
오브젝트 VR 기반 2.5D 가상 직물 착의 시스템 : 시점 벡터 추정 및 직물 텍스처 매핑

Object VR-based 2.5D Virtual Textile Wearing System : Viewpoint Vector Estimation and Textile Texture Mapping

이은환, Eunhwan Lee*, 곽노윤, Noyoon Kwak**

요약 본 논문은 사용자 하여금 가상 착의 객체를 360도의 시점에서 관측할 수 있도록 한 새로운 기술로서, 시점 벡터 추정과 직물 텍스처 매핑을 이용한 오브젝트 VR 기반 2.5D 가상 직물 착의 시스템에 관한 것이다. 제안된 시스템은 오브젝트 VR 용도의 다시점 2D 의류 모델 영상들에서 의류 형상 영역을 분할하여 사용자가 선택한 새로운 직물 패턴을 가상적으로 착용시킨 후, 이러한 가상 착의 상태를 360도의 시점에서 입체적으로 볼 수 있는 것이 특징이다. 제안된 시스템은 모델 의류의 컬러나 명도에 관계없이, 선택된 의류 형상 영역의 음영 및 조명 특성을 유지하면서 직물 패턴을 가상적으로 변경시킬 수 있고, 직물 패턴의 가상 착의 상태를 360도의 시점에서 입체적으로 관측할 수 있다. 또한 각기 다른 스타일 혹은 전체적인 차림새를 위한 다양한 직물 패턴 조합을 신속하고 용이하게 시뮬레이션하고 비교-선택할 수 있다. 제안된 시스템은 다양한 디지털 환경에서 실시간 처리가 가능하고 비교적 자연스럽게 입체적인 2.5D 가상 착의 스타일을 제공할 뿐만 아니라 수작업을 최소한으로 줄인 반자동화 처리가 가능하기 때문에 높은 실용성과 편리한 사용자 인터페이스를 제공할 수 있다. 제안된 시스템에 따르면, 실제 의복을 제작하지 않고도 직물 패턴 디자인이 의복의 외관에 미치는 영향을 360도의 시점에서 시뮬레이션할 수 있으므로 직물 디자이너의 창작활동을 도와줄 수 있고, 또한 구매자의 의사결정을 지원해 B2B 또는 B2C 전자상거래 행위를 촉진할 수 있다.

Abstract This paper is related to a new technology allowing a user to have a 360 degree viewpoint of the virtual wearing object, and to an object VR(Virtual Reality)-based 2D virtual textile wearing system using viewpoint vector estimation and textile texture mapping. The proposed system is characterized as capable of virtually wearing a new textile pattern selected by the user to the clothing shape section segmented from multiview 2D images of clothes model for object VR, and three-dimensionally viewing its virtual wearing appearance at a 360 degree viewpoint of the object. Regardless of color or intensity of model clothes, the proposed system is possible to virtually change the textile pattern with holding the illumination and shading properties of the selected clothing shape section, and also to quickly and easily simulate, compare, and select multiple textile pattern combinations for individual styles or entire outfits. The proposed system can provide higher practicality and easy-to-use interface, as it makes real-time processing possible in various digital environment, and creates comparatively natural and realistic virtual wearing styles, and also makes semi-automatic processing possible to reduce the manual works to a minimum. According to the proposed system, it can motivate the creative activity of the designers with simulation results on the effect of textile pattern design on the appearance of clothes without manufacturing physical clothes and, as it can help the purchasers for decision-making with them, promote B2B or B2C e-commerce.

핵심어: *Virtual textile wearing system, Object Virtual Reality, Textile texture mapping, Clothes feature mapping*

*주저자 : 백석대학교 정보통신학부

**교신저자 : 백석대학교 정보통신학부 교수; e-mail: nykwak@bu.ac.kr

1. 서론

대량 주문 생산(mass-customization)은 의류 시장에서 고속으로 성장하는 분야이다. 의류 대량 주문 생산 분야에서 가상 착의 시스템(virtual wearing system)은 생산하기 전에 의류를 판매하는 것을 가능하게 해주고 제품 개발과 제조와 관련된 시간과 비용을 절감할 수 있도록 지원하는 비주얼 도구들 중 하나이다. 오늘날 패션 디자인 분야에서 컴퓨터 소프트웨어를 사용하는 것은 매우 보편적인 일이다. 대표적인 관련 회사들로는 프랑스의 렉트라 시스템(Lectra System), 미국의 거버 시스템(Gerber System), 투카 CAD(Tuka CAD), SGS 옵티텍스(SGS Optitex), 캐나다의 패드 시스템(Pad System), 독일의 어시스트(Assyst), 한국의 D&M 테크놀로지, 영우씨엔아이, 일본의 아사히-카세이(Asahi-Kasei), 도요시마 비즈니스 시스템(Toyoshima Business System), 유카, 스타일 캐드, 옵티텍스 등이 있다[1].

컴퓨터 그래픽스 기법을 통해 생성한 의복을 착용한 가상 인체의 모습은 의복의 형태에 따라 그 사실감이 크게 차이가 난다는 것은 잘 알려진 사실이다. 가상 인체의 표면적은 대부분 의류로 덮여 있으므로 주름과 구겨짐 등이 현실적으로 잘 표현된 의복은 사실감과 자연스러움을 결정짓는 중요한 요소가 된다. 우수한 가상 착의 시뮬레이션 알고리즘은 최대한 빠른 CPU 처리시간 내에 필요한 결과물을 산출할 수 있어야 하며, 급격히 이루어지는 인체의 자세변화에 대해서도 충분한 안정성을 보일 수 있도록 개발되어야 한다 [2]. 인체에 착용된 의류의 변형 및 주름과 구김 현상을 시뮬레이션하기 위해 과거로부터 현재까지 다양한 종류의 3D 해석 기법들[2-7]이 개발된 바 있다. 그러나 통상의 3D 가상 착의 시뮬레이션은 무한한 시점을 제공하는 3D만의 장점이 있는 반면, 원단이 가지고 있는 고유의 재질감을 표현하기 어렵고 또한 대부분 과정을 수작업에 의존하기 때문에 작업 시간이 많이 소요될 뿐만 아니라 방대한 연산량으로 인해 높은 사양의 시스템에서도 실시간성을 제공하기 어려운 문제가 있다. 또한 고품질의 결과를 획득하기 위해선 숙련된 작업자도 많은 시간과 노력을 요하는 난제가 있다. 이러한 3D 가상 착의 시뮬레이션의 부담을 피할 수 있는 하나의 대안으로, 실사 기반 2D 가상 착의 시스템이 다수 발표되어 있다. 그 사례로는 프랑스의 렉트라 시스템이 개발한 렉트라 카탈로그 패키지(Lectra Catalog Package)[8], 한국의 D&M 테크놀로지(D&M Technology)가 개발한 VWS(Virtual Wearing System)[9][10], 원광대학교가 발표한 2.5D 드레이핑 시스템[11], 백석대학교가 발표한 2D 가상 착의 시스템인 Virtual Cody 1.0[12-14] 등이 있다. 2D 가상 착의 시스템은 3D 기술이 갖고 있는 연산량 문제와 모델링의 복잡성에 대한 부담을 줄일 수 있기 때문에 3D 시스템을 적용할 수 없거나 이를 적용하기에 다소 부담스러운 응용 분야에서 매우 유용하게 사용되고 있다. 특히, 실사 영

상에 기초함에 따라 직물 원단의 재질감을 사실적으로 표현할 수 있는 2D만의 장점이 있고 전체적으로 실행 파일의 크기나 시스템의 복잡도 측면에서 경량화되어 있다. 그러나 2D 가상 착의 시스템은 단일 시점의 영상만을 제공할 수밖에 없는 근원적인 한계와 제약점을 갖고 있다. 따라서 2D 가상 착의 시스템의 사실적인 재질감 표현력과 경량화 특성, 그리고 3D 가상 착의 시스템의 다시점 특성을 절충할 수 있는 2.5D 유형의 새로운 가상 착의 기술의 등장이 기대되지만 현재까지는 이러한 요청을 적절하게 수용할 수 있는 관련 기술이 개발되어 있지 않다.

이에 따라 본 논문은 이러한 문제를 해결하기 위한 것으로, 시점 벡터 추정(viewpoint vector estimation)과 직물 텍스처 매핑(textile texture mapping)을 이용한 오브젝트 VR(Object Virtual Reality) 기반 2.5D 가상 직물 착의 시스템을 제안함에 그 목적이 있다.

제안된 시스템은 오브젝트 VR 용도의 다시점 2D 의류 모델 영상 시퀀스에서 의류 형상 영역을 분할하여 사용자가 선택한 새로운 직물 패턴을 가상적으로 착용시킨 후, 이러한 가상 착의 상태를 360도의 시점에서 입체적으로 볼 수 있는 것이 특징이다. 특히, 제안된 시스템은 다시점 의류 모델 영상 시퀀스에서 인접한 시점 영상들 간의 시점 벡터를 추정하고, 이 시점 벡터만큼 직물 패턴의 중심을 이동시켜서 직물 텍스처 매핑을 수행함으로써 시점이 변해도 매핑된 직물 무늬의 연속성을 유지할 수 있고 해당 시점에 상응하는 패턴의 위치 정확성을 제공할 수 있다.

이를 통해 패션 디자인 산업 분야에서 시향작업을 줄여 자재, 경비, 인력, 시간과 노력을 줄여주는 새로운 디자인 개념과 절차를 창출함에 기여하고자 한다. 또한 관련 산업의 상거래 행위를 촉진함과 동시에 소비자 중심의 의류 주문·생산·소비문화를 활성화시키고자 한다.

2. 제안된 2.5D 가상 직물 착의 시스템

2.1 개요

가상현실(VR : Virtual Reality)은 하나 또는 그 이상의 인간의 감각을 포함하여 참여자의 행동에 따라 실시간으로 발생하는, 컴퓨터에 의해 상상의 세계를 현실과 같이 만들어 낸 인공적인 세계이다. VR은 크게 이미지 기반 VR(Image-based Virtual Reality, Photographic VR)과 모델링 기반 VR(Modeling-based Virtual Reality)로 구분할 수 있다. 오브젝트 VR(Object Virtual Reality)은 이미지 기반 VR의 일종으로, 카메라가 대상물(예컨대, 상품, 제품, 사람 등)의 주위를 같은 거리와 각도를 유지하며 360도 회전하면서 촬영한 후, 촬영한 이미지를 연속적으로 보여줌으로써 대상물을 360도 시점에서 입체적으로 볼 수 있도록 해준다. 파노라마

VR(Panoramic VR)이 공간을 체험하기 위한 기술이라면, 오브젝트 VR은 대상물을 상하좌우 360도의 시점에서 입체적으로 보기 위한 기술이다. 즉, 소비자가 컴퓨터상에서 제품을 좌우 혹은 상하로 이리저리 돌려보거나 확대 또는 축소 하면서 마치 제품을 손에 들고 보는 듯한 상태로 제작하여 제품의 특성을 정확하게 파악할 수 있도록 도와준다. 오브젝트 VR의 제작 방법은 좌우로만 회전 가능한 싱글 로우(single row: 좌우 360도) 방법과 좌우상하로 회전이 가능한 멀티플 로우(multiple row: 좌우 360도, 상하 180도) 방법이 있다[15].

그림 1은 제안된 오브젝트 VR 기반 2.5D 가상 직물 착의 시스템의 적용 사례를 예시한 것이다. 제안된 시스템은 완성된 의류를 착용하거나 전시한 상태를 담고 있는 오브젝트 VR 용도의 다시점 2D 의류 모델 영상에서 원하는 의류 형상 영역을 분할한다. 이후, 의류 특징 정합을 통해 각 의류 모델 영상들 간의 시점 벡터를 추정한다. 다음으로, 의류 형상 영역의 명도 성분에 대한 평균 명도값을 계산한 후, 의류 형상 영역에 포함된 각 화소의 명도값에서 평균 명도값을 감산하여 명도 차분 맵(intensity difference map)을 산출함으로써 의류 형상 영역의 음영 및 조명 특성을 추출한다. 이후, 사용자 입력이나 시스템 입력을 통해 의류 모델 영상의 의류 형상 영역에 가상적으로 착용시키고 싶은 직물의 패턴이나 색이 선택되면, 다시점 의류 모델 영상 시퀀스를 대상으로 시점 벡터와 명도 차분 맵을 이용한 직물 텍스처 매핑을 수행함으로써 디지털 직물 원단의 착의상태를 360도의 시점에서 입체적으로 볼 수 있다.

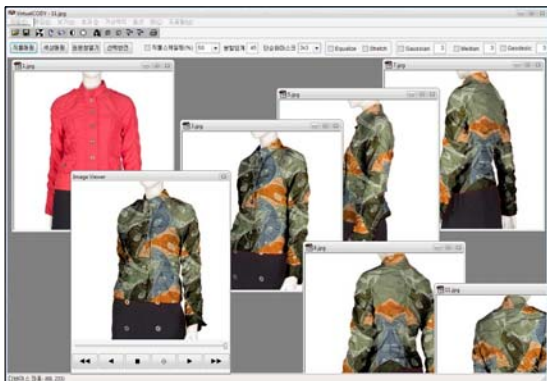


그림 1. 제안된 2.5D 가상 직물 착의 시스템의 적용 사례

그림 2는 제안된 2.5D 가상 직물 착의 시스템의 개략적인 순서도를 나타낸 것이다. 제안된 시스템은 그림 2에 나타난 바와 같이 크게 '다시점 의류 모델 영상 입력 단계', '의류 형상 분할 단계', '시점 벡터 추정 단계', '명도 차분 맵 산출 단계', '직물 텍스처 매핑 단계' 및 '다시점 가상 착의 영상 출력 단계'의 6 단계로 구성되어 있다.

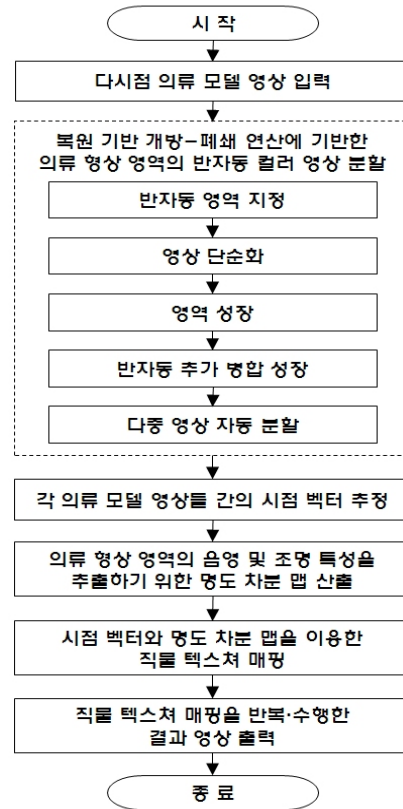


그림 2. 제안된 2.5D 가상 직물 착의 시스템의 순서도

2.2 다시점 의류 모델 영상 입력

다시점 의류 모델 영상 입력 단계에서는 다양한 색상이나 질감을 갖고 있는 완성된 의류를 착용하거나 전시한 상태를 담고 있는 오브젝트 VR 용도의 다시점 2D 의류 모델 영상을 사용자 입력을 통해 입력받는다. 예컨대, 그림 4 및 그림 5는 제안된 시스템에서 입력용으로 사용한 다시점 영상 시퀀스들로서, 총 18장으로 구성된 오브젝트 VR 용도의 다시점 의류 모델 영상 시퀀스들이다. 각각 'Red Jacket' 영상 시퀀스 및 'Black Skirt' 영상 시퀀스를 나타낸 것이다. 이 시퀀스들은 국산 VR 솔루션인 (주)인트빔(Intvim)의 ezVR Studio 5000을 이용하여 턴테이블 상의 의류 모델을 싱글 로우로 20도씩 회전시키면서 360도 상의 각 시점에서 촬영한 것이다.



그림 3. (주)인트빔의 ezVR Studio 5000



그림 4. Red Jacket 영상 시퀀스



그림 5. Black Skirt 영상 시퀀스

2.3 의류 형상 분할

의류 형상 분할 단계에서는 영역 성장 기반 컬러 영상 분할[14]을 이용하여 입력받은 의류 모델 영상에서 원하는 의류 형상 영역을 분할한다. 의류 모델 영상의 의류 영역 상에 위치한 임의의 표본 영역을 직사각형 형태로 사용자 입력을 통해 지정하면, 의류 모델 영상의 윤곽선 정보를 유지하면서 각 컬러 영상의 화소값 분포를 단순화시키기 위해 의류 모델 영상의 R, G, B 성분을 대상으로 수리 형태학 연산 (mathematical morphological operation)의 일종인 복원 기반 개방-폐쇄 연산(open-close by reconstruction)[16]을 적용한다. 이후, 표본 영역의 각 컬러 성분별 표준편차를 계산한 후, 각 컬러 성분의 표준편차에 비례하는 범위로 결정된 바운딩 박스(bounding box)[17]를 이용하여 컬러 성분값이 유사한 인접 화소를 병합하는 영역 성장(region growing)을 통해 영상 분할을 수행한다.

2.4 시점 벡터 추정

시점 벡터 추정 단계에서는 의류 특징 정합을 통해 각 의류 모델 영상들 간의 시점 벡터를 추정한다. 이를 좀 더 상세하면, 의류 특징 영역을 찾기 위해 각 의류 형상 영역의 중심 주변의 블록들 중에서 분산이 가장 큰 블록을 구한 후, 현 시점 영상과 다음 시점 영상 간에 이 블록을 이용한 블

록 정합 알고리즘(block matching algorithm)을 수행하여 시점 벡터를 구한다.

원칙적으로, 영상 정합은 현 시점 영상과 다음 시점 영상 간에 식 (1)과 같은 변환 파라미터를 계산하는 과정이다. 그러나 본 논문의 다음 시점 영상은 현 시점 영상으로부터 싱글 로우로 20도 회전시켜 촬영한 것이기 때문에 현 시점 영상에 대해 단순 이동된 영상으로 가정하는 근사화를 통해 연산의 고속화를 도모하고자 한다. 이러한 근사화에 따르면 식 (1)은 $m_0 = m_4 = m_8 = 1$, $m_1 = m_3 = m_6 = m_7 = 0$ 이 되어 계산이 매우 간단해진다.

$$\mathbf{x}' = \mathbf{M}\mathbf{x} = \begin{bmatrix} m_0 & m_1 & m_2 \\ m_3 & m_4 & m_5 \\ m_6 & m_7 & m_8 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서, $\mathbf{x} = (x, y, 1)$, $\mathbf{x}' = (x', y', 1)$ 이다. 정합은 블록 정합[18]을 사용하며, 오차 매트릭(error metric)은 식 (2)과 같이 SSD(Sum of Square Difference)를 사용한다.

$$E_{SSD}(\mathbf{u}) = \sum_i |I_1(\mathbf{x}_i + \mathbf{u}) - I_0(\mathbf{x}_i)| = \sum_i |e_i| \quad (2)$$

여기서, $I_0(\mathbf{x})$ 는 템플릿 영상, $I_1(\mathbf{x})$ 는 템플릿 영상에 정합될 영상, $\mathbf{u} = (u, v)$ 는 변위, $e_i = I_1(\mathbf{x}_i + \mathbf{u}) - I_0(\mathbf{x}_i)$ 는 오차를 의미한다. 영상 정합 문제는 E_{SSD} 함수를 최소화시키는 파라미터 \mathbf{u} 를 찾는 것이 된다. 본 논문에서는 4×32 크기의 블록 정합을 수행하여 시점 벡터(m_2, m_5)를 구한다.

블록 정합은 정합될 두 영상이 카메라 렌즈에 의한 변형이나 회전과 같이 단순 이동된 관계가 아닌 경우에 큰 오정합이 발생할 수 있다. 이러한 오차를 줄이기 위해서 식 (1)의 모든 변환 파라미터를 계산하면 좀 더 정확한 결과를 얻을 수 있으나 방대한 연산 시간이 소요되는 부담이 발생한다.

2.5 명도 차분 맵 산출

명도 차분 맵 산출 단계에서는 의류 형상 영역의 명도 성분에 대한 평균 명도값을 계산한 후, 의류 형상 영역에 포함된 각 화소의 명도값에서 평균 명도값을 감산하여 명도 차분 맵을 산출함으로써 의류 형상 영역의 음영 및 조명 특성을 추출한다.

2.6 식물 텍스처 매핑

식물 텍스처 매핑 단계에서는 우선, 사용자 입력이나 시스템 입력을 통해 의류 모델 영상의 의류 형상 영역에 가상적으로 착용시키고 싶은 식물의 패턴이나 색을 입력받는다. 다음으로, '명도 차분 맵에 소정의 반영 비율을 곱한 값' 과

'패턴이나 색의 명도 성분값' 을 대응되는 화소단위로 합산한다. 이후, 이 합산 결과값으로 의류 모델 영상 내 의류 형상 영역의 명도 성분값을 대체한다. 한편 의류 형상 영역 내 채도 성분값과 색상 성분값은 화소단위로 대응되는 상기 선택된 직물의 패턴이나 색의 채도 성분값과 색상 성분값으로 대체함으로써 직물 텍스처 매핑[12]을 모두 완료한다. 그림 6과 같이 첫 번째 시점 영상에 대한 이상과 같은 직물 텍스처 매핑을 마친 후, 다음 시점 영상부터 마지막 시점 영상까지는 각 의류 모델 영상들 간의 시점 벡터만큼 직물 패턴의 중심을 이동시켜서 직물 텍스처 매핑을 수행한다.

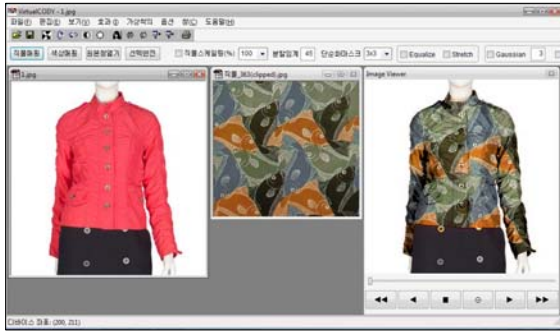


그림 6. 첫 번째 시점 영상의 직물 텍스처 매핑

제안된 방법의 명도 차분 맵 산출과 직물 텍스처 매핑 과정을 좀 더 상세하게 설명하면 다음과 같다.

우선, 의류 모델 영상을 HSI 컬러 모델로 변환하여 명도 성분 영상 I (intensity)을 산출한다. 이후, 식 (3)과 같이 의류 모델 영상의 명도 성분 영상 $I(x, y)$ 에서 의류 형상 영역의 평균 명도값 $I_{k_{avg}}$ 를 계산한 후, 의류 형상 영역에 포함된 각 화소의 명도값에서 평균 명도값 $I_{k_{avg}}$ 을 감산하여 명도 차분 맵 $I_{k_{dm}}(x, y)$ 을 산출한다.

$$I_{k_{avg}} = \frac{1}{A_k} \sum_{(x, y) \in R_k} I(x, y) \quad (3)$$

$$\text{where } A_k = \sum_{(x, y) \in R_k} 1$$

식 (4)는 의류 모델 영상에서 추출한 의류 형상 영역의 명도 차분 맵 $I_{k_{dm}}(x, y)$ 를 나타낸 것이다. 식 (3)과 식 (4)에서 x 및 y 는 각 의류 형상 영역 R_k 에 포함된 화소의 수평 좌표 및 수직 좌표를 가리키는 것이다. A_k 는 해당 의류 형상 영역의 화소수를 의미하는 것으로, 여기서 k 는 의류 형상 영역이 다수의 영역으로 구성되어 있을 시에 이를 인덱싱하기 위한 변수이다.

$$I_{k_{dm}}(x, y) = I(x, y) - I_{k_{avg}} \quad \text{for } (x, y) \in R_k \quad (4)$$

이해의 편의를 도모하기 위해 제시하면, 의류 모델 영상

의 전체에 대한 명도 차이 맵은 식 (5)을 이용하면 구할 수 있다. 식 (5)에서 M 및 N 은 각각 의류 모델 영상의 수평 화소수 및 수직 화소수이다.

$$I_{dm}(x, y) = I(x, y) - I_{avg} \quad \text{for } 0 < x \leq M-1, 0 < y \leq N-1$$

$$\text{where } I_{avg} = \frac{1}{M \times N} \sum_{y=0}^{N-1} \sum_{x=0}^{M-1} I(x, y) \quad (5)$$

이후, 직물 텍스처 매핑 단계에서 사용자 입력이나 시스템 입력을 통해 의류 모델 영상의 의류 형상 영역에 가상적으로 착용시키고 싶은 직물의 패턴이나 색을 입력받는다. 그런 다음에 식 (6)와 같이 '명도 차분 맵에 소정의 반영 비율 s_k 을 곱한 값'과 '패턴이나 색의 명도 성분값'을 대응되는 화소단위로 합산한다. 이후 이 합산 결과값으로 의류 모델 영상 내 의류 형상 영역의 명도 성분값을 대체한다. 또한 의류 형상 영역 내 채도 성분값과 색상 성분값은 식(6)와 같이 각각 직물 컬러의 채도 성분값과 색상 성분값으로 대체함으로써 직물 컬러 매핑을 모두 수행한다.

$$\left. \begin{aligned} I'_k(x, y) &= I(x, y) + s_k I_{k_{dm}}(x, y) \\ S'_k(x, y) &= S(x, y) \\ H'_k(x, y) &= H(x, y) \end{aligned} \right\} \text{for } (x, y) \in R_k \quad (6)$$

소정의 반영 비율 s_k 는 식 (7)와 같이, 식 (3)에서 구한 의류 형상 영역의 평균 명도값 $I_{k_{avg}}$ 로, 의류 형상 영역에 화소단위로 대응되는 직물의 패턴이나 색의 평균 명도값 $I'_{k_{avg}}$ 을 나눈 후 자연로그를 취한 값과 소정의 가산 상수 α 를 합산하여 산출한다. 제안된 방법에서 가산 상수 α 는 2.5를 사용하였다.

$$s_k = \alpha + \ln \left(\frac{I'_{k_{avg}}}{I_{k_{avg}}} \right) \quad (7)$$

직물 패턴 영역의 평균 명도값 $I'_{k_{avg}}$ 은 식 (8)을 이용하여 구한다. 여기서, $I'(x, y)$ 는 직물의 패턴이나 색의 명도 성분 영상을 의미한다.

$$I'_{k_{avg}} = \frac{1}{A_k} \sum_{(x, y) \in R_k} I'(x, y) \quad (8)$$

2.7 다시점 가상 착의 영상 출력

다시점 가상 착의 영상 출력 단계에서는 직물의 패턴이나 색의 종류를 원하는 횟수만큼 변경하면서 직물 텍스처 매핑 단계를 반복적으로 수행하여 획득한 적어도 하나 이상의 매핑 결과 영상을 원하는 출력수단을 통해 출력한다.

3. 컴퓨터 시뮬레이션 결과

제안된 시스템의 타당성과 보편성을 평가하기 위해, Intel Core 2 Duo 2.16GHz(2GB RAM) 랩탑에서 Microsoft Visual C++.NET 2003을 사용하여 다양한 직물 패턴 영상과 다시점 의류 모델 영상 시퀀스들을 대상으로 제안된 방식에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 8과 그림 9는 그림 7(a)의 직물 #01을 'Red Jacket' 영상 시퀀스에 가상 착의한 사례이고, 그림 10과 그림 11은 그림 7(b)의 직물 #02를 'Black Skirt' 영상 시퀀스에 가상 착의한 사례를 예시한 것이다. 참고로, 그림 8~11은 제안된 시스템에 개발된 오브젝트 VR 뷰어의 스크린샷(screenshot)이다. 제안된 시스템에서는 직물 패턴의 크기를 그대로 이용할 수도 있으나 영상 스케일러를 이용하여 원하는 크기로 조절한 후에 가상적으로 착용시킬 수도 있다. 전체적으로 자연스럽게 사실적인 오브젝트 VR 기반의 가상 착의 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

한편 제안된 시스템에서 영상 분할 특성은 자연스럽게 사실적인 직물 매핑 결과에 결정적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 제안된 방법의 근간이 된다. 그러나 지금까지 다수의 영상 분할 알고리즘이 제안되어 있지만 2차원 영상의 특징상, 배경의 복잡도나 대비도와 무관하게 원하는 의류 객체를 자동으로 완벽하게 추출할 수 있는 영상 분할 기술은 존재하지 않는다. 그렇지만 인터넷 의류 쇼핑몰, 전자 의류 카탈로그나 온라인 패션 잡지 등에서 사용하는 통상의 오브젝트 VR 기반 다시점 의류 모델 영상의 경우, 비교적 양호한 조명 조건과 단순한 배경에서 촬영하는 것이 일반적이다. 따라서 사용자 입력을 부분적으로 사용하는 제안된 방법의 반자동 영상 분할 기법을 적절하게 적용하면 비교적 실용적이면서도 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 일반적으로, 2D 영상은 3D 실세계의 장면을 2D 촬상 소자 평면에 광전변환을 통해 투영한 것이기 때문에 그 영상이 촬영된 당시의 3D 장면 속에 존재했던 모든 시각 정보, 즉, 객체와 배경의 3D 형상, 질감, 깊이, 거리, 촬영시의 조명 조건 등과 같은 정보를 모두 담을 수가 없다. 하지만 제안된 명도 차분 맵을 통해 2D 영상에서 음영 및 조명 특성을 적절하게 정의하면 상실된 3D 음영 및 조명 정보를 부분적 또는 근사적으로 재현할 수 있었다.

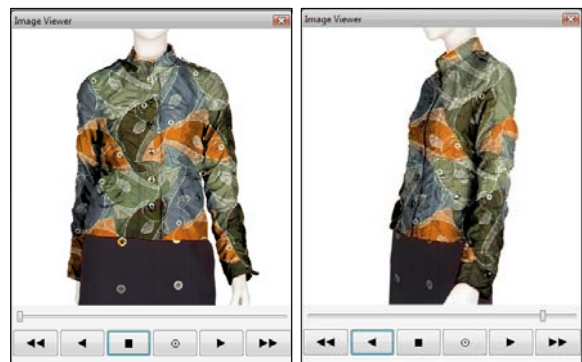


(a) 직물 #01 (b) 직물 #02

그림 7. 적용된 직물 패턴 영상



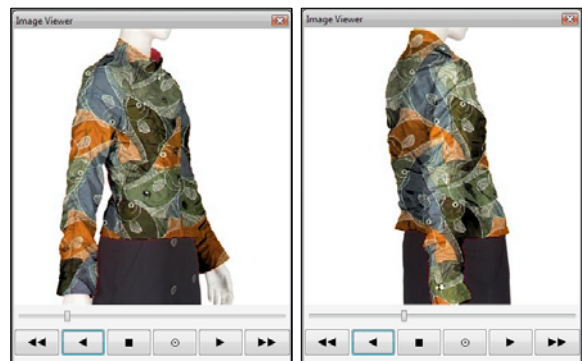
그림 8. 제안된 시스템을 Red Jacket 영상 시퀀스에 적용한 결과



(a) 0도 (b) 60도



(c) 120도 (d) 180도



(e) 240도 (f) 300도

그림 9. 그림 8의 가상 착의 결과를 60도 간격으로 선별한 결과 영상



그림 10. 제안된 시스템을 Black Skirt 영상 시퀀스에 적용한 결과



그림 11. 그림 10의 가상 착의 결과를 60도 간격으로 선별한 결과 영상

4. 결 론

본 논문에서는 시점 벡터 추정과 직물 텍스처 매핑을 이용한 오브젝트 VR 기반 2.5D 가상 직물 착의 시스템을 제안함으로써 사용자로 하여금 가상 착의 객체를 360도의 시점에서 관측할 수 있는 수단을 제공하였다. 제안된 시스템은 2D 가상 직물 착의 시스템의 사실적인 재질감 표현력과 경량화 특성, 그리고 3D 가상 직물 착의 시스템의 다시점 특성을 절충한 2.5D 유형의 새로운 가상 직물 착의 기술이다. 제안된 시스템은 모델 의류의 컬러나 명도에 관계없이, 선택된 의류 형상 영역의 음영 및 조명 특성을 유지하면서 직물 패턴을 가상적으로 변경시킬 수 있고, 직물 패턴의 가상 착의 상태를 360도의 시점에서 입체적으로 관측할 수 있다. 또한 각기 다른 스타일 혹은 전체적인 차림새를 위한 다양한 직물 패턴 조합을 신속하고 용이하게 시뮬레이션하고 비교선택할 수 있다. 제안된 시스템은 다양한 디지털 환경에서 실시간 처리가 가능하고 비교적 자연스럽게 입체적인 2.5D 가상 착의 스타일을 제공할 뿐만 아니라 수작업을 최소한으로 줄인 반자동화 처리가 가능하기 때문에 높은 실용성과 편리한 사용자 인터페이스를 제공할 수 있다. 실제 의복을 제작하지 않은 상태에서도 직물 원단의 디자인이 의복의 외관에 미치는 영향을 360도의 시점에서 시뮬레이션할 수 있음에 따라 직물 디자이너의 창작활동을 도와줄 수 있다. 즉, 평면적인 옷감을 입체적인 체형에 착용시켰을 때 나타나는 구김, 접힘, 주름, 모양, 땀시, 자태 등을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 가상적으로 재현함으로써 직물 디자이너(textile designer)의 창작활동을 지원할 수 있다. 한편, 온라인상에서 직물 원단이나 의류를 거래할 시에 구매자의 의사결정을 지원해 B2B 또는 B2C 전자상거래 행위를 촉진할 수 있다. 더불어 기성복이나 맞춤복 모두에 대해 소비자가 자신의 취향에 어울리는 직물 패턴을 용이하게 선택하고 디자인하여 주문제작을 수행하는 거래환경을 조성할 수 있다.

제안된 시스템을 응용하여 온라인 직물 디자인 반응 조사, 가상 의류 전시, 가상 자동차 도장 디자인, 가상 상품 포장 디자인, 가상 벽지 디자인 분야 등에 적합한 기술을 조기에 개발하여 접목할 수도 있다. 더 나아가 가상 착의 시뮬레이션, 의류 상품 전자 카탈로그, 가상 의류 전시회, 디지털 특수효과, 컴퓨터 게임, 캐릭터 디자인, 2D/3D 가상 사이버 패션쇼, 사이버 캐릭터 생성, 2D/3D 애니메이션의 저작, DTV 콘텐츠 저작, 사용자 친화형 아이콘 제작, 가상 완구 디자인 등과 같은 연구 주제들과 기술적인 결합이나 확장을 도모할 수 있을 것으로 예견된다. 따라서 다양한 기술적 파급 효과와 산업상의 이용가능성을 창출할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 조숙진, “가상 의상 모델링 및 착장 소프트웨어를 위한 가이드라인”, 대한가정학회, 제44권, 제2호, pp. 127-135, 2006. 2.
- [2] 강문구, “컬레조화합수를 이용한 비순차적 의류 주름 모사 알고리즘”, 정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용, 제32권, 제3호, pp. 181-191, 2005. 3.
- [3] P. Volino and N.M-Thalmann, "Developing Simulation Techniques for an Interactive Clothing System," *International Conference on Virtual Systems and Multimedia*, pp. 109-118, 1997.
- [4] I. Rudomin, R.P. Urbiola, M.E. Melon and J.L. Castillo, "Multilayer Garments using Isosurfaces and Physics," *Journal of Visualization and Computer Animation*, Vol. 12, pp. 215-226, 2001.
- [5] F. Cordier, P. Volino and N. M-Thalmann, "Integrating Deformations Between Bodies and Cloths," *Journal of Visualization and Computer Animation*, Vol. 12, pp. 45-53, 2001.
- [6] Kwang-Jin Choi, Hyeong-Seok Ko, "Stable but Responsive Cloth," *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 21, Issue 3, pp. 604-611, 2002.
- [7] 장미정, 오승우, 원광연, “온라인 의류 쇼핑물을 위한 가상가봉 시스템”, HCI 2004 학술대회, pp. 1-6, 2004. 2.
- [8] Lectra System, <http://www.lectra.com>, Lectra Catalog Package, 2006.
- [9] 김성민(D&M 테크놀로지), “상품 색상 변경 방법 및 시스템”, 대한민국 등록특허공보 등록번호 제 10-0399286호, 2003. 9.
- [10] 김성민(D&M 테크놀로지), “의복 착용 시뮬레이션 방법”, 대한민국 등록특허공보 등록번호 제10-0431788호, 2004. 5.
- [11] 김영운, 소인미, 김주리, 정석태, 조진애, 이용주, 정성태, “패션 디자인의 자연스런 드레이핑을 위한 2.5D 맵핑 시스템 구현”, 2004년 한국멀티미디어학회 추계학술대회논문집, 제7권, 제2호, pp. 508-511, 2004. 11.
- [12] 오영걸, 광노윤, "2D 실사 기반 가상 착의 시스템 : 직물 텍스처 매핑", 2006년도 한국방송공학회 학술대회 논문집, pp. 21-26, 2006. 11.
- [13] 광노윤, "2D 가상 착의 시스템의 직물 컬러 매핑에 관한 연구", 디지털콘텐츠학회논문지, 제7권, 제4호, pp. 287-294, 2006. 12.
- [14] 이은환, 광노윤, "2D 가상 착의 시스템 : 컬러 영상 분할과 직물 텍스처 매핑", 2007 한국컴퓨터종합학술대회(KCC 2007) 논문집, 제34권, 제1호, pp. 216-217, 2007. 6.
- [15] 김태현, "이미지기반 가상현실과 모델기반 가상현실에 관한 비교 연구", 시각디자인학연구, 제13호, pp. 16-26, 2003. 5.
- [16] P. Salemier and M. Pardas, "Hierarchical Morphological Segmentation for Image Sequence Coding," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol. 3, No. 5, pp. 629-651, Sep. 1994.
- [17] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Wood, *Digital Image Processing 2nd Edition*, Prentice Hall, pp. 320-335, 2002.
- [18] R. Szeliski, "Video Mosaics For Virtual Environments," *IEEE Computer Graphics and Applications*, 22-30, 1996.