은 연구가 필요하다.

Hing와 Gramsdale (1996)은 의복 모델의 자동생성 방법을 기하학적인 방법, 물리적인 방법, 혼합 방법의 3가지 방법으로 나누고 있다. 기하학적인 방법은 생성될 모델의 결과예측이 직관적이고, 계산량은 적은 장점이 있으나, 여러 가지 드레이핑을 사전에 준비해야 하고, 상당한 수작업이 수반되는 경우도 있다. 물리적인 방법을 실제 의복에 근접한 모델의 생성이 가능하지만, 힘 또는 에너지의 관계를 수치해석에 의한 반복법으로 구하는 경우가 많아 계산량이 많고, 결과예측이 곤란한 경우도 있다. 이를 극복하기 위해, Baraff와 Witkin (1998)은 의복의 동적 변화에서 시간간격을 크게 하거나, Oshita와 Makinouchi (2001)은 대표점을 계산한 후 보간하는 방법을 사용하고 있다. Rudomin과 Castillo (2002)에 의한 혼합 방법은 기하학적인 방법으로 의복을 근사한 후, 물리적인 방법의 초기치로 사용함으로써, 물리적인 방법의 계산량을 줄이는데 목적이 있다.

Web기반 패션 코디네이션에는 계산량이 적고, 결과 예측이 가능한 기하학적인 방법이 적합하다고 볼 수 있다. 그러나, 다양한 종류 및 디자인별 의복 3D

모델의 생성과 3D 드레이핑에 대한 자동화 방법은 연구가 비교적 적은 편이다. 선행연구 (최우혁외 2001, 장운석외 2002)에서 필자들은 기하학적인 방법으로 다양한 의복 모델의 자동생성을 시도하고 있다. 의복 3D 모델을 자동 제작함으로써, 가상공간에서 체계적이고, 효율적인 의복모델 DB구축과 함께, 실제 의복의 디자인, 제작과정에서도 생산성을 향상시킬 수가 있다.

본 논문은 기하학적인 방법으로 다양한 스커트 3D 모델과 3D 드레이핑을 생성하는 방법을 제안한다. 먼저, 타원뿔대를 이용하여 스커트의 3D 기본 모델을 구성한 후, 타원의 장단축을 조절하여 스커트의 디자인을 다양화한다. 스커트의 3D 기본 모델에 원단재질 별로 다양하게 변화하는 3D 드레이핑을 B-Spline 곡선을 이용하여 실현한다. 또한, 생성된 스커트 3D 모델을 2D평면에 매핑하여, 원단 텍스처와 함께 매핑소스를 구성한다. 나아가서, 실제 제작된 스커트의 드레이핑을 조사하고, 가상 스커트와 비교 검토한다.

II. 본 론

1. 스커트의 3D 기본 모델의 제작

스커트는 대략적으로 Fig. 1과 같이 타원뿔대로 생각할 수 있다. 높이(h)는 스커트의 길이에 해당하고, 타원의 장단축은 스커트의 너비와 폭에 해당한다고 볼 수 있다. 타원의 둘레를 Fig. 2와 같이 일정간격으로

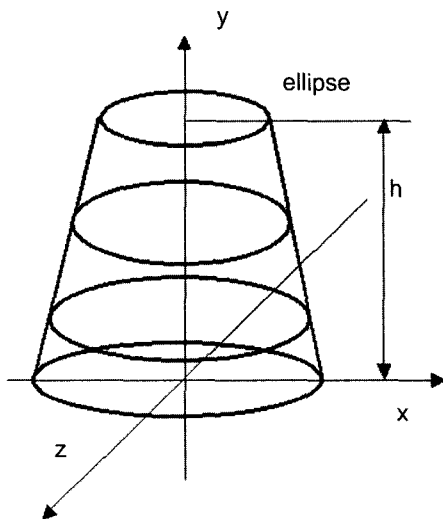


Fig. 1. The truncated elliptical cone.

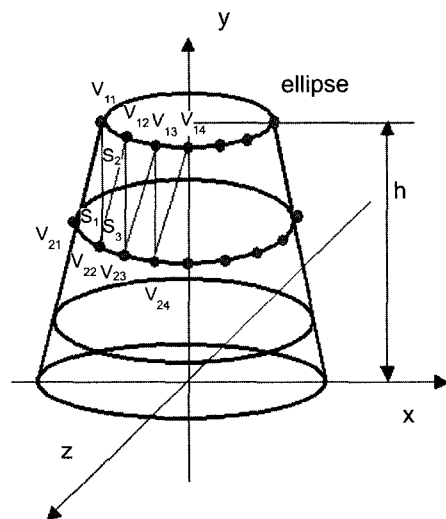


Fig. 2. Division of the truncated elliptical cone

Table 1. An example of the 3D model data

Vertices	Triangular surface
V ₁₁ : (X ₁₁ , Y ₁₁ , Z ₁₁)	S ₁ : V ₁₁ , V ₂₁ , V ₂₂
V ₁₂ : (X ₁₂ , Y ₁₂ , Z ₁₂)	S ₂ : V ₁₁ , V ₂₂ , V ₁₂
V ₁₃ : (X ₁₃ , Y ₁₃ , Z ₁₃)	S ₃ : V ₁₂ , V ₂₂ , V ₂₃
...	...

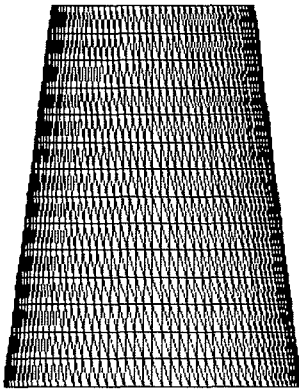


Fig. 3. The 3D basic model of the virtual skirt

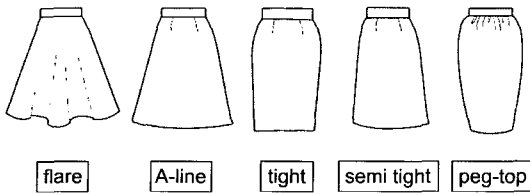


Fig. 4. Examples of the skirts

로 세분하여 꼭지점(V_{ij})을 구성하고, 세 개의 꼭지점을 반시계 방향으로 연결하여 삼각형 표면(S_i)을 Table 1과 같이 정의하면, 스커트의 3차원 기본모델이 구성된다(Fig. 3). 이 과정에서 스커트의 굴곡과 크기에 따라 타원둘레의 꼭지점 간격을 세분할 수 있다.

Fig. 4는 디자인이 다른 5종류의 스커트를 나타내고 있다. 스커트의 디자인을 근사하기 위하여, Fig. 5와 같이 기본 모델의 높이에 따라 타원의 장단축(a,

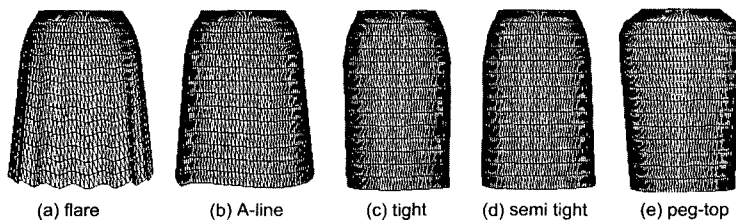


Fig. 6. The 3D models of the virtual skirts generated according to design

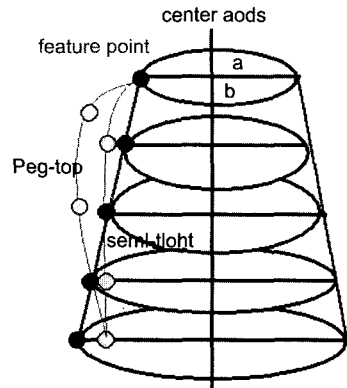


Fig. 5. Variation of the truncated elliptic cone according to design of the virtual skirts

b)을 조절하면, 다양한 디자인의 스커트 3D 모델을 얻게 된다(Fig. 6). 장단축의 조절에는 배 둘레, 엉덩이 둘레를 이용한다. 엉덩이를 예로 들면, 엉덩이 너비가 장축(a)이 되고, 엉덩이 두께가 단축(b)이 된다. 엉덩이 둘레(L)가 주어지면, (식 1)과 같이 엉덩이 두께를 추정한다.

$$b = (L - 25.668675) / 3.109940 \quad (1)$$

(식 1)은 국민표준체위 조사보고서의 엉덩이 둘레와 엉덩이 두께의 평균치로부터 구한 회귀 추정식이다. 추정식을 구할 때, 이용한 데이터의 대상은 20세에서 59세사이의 여성으로 하였다. 엉덩이 둘레(L)와 엉덩이 두께(b)로부터 (식 2)을 이용하여, 엉덩이의 너비(a)를 산출한다. (식 2)는 장축과 단축이 주어졌을 때, 타원의 둘레를 구하는 방정식이다.

$$L = \pi(3(a+b) - [(a+3b)(3a+b)]^{1/2}) \quad (2)$$

이 때, 스커트의 모양의 근사가 가능하도록 상하 타원의 둘레와 수를 설정한다. 오선희 (2000)에서 높이에 따른 타원의 둘레는 스커트의 디자인에 따른 구성 방법을 참조하여 변화시키고 있다. 타원 수는 스

커트의 길이를 일정한 간격으로 나누어 설정하고 있다. 타원의 수를 많이 설정할수록 스커트 모양을 부드럽게 근사할 수 있지만, 꼭지점과 삼각형의 수가 증가하게 된다.

2. 스커트의 3D 드레이핑

스커트의 길이와 둘레, 디자인, 원단의 재질에 따라 주름의 크기와 수가 다르게 드레이핑이 형성된다. 이러한 드레이핑을 실현하기 위해, Fig. 7과 같이 XZ 평면에서 타원뿔대의 단면을 이루는 타원(실선)의 내외에 가상 타원(점선)을 설정한다. 타원뿔대의 단면 타원과 내외의 가상 타원 상에 특징점(pk)을 교대로 설정한 후, Hearn과 Baker(1997)에 따라 특징점을 B-Spline 곡선으로 연결하여 스커트의 3D 드레이핑을 실현하고 있다. B-Spline 곡선은 부드러운 곡선 또는 곡면을 생성하는 방법으로 널리 사용하고 있으며, 구

체적으로는 (식 3)~(식 4)와 같다.

$$P(u) = \sum_{k=0}^n p_k B_k(u), \quad u_{min} \leq u \leq u_{max}, \quad (3)$$

$$2 \leq d \leq n+1$$

$$B_{k,1}(u) = \begin{cases} 1, & \text{if } u_k \leq u < u_{k+1} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$B_{k,d}(u) = \frac{u - u_k}{u_{k+d-1} - u_k} B_{k,d-1}(u) + \frac{u_{k+d} - u}{u_{k+d} - u_{k+1}} B_{k+1,d-1}(u) \quad (4)$$

$P(u)=(x(u), y, z(u))^T$ 는 스커트 단면의 곡선상 위치이며, $p_k=(x_k, y, z_k)^T$ 는 특징점이며, $B_{k,d}(u)$ 는 특징점을 연결하는 혼합함수(Bending function)이며, $n+1$ 은 특징점의 수이고, d 는 $B_{k,d}(u)$ 의 다항식의 차수를 결정한다. 본 논문에서는 B-Spline 곡선을 생성할 때, 속도를 고려하여 특징점을 4개씩($p_k, k=0\sim3$) 연결하고 있으며, 곡선의 연속성을 고려하여 특징점을 2개씩($p_k, k=2\sim5$) 중첩하여 이용하고 있다. 주름의 깊이는 내외에 설정한 가상타원의 장단축을 조절하여, 주름의 간격, 폭, 수는 특징점의 위치와 수를 조절하여 다양한 드레이핑을 구현하고 있다(Fig. 8). 원단이 두껍고 뻣뻣한 경우는 주름간격은 크고, 주름수는 적은 반면, 얇고 부드러운 경우는 주름간격은 작고, 주름수는 많아질 것으로 예상된다. 이와 같은 방법을 Fig. 6의 상하타원에 적용하여, Fig. 9와 같이 다양하게 드레이핑된 3D 모델을 얻게된다.

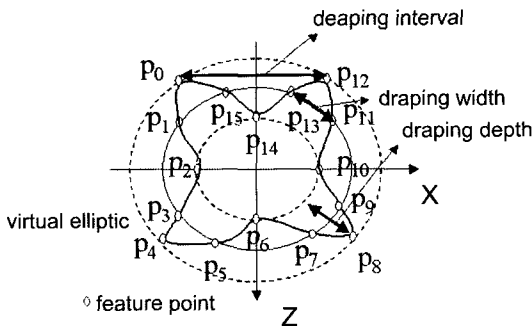


Fig. 7. A concept of the skirt's 3D draping

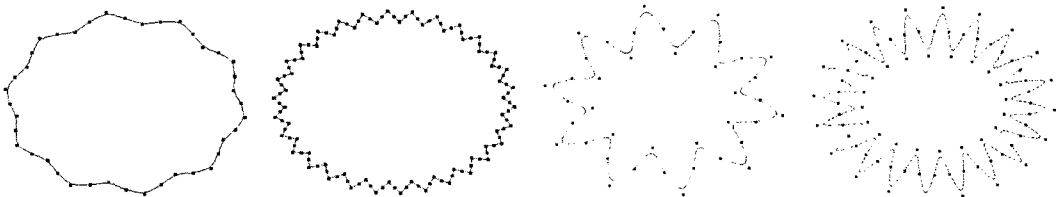


Fig. 8. Variation of the 3D draping using the virtual elliptic and the feature points

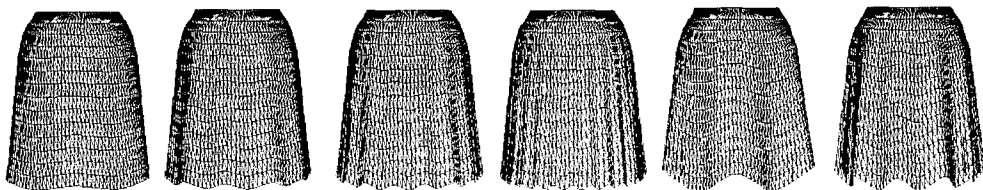


Fig. 9. Some kinds of the 3D draping in the skirt 3D models

3. 매핑소스의 구성과 렌더링

드레이핑된 스커트의 3D 모델에 셰이딩과 텍스처 매핑을 통해, 원단의 재질, 디자인에 맞는 스커트의 질감을 나타낸다. 먼저, Fig. 10과 같이 옷감의 2D 원단을 준비한다. 또한, Fig. 9의 스커트의 3D 모델을 2D 평면상에 매핑하여, Fig. 11과 같이 스커트의 2D 모델을 얻는다. 매핑방법은 Fig. 7의 XZ평면에서 B-Spline 곡선을 따라 인접 꼭지점 사이의 선적분을 2D 평면에서의 X위치로 한다. Fig. 11(a)는 스커트의 3D

모델이고, Fig. 11(b)는 2D평면에 매핑한 모델이며, Fig. 11(c)는 매핑소스가 된다. Fig. 10의 원단을 Fig. 11의 2D 모델을 통해 스커트의 3D모델에 렌더링한 것을 Fig. 12에 나타낸다. Fig. 12(a)는 Gouraud 셰이딩을 한 것이고, Fig. 12(b)는 원단을 텍스처 매핑한 것이며, Fig. 12(c)는 이들을 동시에 적용한 것이다. 나아가서, 원단의 재질과 두께에 따라 달라지는 투명성을 변화시키면, Fig. 13과 같다. Fig. 9의 다양한 드레이핑에 대해 렌더링의 결과를 Fig. 14에 나타낸다. 현실감 있는 드레이핑이 구현되었음을 알 수 있다.

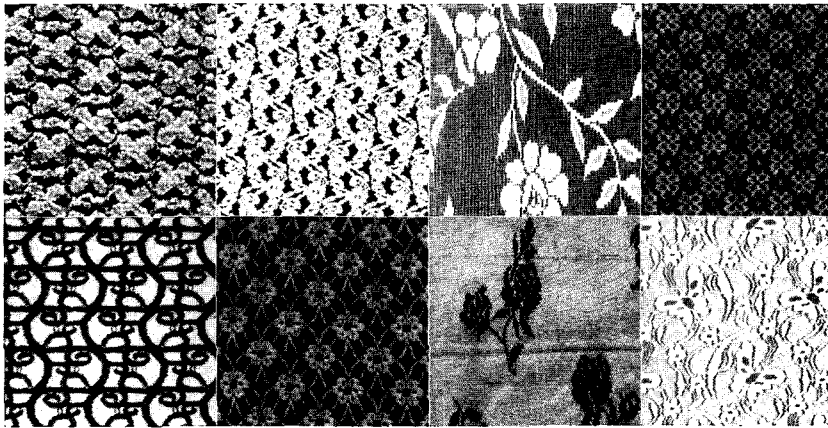


Fig. 10. The 2D textures of the textiles

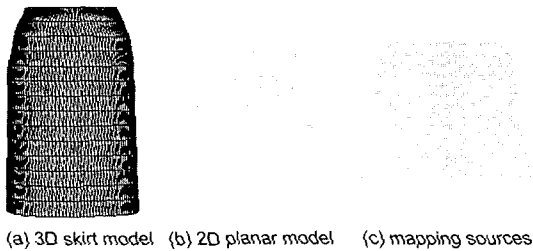


Fig. 11. The skirt model mapped to 2D plane

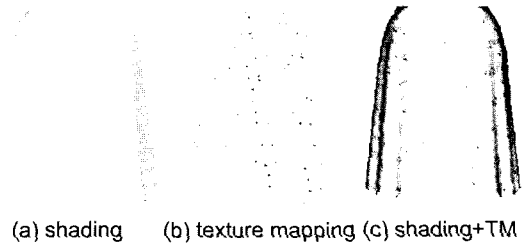


Fig. 12. Rendering of the skirts

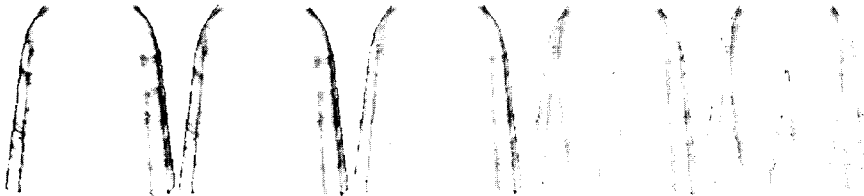


Fig. 13. Variation of the transparency according to depth and material of the textiles

4. 실제 스커트와 가상스커트의 비교

가상 스커트에서는 실제 스커트와 똑같은 3D 드레이핑을 완벽하게 구현하는 것이 이상적이라고 생각된다. 그러나, 스커트의 원단, 디자인, 각도에 따라 불규

칙하고 다양하게 달라지는 드레이핑을 완벽하게 구현하는 것이 현실적으로 어렵기 때문에, 본 연구에서는 유사한 드레이핑을 나타내는데 목표를 두고 있다.

먼저, 원단과 각도가 다른 6종의 플레어 스커트를 제작하였다. 원단은 캐시미어, 개버딘, 실크의 3종으

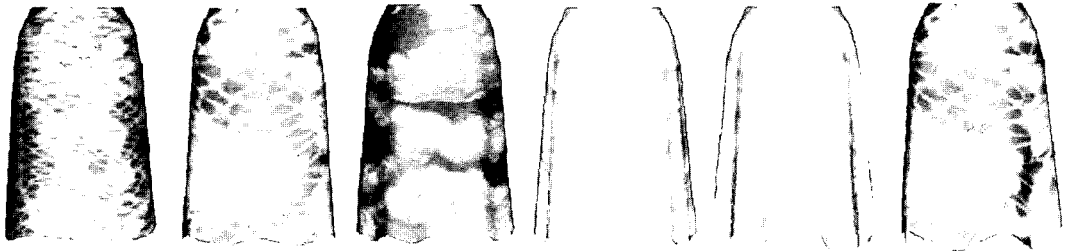


Fig. 14. Rendering of some kinds of the 3D draping

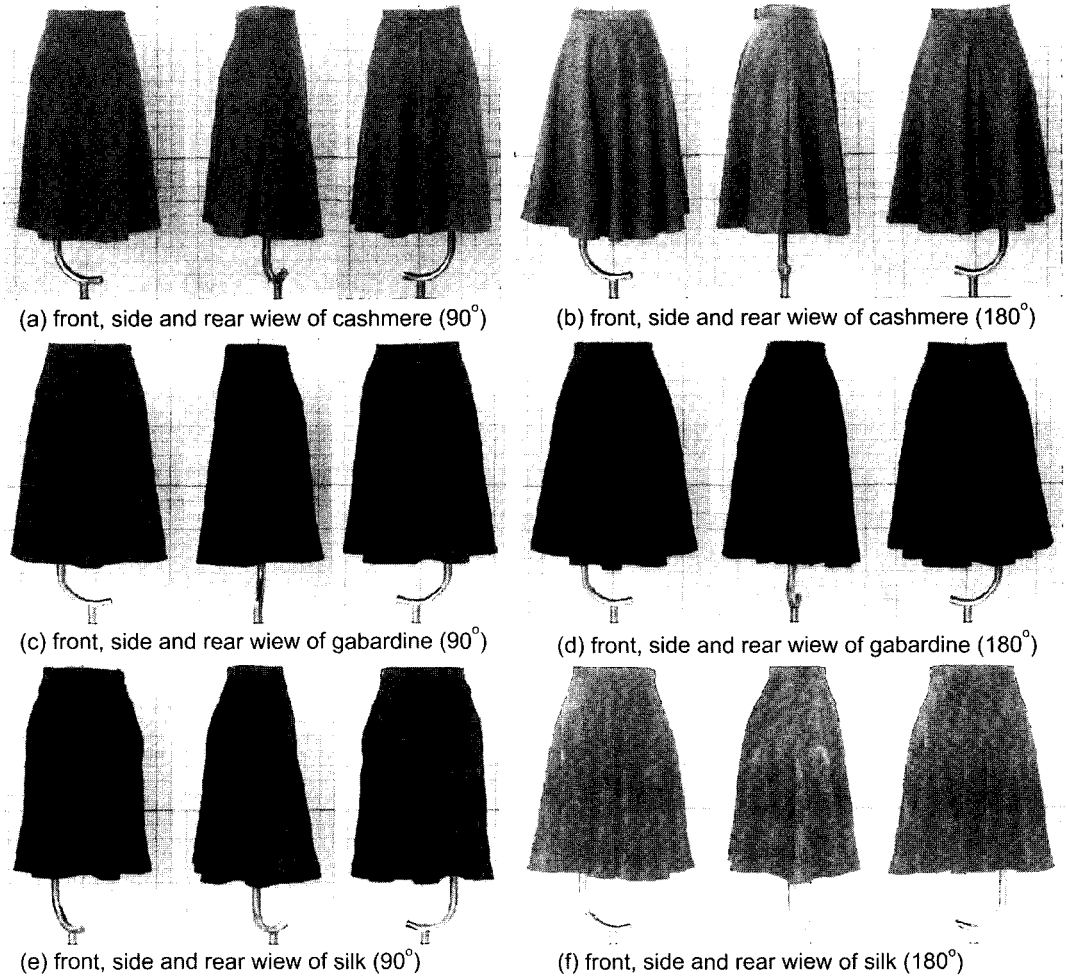


Fig. 15. The 6 kinds of real flared skirts with different angles and textiles

로 하고, 각도는 90°, 180°의 2종으로 하였다<Fig. 15>. 사용한 원단에 대한 정량적인 물성을 <표 2>에

Table 2. Specification of the textile properties

	depth(mm)	weight(g)	drape coeff.
cashmere	0.82	0.62	0.67
gabardine	0.49	0.58	0.65
silk	0.17	0.18	0.45

*The weights are measured for 5×5cm² area of each textile

*The depths and weights are measured 5 times and averaged

*Drape coefficient=C-B/A-B (A: surface area of the test cylinder(cm²), B: upper profile area of the cylinder(cm²), C: perspective area of test fabric(cm²))

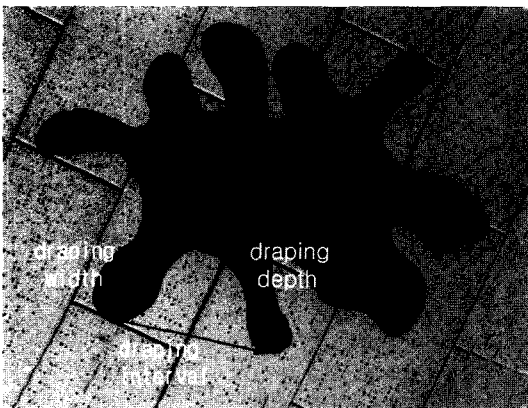


Fig. 16. The skirt profile

나타낸다. 직물은 평직으로 짜여진 신축성이 없는 것을 사용하였으며, 직서 방향은 바이어스 방향으로 컷팅한 것이다. 스커트의 허리 둘레는 66cm, 엉덩이 둘레는 93cm, 스커트 길이는 62cm이다. 제작한 6종의 스커트를 8호 바디에 입혀서, 자연스럽게 생기는 주름의 수, 간격, 폭, 깊이를 줄자로 측정했다. Fig. 16에 스커트의 단면을 나타내고, 측정시 사용한 주름의 간격, 폭, 깊이를 표시한다. 6종의 스커트에 대해 조사한 내용을 <표 3>에 정리한다. <표 3>에서 주름의 간격, 폭, 깊이를 평균하여, Fig. 17에 나타낸다. 캐시미어는 주름의 폭, 깊이가 크고, 주름수가 적은 반면, 실크는 주름의 폭, 깊이가 작고, 주름수가 많은 것을 알 수 있

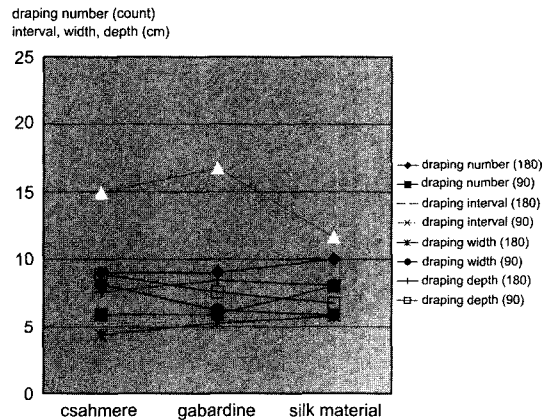


Fig. 17. Plot for the draping data in <Table 3>

Table 3. The measured data for the draping of the real flared skirts

		cashmere (90°)	cashmere (180°)	gabardine (90°)	gabardine (180°)	silk (90°)	silk (180°)
draping number (count)	front	2	4	2	4	3	4
	side	2	2	2	2	2	2
	rear	2	3	2	3	3	4
draping interval (cm)	front	21.0	11.5	23.2	14.8	14.7	10.1
	side	17.5	18.5	16.5	15.8	13.5	11.4
	rear	15.3	14.7	18.5	19.5	14.5	13.3
draping width (cm)	front	7.5	4.0	6.4	5.2	5.5	4.9
	side	9.5	4.3	5.7	4.8	5.8	7.4
	rear	7.4	4.7	6.8	5.8	6.5	5.3
draping depth (cm)	front	8.6	7.3	7.5	7.0	6.5	7.4
	side	9.3	8.5	7.5	9.3	6.7	9.0
	rear	8.8	7.0	7.7	9.1	7.2	7.8

*The intervals, widths and depths are average in each view.

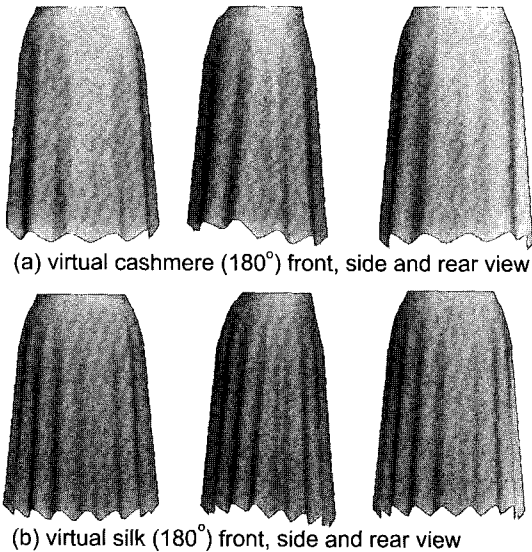


Fig. 18. The virtual skirts applying the measured data

다. 또한, 각도(90° , 180°)에 따라 달라지는 것도 알 수 있다. 이들의 주름의 간격, 수, 깊이 등을 참조하여 3D 드레이핑을 구현한 가상 스커트의 예를 Fig. 18에 나타낸다. 실제의 스커트와 가상스커트가 어느 정도 유사한 질감을 나타내고 있음을 알 수 있다.

III. 결 론

본 논문은 가상공간에서 3D 패션 코디네이션을 실현하기 위해, 가상 스커트의 3D 기본모델을 생성하고, 3D 드레이핑을 구현하는 방법을 제안했다. 타원 빨대를 이용하여 가상 스커트의 기본 3D 모델을 구성하고, 타원 장단축의 변화를 통해 다양한 디자인의 스커트를 생성했다. 원단 재질에 따라 타원빨대 내외의 가상타원과 특징점을 변화시켜, B-Spline으로 주름을 생성하여 다양한 3D 드레이핑을 실현하였다. 나아가서, 스커트의 3D 모델을 2D 평면에 매핑하여, 원단 텍스처와 함께 스커트의 텍스처 매핑 소스를 구성하였다. 실제 스커트 6종을 제작하여, 주름의 모형을 조사하고, 개발된 방법으로 시뮬레이션 한 결과, 실제와 유사한 드레이핑을 실현할 수 있음을 알 수 있었다. 이와 같이 기하학적인 방법을 이용하면, 현실감있는 스커트 3D 모델을 실시간으로 생성할 수 있을 뿐만 아니라, 디자인과 원단 재질에 따라 생성될 스커트 모양을 쉽게 예측할 수 있을 것이다. 나아가

서, 스커트 3D 모델과 원단 텍스처를 분리함으로써, 의복 모델의 효율적인 DB구축이 가능하다. 본 논문에서 제안한 방법으로 다양한 스커트의 디자인과 드레이핑은 실현할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 원단 재질은 개버딘, 캐시미어, 실크의 3종으로 하고, 각도는 90° , 180° 의 2종으로 하여, 실제 스커트 6종을 제작하여, 가상의 스커트와 비교하고 있다. 본 방법을 이용하여, 여러 가지 원단 재질과 디자인에 대한 가상 스커트를 실제 스커트와 유사하게 생성하기 위해서는, 여러 가지 스커트를 실제 제작한 후, 그들에 대한 주름 간격, 주름 폭, 주름 깊이를 조사하여, 반영할 필요가 있다. 이에 대한 계속적인 연구가 필요하다. 뿐만 아니라, 스커트를 인체에 착용했을 때, 스커트의 형태 변화에 대한 연구도 필요하다. 이에 대한 선행연구(장운석 외 2002, 신승철 외 2002)는 필자들이 별도로 진행하고 있다. 또한, 다양한 의복 모델의 DB 구축을 위해서는, 스커트 이외에도 다양한 의복의 3D 모델 생성에 대한 연구도 필요하다.

참고문헌

- 신승철, 최창석, 김효숙. (2002). 의복 3D모델 DB 구축과 개인 체형에 의복 적합. *한국정보과학회 HCI2002*.
 오선희. (2000). *서양 의복 구성*. 예학사, 215-284.
 장운석, 이희봉, 최창석, 김효숙. (2002). 물리적인 방법을 이용한 의복 모델의 3D 드레이핑. *한국 신호처리 시스템 학회 하계 학술대회*, 3(1), 173-176.
 장운석, 최우혁, 강성희, 최창석, 김효숙. (2002). 의복 3D 모델 자동생성과 다양한 3D 드레이핑. *한국정보과학회 HCI2002*.
 최우혁, 신승철, 최창석, 김효숙, 강인애. (2001). 스커트 3D 모델 자동생성과 3D 드레이핑. *대한전자공학회 하계 학술대회*, 24(1), 61-64.
 Baraff, D., & Witkin, A. (1998). Large steps in cloth simulation. *Comput. Graph. Proc., SIGGRAPH*, 43-54.
<http://www.handa.co.kr>
<http://www.miralabwww.unige.ch>
 Hearn, D., & Baker, M. P. (1997). *Computer graphics c version*. Prentice hall, 334-345, 523-525.
 Hing N. N., & Gramsdale, R. L. (1996). Computer graphics techniques for modeling cloth. *IEEE Comput. Graph Appl*, 16(5), 28-41.
 Oshita, M., Makinouchi, A. (2001). Real-time cloth simulation with sparse particles. *SIGGRAPH Sketch, Appl*, 250-251.
 Rudomin, I., & Castillo, J. L. (2002). Realtime clothing: Geometry and Physics. *WSCG Posters*, 45-48.