

2D 실사 기반 가상 착의 시스템 : 직물 텍스처 매핑

*오영걸 *곽노윤
백석대학교 정보통신학부
*nykwak@bu.ac.kr

2D Image-based Virtual Wearing System : Textile Texture Mapping

*Oh, Young-Geol *Kwak, No-Yoon

Division of Information and Communications, Baekseok University

요약

본 논문은 가상 착의 시스템에 관한 것으로, 2D 의류 모델 영상에서 의류 형상을 분할한 후, 분할된 의류 형상 영역의 음영 및 조명 특성을 유지하면서 사용자가 선택한 새로운 직물 패턴을 가상적으로 착용시킬 수 있는 2D 실사 기반 가상 착의 시스템의 직물 텍스처 매핑에 관한 것이다. 제안된 방법은 다양한 디지털 환경에서 실시간 처리가 가능하고 자연스럽고 사실적인 착용감을 제공할 뿐만 아니라 사용자의 수작업을 최대한 제거한 반자동화 처리가 가능하기 때문에 높은 실용성과 편리한 사용자 인터페이스를 제공할 수 있는 것이 특징이다. 제안된 방법에 따르면 실제 의복을 제작하지 않은 상태에서도 직물 원단의 디자인이 의복의 외관에 미치는 영향을 시뮬레이션할 수 있음에 따라 직물 디자이너의 창작활동을 도와줄 수 있고, 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.

1. 서론

디지털 기술의 급속한 발전은 관련 산업뿐만 아니라 생활과 문화 전반에 걸쳐 많은 변화를 파급시키고 있는데, 이러한 발전에 힘입어 섬유·의류 산업에도 컴퓨터 그래픽스와 가상현실 기술을 활용한 상품의 기획·생산·소비가 날로 증가하고 있다. 이로 인해 생산자 중심의 산업에서 벗어나 소비자 중심의 산업으로 점차 변모해가고 있다[1].

오늘날 패션 디자인 분야에서 컴퓨터 소프트웨어를 사용하는 것은 이미 보편적인 일이다. 대표적인 관련 회사로는 프랑스의 렉트라시스템(Lectra System), 미국의 거버시스템(Gerber System), 투카 CAD(Tuka CAD), SGS 옵티텍스(SCS Optitex), 캐나다의 패드시스템(Pad System), 독일의 어시스트(Assyst), 한국의 D&M 테크놀로지, 영우씨엔아이, 일본의 유카, 스타일캐드, 아사히-카세이(Asahi-Kasei), 옵티텍스, 도요시마 비즈니스 시스템(Toyoshima Business System) 등이 있다[2].

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 구김현상 등이 현실적으로 잘 표현된 의복은 사실감과 자연스러움을 결정짓는 중요한 요소가 된다. 우수한 가상 착의 시뮬레이션 알고리즘은 가능한 빠른 CPU 처리시간 내에 필요한 결과물을 산출할 수 있어야 하며, 급격히 이루어지는 인체의 자세변화에 대해서도 충분한 안정성을 보유할 수 있도록 개발되어야 한다. 인체에 착용된 의류의 변형 및 주름과 구김현상을 시뮬레이션하기 위해 과거로부터 현재까지 다양한 종류의 3D 해석 기법들[3]-[10]이 개발된 바 있다. 그러나 통상의 3D 가상 착의 시뮬레이션은 대부분 과정을 수작업에 의존하기 때문에 작업 시간이 많이 소요될 뿐만 아니라 방대한 연산량으로 인해 높은 사양의 시스템에서도 실시간성을 제공하기 어렵고 고품질의 결과를 획득하기 위해선 숙련된 작업자도 많은 시간과 노력을 요하는 문제가 있다. 특히 가상 의상을 만들어 인체에 착용시킬 때에 가상 의상이 중력의 영향, 인체 표면과의 충돌 등을 고려하거나 물리 역학적 평형 개념 또는 동역학적 움직임에 대응하는 의류의 운동을 묘사하는 기술을 적용할 경우에는 더욱 더 많은 연산량이 요구된다[10].

한편 OpenGL이나 Direct3D 등과 같은 그래픽스 라이브러리가 널리 사용되고 있는데, 이러한 라이브러리들의 조명 모델(illumination

model)과 음영 모델(shading model)이 갖고 있는 제한사항과 다각형 정점 기반의 모델링과 렌더링 과정의 한계 등으로 인해 적은 수의 다각형 정점을 사용한 3D 그래픽스 인체는 매우 부자연스럽고 인위적인 느낌이 든다. 최근의 그래픽 카드는 초당 수백만 개 이상의 다각형을 그릴 수 있지만, 사람의 피부, 표정, 머리카락, 의복 및 직물 등의 표면을 섬세하게 모델링하는 데에는 훨씬 더 많은 수의 다각형이 필요하고, 이렇게 모델링된 그래픽스 객체를 저장하거나 전송하기 위해서는 고용량의 저장 공간과 전송 채널을 확보해야 하는 부담이 있다.

이러한 3D 가상 착의 시뮬레이션의 부담을 피할 수 있는 하나의 대안으로, D&M 테크놀로지(D&M Technology, <http://www.dnmco.com>)는 2D 실사 기반 가상 착의 시뮬레이션 소프트웨어의 일종인 VWS(Virtual Wearing System)를 개발하여 2000년 5월에 독일 국제봉제기계박람회(IMB)에 출품하였으며, 2000년 11월과 2001년 3월에 걸쳐 2건의 특허 출원[11][12]을 취득하였다. D&M 테크놀로지의 VWS 외에 이와 유사한 알고리즘을 채택한 원광대학교의 2.5D 드레이핑 시스템[13]이 이미 발표된 바 있다.

통상의 3D 가상 착의 시뮬레이션 시스템의 경우, 방대한 연산량으로 인해 높은 사양의 시스템에서도 실시간성을 제공하기 어렵고 고품질의 결과를 획득하기 위해선 숙련된 작업자의 많은 시간과 노력을 요하는 문제가 있다. 2D 실사 기반 가상 착의 시스템은 3D 가상 착의 시뮬레이션 기술이 갖고 있는 연산량 문제와 모델링의 복잡성에 대한 부담을 줄일 수 있고, 3D 시스템을 적용할 수 없거나 이를 적용하기에 다소 부담스러운 응용분야에서 매우 유용하게 사용되고 있다.

그러나 D&M 테크놀로지의 VWS는 전체적으로 실행파일의 크기나 시스템의 복잡도 측면에서 매우 경량화되어 있는 반면에 여전히 핵심적인 처리 과정을 사용자의 수작업에 의존하기 때문에 작업 시간이 많이 소요되고, 또한 내부에서 사용하는 모델 의류의 색이 특정 색상으로 국한되는 등의 많은 불편과 제약점을 갖고 있다. 이러한 단점을 제거하여 사용자 친화적인 인터페이스를 구축하고 비숙련자도 양질의 결과를 생산하기 위해서는 사용자의 수작업을 최소화할 수 있는 고성능의 자동화 기술이 필요하지만 현재까지는 이러한 요청을 적절하게 수용할 수 있는 관련 기술이 개발되어 있지 않다.

이에 따라 본 논문에서는 다양한 디지털 환경에서 실시간 처리가

가능하며, 자연스럽게 사실적인 착용감을 제공할 뿐만 아니라 사용자의 수작업을 최대한 제거함으로써 사용자 친화적인 인터페이스를 제공할 수 있는 2D 실사 기반 가상 착의 시스템의 반자동화 기술을 제안하고자 한다. 이를 통해 패션 디자인 산업 분야에서 시행착오를 줄여 자재, 경비, 인력, 시간과 노력을 줄여주는 새로운 디자인 개념과 절차를 창출하고 관련 산업의 상거래 행위를 촉진함과 동시에 소비자 중심의 의류 주문·생산·소비문화의 활성화에 기여하고자 한다.

2. 기존의 가상 착의 시스템

2.1 VWS(Virtual Wearing System)

D&M 테크놀로지의 VWS는 그림 1과 같이 하나의 2D 의류 모델 영상(2D garment model image)에서 원하는 의류 형상 영역의 윤곽선을 따라 가면서 사용자 입력(예컨대, 마우스 클릭)을 통해 점을 찍어 분할한 후, 다수의 디지털 직물 패턴 및 색상을 선택적으로 직물 매핑(textile mapping)을 수행해볼 수 있도록 함으로써 실제 의복을 만들지 않은 상태에서 원단의 디자인이 의복의 외관에 미치는 영향을 시뮬레이션 해볼 수 있도록 하는 가상 착의 소프트웨어 제품이다.

예컨대, 그림 1(a)와 같은 흰색 의류를 착용하거나 진시한 상태를 담고 있는 2D 의류 모델 영상을 입력받는다. 이후 그림 1(b)와 같이 분할하고 싶은 영역의 경계선을 따라 가면서 마우스 클릭으로 정점(vertex)을 일일이 찍어서 분할하고 이를 수정하여 그림 1(c)와 같은 소매 영역의 분할을 완료한다. 이러한 과정을 반복함으로써 그림 1(d)와 같이 좌우 소매, 몸판, 옷깃, 주머니 영역을 각각 분할한 다음에 최종 분할 결과에 대한 분할 영역 리스트를 작성한다.

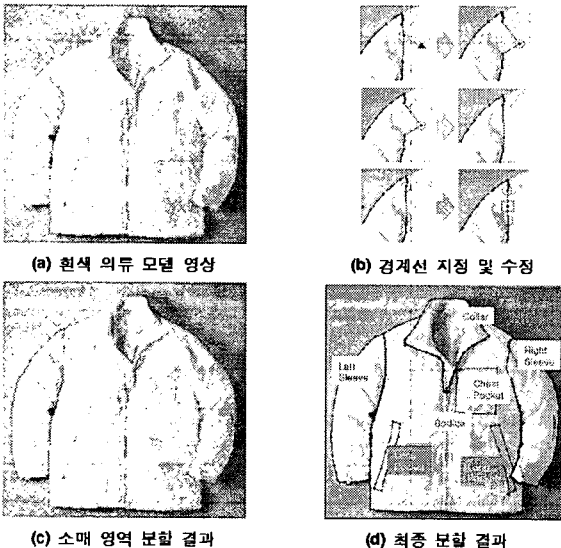


그림 1. D&M 테크놀로지 VWS의 의류 영역 분할 과정

다음으로, 그림 2(a)와 같이 바운딩 박스 알고리즘(bounding box algorithm)에 입각하여 각 분할 영역을 둘러싸는 의사 3D 그리드(Pseudo-3D grid)를 원하는 해상도로 초기화한다.

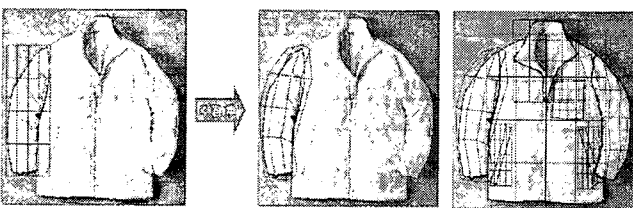


그림 2. VWS의 의사 3D 그리드 프로젝트 설정 과정

이후 디지털 직물 패턴이 입체적인 느낌을 제공하면서 사실적으로

매핑될 수 있도록 마우스를 이용하여 그림 2(b)와 같은 형태로 그리드의 모양을 변형한다. 이러한 과정을 반복하여 그림 2(c)와 같이 좌우 소매, 몸판, 옷깃, 주머니 영역의 모든 그리드들을 원하는 형태로 수정함으로써 의사 3D 그리드 프로젝트(Pseudo-3D grid project)를 얻는다.

이어서, 앞서 작성한 분할 영역 리스트와 의사 3D 그리드 프로젝트를 확보한 상태에서 새로운 색상 또는 직물 패턴을 선택한 후 의류 모델 영상에서 원하는 영역을 지정하면 각각 그림 3 및 그림 4와 같이 모델 의류의 음영 및 조명 특성을 그대로 유지하면서 색상 변경과 직물 패턴 매칭이 수행되어 시제품이나 샘플 제작 이전에 컴퓨터 시뮬레이션으로 디지털 직물 원단의 착의 상태를 근사적으로 예측할 수 있다.

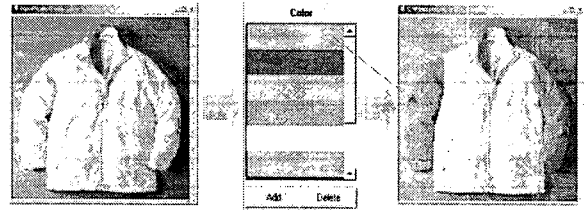


그림 3. VWS의 색상 변경 과정

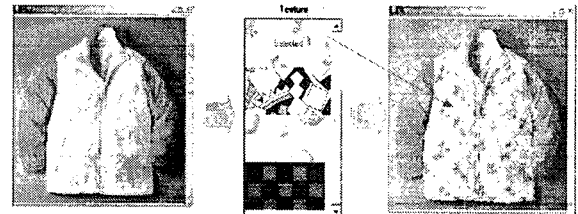


그림 4. VWS의 직물 패턴 매핑 과정

VWS의 색상 변경과 직물 패턴 매칭 과정은 각 분할 영역에서 각각의 화소마다 RGB 삼원색의 명도값을 구하여 정규화한 다음에 변형된 의사 3D 그리드를 이용하여 직물 패턴의 화소별 대응 위치를 계산한다. 이후, 이 정규화된 명도값과 직물 패턴이나 변경 색상의 대응된 위치의 R, G, B 값을 곱한 결과값을 해당 분할 영역의 새로운 R, G, B 값으로 삼는 직물 매핑 과정을 해당 분할 영역에 포함된 모든 화소에 대해 반복적으로 수행한다. 그림 5는 다양한 색상 변경 및 직물 패턴 매핑 결과를 예시한 것이다.



그림 5. VWS의 색상 변경 및 직물 패턴 매핑 결과 영상

2.2 VWS의 단점과 한계

그림 5에서 확인할 수 있듯이 VWS는 비교적 양호한 결과를 제공할 수 있지만 다음과 같은 단점과 한계가 있다.

첫 번째로 적용 가능한 의류 모델 영상의 제한에 관한 것으로, 적용이 불가능한 것은 아니지만 양호한 결과를 얻기 위해서는 그림 1(a)와 같은 흰색 모델 의류를 담고 있는 영상만을 사용해야 한다는 점이다. 이것은 정규화된 명도값을 직물 패턴이나 변경 색상에 곱하는 모듈레이션 방식(modulation mode)을 취하고 있기 때문에 기인한 것이다. 예컨대, 의류 모델이 어두운 계열의 의복을 착용하고 있으면 직물 패턴이나 변경 색상의 밝기에 상관없이 모두 어두운 색으로 매핑되어 그

직물 매핑 품질이 현저하게 떨어지는 문제가 초래된다. 이 모달레이션 방식은 3D 그래픽스의 텍스처 매핑(texture mapping) 분야에서 많이 사용되는 기술로, 조명 효과를 주고 싶은 텍스처 맵(texture map)에 조명 효과가 표현된 2D 조명 텍스처 맵을 곱한 후, 그 결과를 3D 객체에 텍스처 매핑함으로써 계산이 복잡한 조명 모델을 사용하지 않으면서도 그와 유사한 효과를 생성할 수 있는 비교적 자주 사용되는 그래픽스 기술이다. 다시 말해서, 의류 모델 영상은 일종의 2D 조명 텍스처 맵의 역할을 하는 것이기 때문에 조명이 어두울 경우(즉, 의류 모델 영상이 흰색 계열이 아닐 경우), 다른 텍스처 맵의 색상이나 패턴을 왜곡시키거나 제대로 시각화할 수 없는 문제가 있는 것이다.

두 번째로 과도한 수작업에 의해 영역 분할을 수행하는 불편함으로, 마우스 클릭으로 의류 영역의 경계선을 따라 가면서 일일이 정점을 찍어서 영역을 분할한다는 것이다. 세 번째로 의사 3D 그리드의 수정을 사용자의 수작업에 의존하는 것으로, 그리드 또는 정점을 이동시키거나 그리드를 회전시키는 작업이 모두 마우스의 조작을 통한 수작업에 의해 이루어진다는 번거로움과 복잡함에 있다.

두 번째와 세 번째의 경우, 이것은 작업자의 시간과 노력을 너무 많이 요구할 뿐만 아니라 작업자의 숙련도에 따라 품질의 편차가 크고 쉽게 피로감을 유발하여 전체적으로 작업의 신뢰도와 능률을 저하시키는 단점이 있다. 특히, 의사 3D 그리드의 경우 이를 사용함을 통해 얻을 수 있는 이점에 비해 너무 많은 사전작업을 요할 뿐만 아니라 결과물의 입체감 조성에 대한 기여도 정도가 비교적 모호하고 직물 패턴의 섬세한 변형이 어려우며 결과에 대한 예측이 직관적이지 않다는 단점이 있다.

이러한 불편함과 복잡함 때문에 현재 D&M 테크놀로지나 인터넷이나 모바일 폰과 같은 온라인 환경에서 VWS를 서비스하는 방법으로는, 서비스 사업자가 선정한 의류 모델 영상에 대해 사전에 '분할 영역 리스트'와 '의사 3D 그리드 프로젝트'를 오프라인에서 작업하여 벡터 방식으로 저장·전송해주는 방식을 채택하고 있다. 이렇게 '분할 영역 리스트'와 '의사 3D 그리드 프로젝트'가 사전에 작성·제공된 의류 모델 영상을 가지고 착의실험을 하면 사용자 입장에서 매우 편리하지만, 이것은 서비스 사업자에게 많은 오프라인 작업 부담을 줄 뿐만 아니라 사용자의 선택의 폭을 좁히는 부작용을 낳고 있다. 가령, 서비스 사업자가 제시한 의류 모델 영상 외에 사용자 자신의 사진을 업로드한 후, 원하는 직물 패턴을 착용시켜주는 것과 같은 서비스를 제공하기 어려운 문제가 있다.

3. 제안된 가상 착의 시스템

3.1 개요

본 논문은 기존의 가상 착의 시스템의 문제점들을 해결하기 위한 것으로, 패션 디자인 분야에서 다양한 색상이나 질감을 갖고 있는 완성된 의류를 착용하거나 전시한 상태를 담고 있는 2D 의류 모델 영상을 활용해 다양한 디지털 직물 원단을 가상적으로 착용시킴으로써 새로운 디자인 개념과 질차를 창출할 수 있고, 직접 샘플이나 시제품을 제작하지 않고도 컴퓨터 시뮬레이션만으로 디지털 직물 원단의 착의 상태를 근사적으로 확인할 수 있는 실사 기반 가상 착의 시스템을 제안함에 그 목적이 있다.

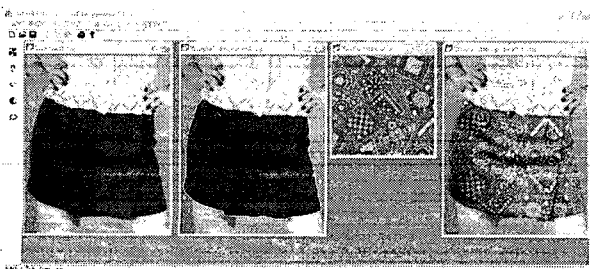


그림 6. 제안된 방법의 가상 착의 과정의 사례

또한 다양한 디지털 환경에서 실시간 처리가 가능하고, 자연스럽게 사실적인 착용감을 제공할 뿐만 아니라 사용자의 수작업을 최대한 제거함으로써 편리한 사용자 인터페이스를 제공하고자 한다. 그림 6은 제안된 방법의 가상 착의 과정의 일례를 예시한 것이다.

제안된 방법은 그림 6에 나타난 바와 같이 완성된 의류를 착용하거나 전시한 상태를 담고 있는 의류 모델 영상에서 원하는 의류 형상 영역을 분할한다.

다음으로 의류 형상 영역의 명도 성분(즉, 명도)에 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 색상이 선택되면, 명도 차분 맵에 소정의 반영 비율을 곱한 값과 패턴이나 색상의 명도 성분값을 대응되는 화소단위로 합산한 후, 의류 모델 영상에서 의류 형상 영역의 명도 성분값만을 합산 결과값으로 대체하는 직물 텍스처 매핑(textile texture mapping)을 수행함으로써 디지털 직물 원단의 착의상태를 근사적으로 확인할 수 있다.

3.2 가상 착의 시스템의 구성

그림 7은 제안된 방법의 개략적인 순서도를 나타낸 것이다. 제안된 방법은 그림 7에 나타난 바와 같이 크게 5 단계로 구성되어 있다.

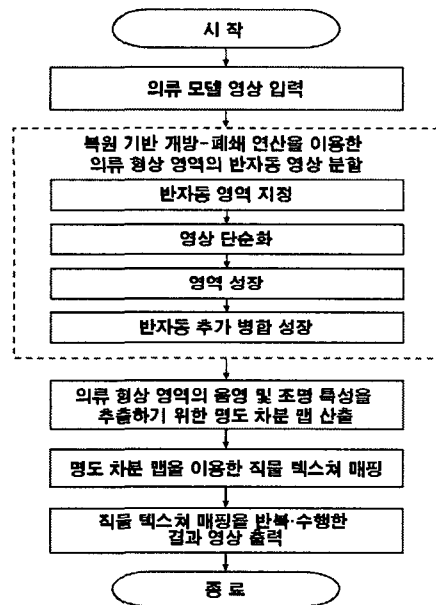


그림 7. 제안된 방법의 순서도

- **의류 모델 영상 입력:** 다양한 색상이나 질감을 갖고 있는 완성된 의류를 착용하거나 전시한 상태를 담고 있는 2D 의류 모델 영상을 사용자 입력을 통해 입력받는다.
- **의류 형상 분할 단계:** 입력받은 의류 모델 영상에서 원하는 의류 형상 영역을 분할한다.
- **명도 차분 맵 산출 단계:** 의류 형상 영역의 명도 성분(즉, 명도)에 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.
- **직물 텍스처 매핑 단계:** 사용자 입력이나 시스템 입력을 통해 의류 모델 영상의 의류 형상 영역에 가상적으로 착용시키고 싶은 직물의 패턴이나 색상이 선택되면, 명도 차분 맵에 소정의 반영 비율을 곱한 값과 패턴이나 색상의 명도 성분값을 대응되는 화소단위로 합산한 후, 의류 모델 영상에서 의류 형상 영역의 명도 성분값만을 합산 결과값으로 대체함으로써 직물 텍스처 매핑을 수행한다.

- **영상 출력 단계:** 직물의 패턴이나 색상의 종류를 원하는 횟수만큼 변경하면서 직물 텍스처 매핑 단계를 반복적으로 수행하여 획득한 적어도 하나 이상의 매핑 결과 영상을 원하는 출력수단을 통해 출력한다.

여기서, 의류 형상 분할 단계는 그림 7에서 볼 수 있듯이 크게 4 단계로 구성되어 있다.

- **영역 지정 단계:** 의류 모델 영상의 의류 영역 상에 위치한 임의의 씨앗 화소(seed pixel)를 사용자 입력을 통해 지정한다.
- **영상 단순화 단계:** 의류 모델 영상의 윤곽선 정보를 유지하면서 명도값 분포를 단순화시키기 위해 의류 모델 영상의 명도 성분을 대상으로 수리 형태학 연산(mathematical morphological operation)의 일종인 복원 기반 개방-폐쇄 연산(open-close by reconstruction)[14]을 적용하여 의류 모델 영상의 명도 성분을 단순화시킨다.
- **영역 성장 단계:** 씨앗 화소의 위치를 중심으로 명도 성분값이 유사한 인접 화소를 병합하는 영역 성장(region growing)을 통해 영상 분할을 수행한다.
- **추가 병합 단계:** 영상 분할 영역에 인접한 의류 피스 영역이나 비인접 의류 피스 영역을 같은 영역으로 병합시키고 싶은 경우, 추가 병합 의도를 알리는 특정한 조합 입력을 제공한 상태에서 원하는 의류 피스 영역을 대표할 수 있는 다른 씨앗 화소를 지정하면 영역 성장을 통해 추가적으로 병합된 분할 결과를 제공하는 과정을 원하는 횟수만큼 반복적으로 수행하여 반자동적으로 의류 형상 영역을 분할한다.

3.3 가상 착의 시스템의 동작 과정

제안된 2D 실사 기반 가상 착의 시스템의 동작 과정을 그림 7을 참고하여 설명하면 다음과 같다.

우선, 제안된 방법에서는 의류 모델 영상에서 의류 형상 영역을 분할하거나 추출된 의류 영역에서 명도 차분 맵을 산출하고 이를 직물 패턴이나 색상을 합성할 시에 모두 명도 성분을 사용하기 때문에 RGB 컬러 모델을 사용하고 있을 경우, 입력된 컬러 영상을 HSI 컬러 모델 [15]로 변환할 필요가 있다. 물론 HSI 컬러 모델 외에도 HSV, YCbCr, YUV, YIQ, L*a*b* 등의 컬러 모델을 이용해서도 명도(휘도, 밝기) 성분을 산출할 수 있음은 잘 알려진 사실이다.

의류 모델 영상이 RGB 컬러 모델을 사용하고 있을 경우, 제안된 방법의 의류 형상 분할 단계에서는 HSI 컬러 모델로 변환한 상태에서 완성된 의류를 착용하거나 전시한 상태를 담고 있는 의류 모델 영상의 명도 성분으로부터 원하는 의류 형상 영역을 분할한다.

이때, 의류 형상 영역은 공지된 다양한 영상 분할 기술들 중 어느 하나를 사용하여 추출할 수도 있고, D&M 테크놀로지의 VWS와 같이 사용자가 외부 입력을 통해 분할하고 싶은 의류 영역의 경계선을 따라 가면서 마우스 클릭으로 정점들을 일일이 찍어서 분할할 수도 있다. 또한 컬러 정보를 사용하는 컬러 영상 분할을 수행할 수도 있고 명도 성분만을 사용하는 영상 분할을 수행할 수도 있다.

제안된 방법에서는 소정의 사용자 입력을 사용하는 반자동 의류 형상 분할 기법을 채택하고 있다. 먼저, 사용자 입력을 통해 의류 모델 영상의 의류 영역 상에 위치한 임의의 씨앗 화소를 지정하면, 복원 기반 개방-폐쇄 연산을 적용하여 의류 모델 영상의 명도 성분을 단순화시킨 다음에 씨앗 화소의 위치를 중심으로 영역 성장을 통해 영상 분할을 수행한다. 한편 기존의 영상 분할 영역에 인접한 의류 피스 영역이나 비인접 의류 피스 영역을 같은 영역으로 병합시키고 싶은 때가 종종 발생한다. 이 경우 추가 병합 의도를 알리는 특정한 조합 입력(예컨대, 스위트 키)을 제공한 상태에서 원하는 의류 피스 영역을 대표할 수 있는 다른 씨앗 화소를 지정하면 영역 성장을 통해 새로운 영역을 추가적으로 분할·병합한다. 이렇게 병합된 분할 결과를 제공하는 과정을 원하는 횟수만큼 반복 수행함으로써 최종적으로 의류 형상 영역을 분할한다.

이어서, 명도 차분 맵 산출 단계에서는 의류 형상 영역의 명도 성분 에 대한 평균 명도값을 계산한 후, 의류 형상 영역에 포함된 각 화소의 명도값에서 평균 명도값을 감산하여 명도 차분 맵을 산출한다. 이렇게 구한 의류 형상 영역에 대한 명도 차분 맵을 이용하여 해당 영역의 음영 및 조명 특성을 정의한 후, 사용자가 선택한 직물 패턴에 이 명도 차분 맵이 갖고 있는 음영 및 조명 특성을 적용한 결과 패턴을 의류 모델에게 착용시킴으로써 매우 사실감이 높고 자연스러운 가상 착의 결과를 얻을 수 있다. 여기서 말하는 '음영 및 조명 특성'은 특정한 조명 조건 하에서 모델 의류의 주름, 접힘, 구김, 겹침, 눌림, 굴곡, 충돌, 신장, 모양, 맵시, 부착물, 재봉 상태 등에 대한 2차원 시각 투영을 반영하는 특성이다.

최종적으로, 영상 출력 단계에서는 직물의 패턴이나 색상의 종류를 원하는 횟수만큼 변경하면서 직물 텍스처 매핑 단계를 반복적으로 수행하여 획득한 적어도 하나 이상의 매핑 결과 영상을 원하는 출력수단을 통해 출력한다. 이때, 출력 수단은 표시 장치, 저장 장치, 전송 장치 등을 그 예로 들 수 있다. 다시 말해서, 직물의 패턴이나 색상의 종류를 다양하게 가변시키면서 직물 텍스처 매핑을 수행하여 원하는 매핑 결과 영상을 획득할 수 있다. 이렇게 획득한 매핑 결과 영상을 디스플레이 이하거나 저장 또는 전송하는 등의 출력을 수행할 수 있다.

이상과 같은 과정으로 직물 텍스처 매핑을 수행하여 산출한 의류 모델 영상의 명도 성분(I : Intensity channel)과 의류 모델 영상의 원색상 성분(H : Hue channel) 및 원 채도 성분(S : Saturation channel)을 HSI 컬러 모델에서 RGB 컬러 모델로 변환함으로써 출력하기 위한 최종 결과 영상을 얻을 수 있다.

3.4 명도 차분 맵 산출

제안된 방법의 명도 차분 맵의 산출 과정을 좀 더 상세하게 설명하면 다음과 같다.

우선, 의류 모델 영상을 HSI 컬러 모델로 변환하여 명도 성분 영상 I(intensity)을 산출한다. 이후, 식 1과 같이 의류 모델 영상의 명도 성분 영상 $I(x, y)$ 에서 의류 형상 영역의 평균 명도값 $I_{k_{avg}}$ 을 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.

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

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

식 2는 의류 모델 영상에서 추출한 의류 형상 영역의 명도 차분 맵 $I_{k_{dm}}(x, y)$ 을 나타낸 것이다. 식 1과 식 2에서 x 및 y 는 각 의류 형상 영역 R_k 에 포함된 화소의 수평 좌표 및 수직 좌표를 가리키는 것이고, A_k 는 해당 의류 형상 영역의 화소수를 의미하는 것으로, 이때 k 는 의류 형상 영역이 다수의 영역으로 구성되어 있을 시에 이를 인덱싱하기 위한 변수이다.

$$I_{k_{dm}}(x, y) = I(x, y) - I_{k_{avg}} \quad \text{for } (x, y) \in R_k \quad (2)$$

이해의 편의를 도모하기 위해 제시하면, 의류 모델 영상의 전체에 대한 명도 차이 맵은 식 3을 이용하면 구할 수 있다. 식 3에서 M 및 N 은 각각 의류 모델 영상의 수평 화소수 및 수직 화소수이다.

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

$$\text{where } I_{avg} = \frac{1}{M \times N} \sum_{y=0}^{N-1} \sum_{x=0}^{M-1} I(x, y) \quad (3)$$

이어서, 직물 텍스처 매핑 단계에서 사용자 입력이나 시스템 입력을 통해 의류 모델 영상의 의류 형상 영역에 가상적으로 착용시키고 싶은

직물의 패턴이나 색상이 선택되면, 식 4와 같이 명도 차분 맵에 소정의 반영 비율 s_k 을 곱한 값과 패턴이나 색상의 명도 성분값을 대응되는 화소단위로 합산한다. 이후 의류 모델 영상에서 의류 형상 영역의 명도 성분값만을 합산 결과값으로 대체함으로써 직물 텍스처 매핑을 수행한다.

$$I''_k(x, y) = I'(x, y) + s_k I_{k_{tm}}(x, y) \quad \text{for } (x, y) \in R_k \quad (4)$$

소정의 반영 비율 s_k 는 식 5와 같이, 식 1에서 구한 의류 형상 영역의 평균 명도값 $I_{k_{avg}}$ 로, 의류 형상 영역에 화소단위로 대응되는 직물의 패턴이나 색상 영역의 평균 명도값 $I'_{k_{avg}}$ 를 나눈셈한 후에 자연로그를 취한 값과 소정의 가산 상수 α 를 합산하여 산출한다. 제안된 방법에서 가산 상수 α 는 2.5를 사용한다.

$$s_k = \alpha + \ln\left(\frac{I'_{k_{avg}}}{I_{k_{avg}}}\right) \quad (5)$$

직물 패턴 영역의 평균 명도값 $I'_{k_{avg}}$ 은 식 6을 이용하여 구한다. 여기서, $I'(x, y)$ 는 직물의 패턴이나 색상의 명도 성분 영상을 의미한다.

$$I'_{k_{avg}} = \frac{1}{A_k} \sum_{(x, y) \in R_k} I'(x, y) \quad (6)$$

4. 컴퓨터 시뮬레이션 및 고찰

제안된 방법의 타당성과 보편성을 평가하기 위해, Pentium M 1.70GHz(2GB RAM) 랩탑에서 Microsoft Visual C++.NET 2003을 사용하여 다양한 의류 모델 영상과 직물 패턴 영상을 대상으로 제안된 방식에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 참고로, 의류 모델 영상은 인터넷 쇼핑몰인 '인터파크'(http://www.interpark.com)의 의류코너에서 채득한 것이고, 직물 패턴 영상은 인터넷 직물 쇼핑몰인 '천 플라자'(http://www.chunplaza.com)에서 각각 채득한 것이다.

그림 8~그림 10은 제안된 방법을 다양한 의류 모델 영상에 적용한 사례들을 예시한 것으로, 각 그림에서 좌상단 영상이 의류 모델 영상이고, 나머지 영상은 직물 텍스처 매핑을 통해 생성한 매핑 결과 영상들이다. 전체적으로 자연스럽게 사실적인 가상 착의 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

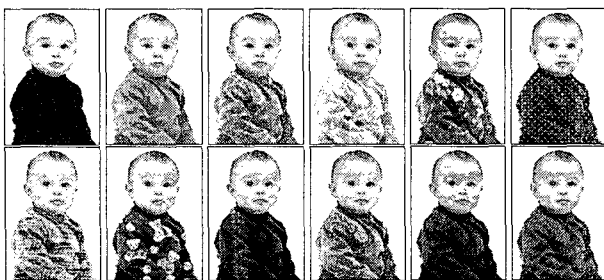


그림 8. 제안된 방법을 BABY 영상에 적용한 결과 영상들

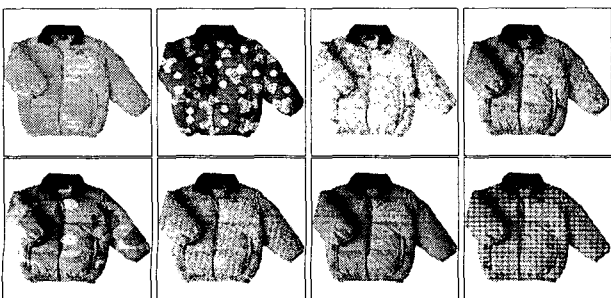


그림 9. 제안된 방법을 PARKA 영상에 적용한 결과 영상들

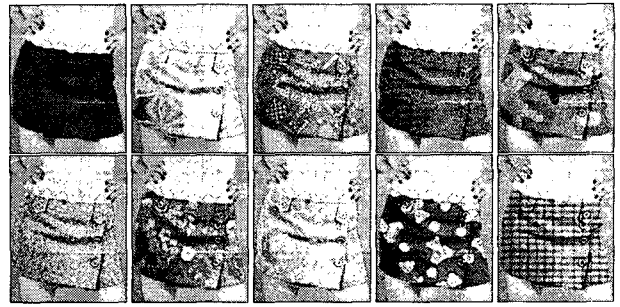


그림 10. 제안된 방법을 WRAP-SKIRT 영상에 적용한 결과 영상들

그림 11과 그림 12는 의류 액세서리의 일종인 넥타이와 모자에 제안된 방법을 적용한 사례들을 예시한 것으로, 각 그림에서 좌상단 영상이 의류 액세서리 모델 영상이고, 나머지 영상은 직물 텍스처 매핑을 통해 생성한 매핑 결과 영상들이다. 모델 의류 영상과 마찬가지로 전체적으로 자연스럽게 사실적인 가상 착의 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

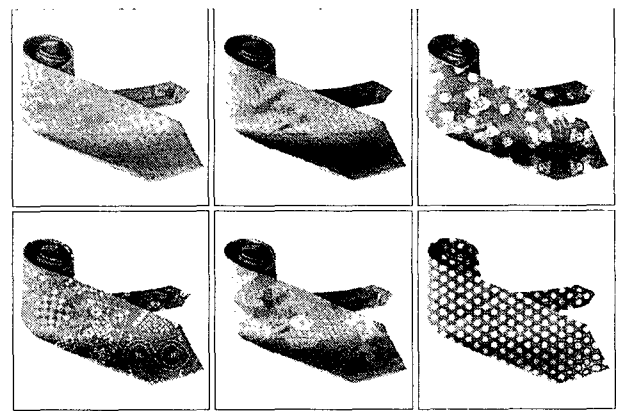


그림 11. 제안된 방법을 NECKTIE 영상에 적용한 결과 영상들

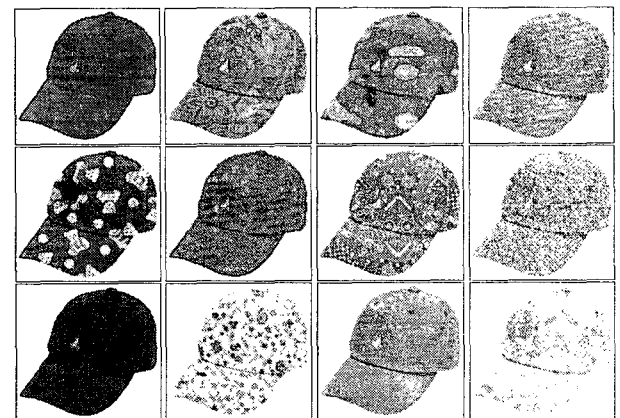


그림 12. 제안된 방법을 CAP 영상에 적용한 결과 영상들

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, 촬영 시의 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.

한편 제안된 방법에서 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 의

류 객체를 자동으로 완벽하게 추출할 수 있는 영상 분할 기술은 존재하지 않는다. 따라서 제안된 방법은 이미 의류 영역의 형상 윤곽을 사전에 알고 있거나 또는 블루 스크린과 같은 매우 단순한 배경 위에 전경이 존재하는 의류 모델 영상을 이용할 경우에 좀 더 양호한 결과를 얻을 수 있다. 물론 영상 분할 과정에 사용자 입력을 사용하는 경우이거나 그 응용 분야의 특성 상 완벽한 형상 윤곽을 사용하지 않아도 될 경우에는 좀 더 복잡한 배경을 갖고 있거나 대비도가 낮은 의류 모델 영상을 사용할 수도 있을 것이다. 그렇지만 인터넷 의류 쇼핑물, 전자 의류 카탈로그나 패션 잡지 등에서 사용하는 통상의 의류 모델 영상의 경우, 비교적 양호한 조명 조건과 단순한 배경에서 촬영하는 경우가 많기 때문에 사용자 입력을 부분적으로 사용하는 제안된 방법의 반자동 영상 분할 기법을 적절하게 적용하면 비교적 실용적이면서도 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

D&M 테크놀로지의 VWS가 흰색 의류만을 의류 모델 영상으로 사용할 수 있는 것에 반해 제안된 방법은 모델 의류의 색상과 명도에 무관하게 적용할 수 있을 뿐만 아니라 직물 패턴의 밝기 정도에 따라 조명과 음영 특성의 반영 비율을 대수적으로 가변시켜 주름이나 구김새의 깊이감을 적응적으로 조절할 수 있으며, 의류 형상 영역을 분할·추출할 시에 사용자의 수작업을 최소화할 수 있다는 것이 장점이다.

이상에서 사용되는 의류 모델 영상은 인터넷 의류 쇼핑물, 전자 의류 카탈로그, 디지털 패션쇼, 패션 잡지, 패션 일러스트, 도식화 의류 영상, 디지털 사진 영상 등에서 채득할 수 있고, 직물 패턴 영상(textile pattern image)은 인터넷 직물 쇼핑물, 직물 CAD 데이터, 직물 스캔 데이터, 도식화 직물 영상, 각종 영상 파일, 각종 직물 합성 데이터 등에서 구할 수 있다.

5. 결론

제안된 방법은 다양한 디지털 환경에서 실시간 처리가 가능하고 자연스럽고 사실적인 착용감을 제공할 뿐만 아니라 사용자의 수작업을 최대한 제거한 반자동화 처리가 가능하기 때문에 높은 실용성과 편리한 사용자 인터페이스를 제공할 수 있다.

실제 의복을 제작하지 않은 상태에서도 직물 원단의 디자이너 의복의 외관에 미치는 영향을 시뮬레이션할 수 있음에 따라 직물 디자이너의 창작활동을 도와줄 수 있다. 즉, 평면적인 옷감을 입체적인 체형에 착용시켰을 때 나타나는 구김, 접힘, 주름, 모양, 땀시, 자세 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.

즉, 비전문가인 소비자 수준에서도 자신이 원하거나 또는 자신에게 어울리는 직물 패턴을 원하는 의류 형상에 착의시킨 결과를 저장하거나 전송할 수 있기 때문에 소비자와 생산자 간의 직물 패턴에 관련된 의사소통과 거래서비스의 수준을 직물 원단에서부터 완성 의복까지 그 범위를 넓힐 수 있다. 더불어 직물 패턴을 입력하여 자신의 옷을 주문하는 방식으로 고객의 취향과 용도에 맞는 의상을 제작되도록 할 수 있고 소비자에게 선택의 자유를 넓혀주는 차별화 정책을 실시함으로써 고객에게 신뢰감을 심어줄 수 있다.

제안된 방법을 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 적용할 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 예견되는바, 다양한 기술적 파급 효과와 산업상의 이용가능성을 창출할 수 있을 것으로 판단된다.

그러나 제안된 방법은 의류 형상 영역의 색상은 무관하지만 의류 모델의 직조 패턴에는 영향을 받는다. 따라서 사용자가 원할 경우, 의류 형상 영역의 직조 패턴을 적절하게 제거하기 위한 대책이 강구될 필요가 있다. 또한 제안된 방법의 실용화를 위해서는 저대조 의류 모델 영상에 대한 의류 형상 분할 특성을 좀 더 개선할 필요가 있으며 향후, 직물 패턴의 뒤틀림이나 접힘, 원근, 주름, 구김 등을 사실적으로 표현하기 위한 영상 워핑 기술에 대한 추가적인 연구가 진행될 필요가 있다.

참고문헌

- [1] 박창규, 김성민, "3차원 및 가상공간 기술을 이용한 디지털 패션섬유제품", 섬유기술과 산업, 제8권, 제1호, pp. 30-41, 2004. 8.
- [2] 조숙진, "가상 의상 모델링 및 착장 소프트웨어를 위한 가이드라인", 대한가정학회, 제44권, 제2호, pp. 127-135, 2006. 2.
- [3] T. Agui, Y. Nagano and M. Nakayama, "An Expression Method of Cylindrical Cloth Objects - An Expression of Folds of a Sleeve using Computer Graphics," *IEEE on Trans. Soc. Of Electronics, Information and Communications*, Vol. J73-D-II, No. 7, pp. 1095-1097, 1990.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] Mark Meyer, Gilles Debunne, Mathieu Desbrun and Alan J. Barr, "Interactive Animation of Cloth-like Objects in Virtual Reality," *Journal of Visualization and Computer Animation*, Vol. 12, pp. 1-12, 2001.
- [8] Kwang-Jin Choi, Hyeong-Seok Ko, "Stable but Responsive Cloth," *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 21, Issue 3, pp. 604-611, 2002.
- [9] 장미정, 오승우, 원광연, "온라인 의류 쇼핑물을 위한 가상가방 시스템", HCI 2004 학술대회, pp. 1-6, 2004. 2.
- [10] 강문구, "결레조화함수를 이용한 비순차적 의류 주름 모사 알고리즘", 정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용, 제32권, 제3호, pp. 181-191, 2005. 3.
- [11] 김성민(D&M 테크놀로지), "상품 색상 변경 방법 및 시스템", 대한민국 등록특허공보 등록번호 제10-0399286호, 2003. 9.
- [12] 김성민(D&M 테크놀로지), "의복 착용 시뮬레이션 방법", 대한민국 등록특허공보 등록번호 제10-0431788호, 2004. 5.
- [13] 김영운, 소인미, 김주리, 정석태, 조진애, 이용주, 정성태, "패션 디자인의 자연스런 트레이핑을 위한 2.5D 맵핑 시스템 구현", 2004년 한국멀티미디어학회 추계학술대회논문집, 제7권, 제2호, pp. 508-511. 2004. 11.
- [14] 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.
- [15] Randy Crane, *A Simplified Approach to Image Processing*, Prentice Hall, pp. 17-22, 1997.