

제품 설계 정보 재사용을 위한 그래프 기반의 부품 영상 정보와 설계 정보의 병합

이 형 재[†] · 양 형 정^{**} · 김 경 윤^{***} · 김 수 형^{****} · 김 선 희^{*****}

요 약

최근에는 제품 개발의 효율성 증대를 위해서 다양한 분야의 전문가들이 참여하는 분산된 협업적 개발 환경이 필수적으로 인식되고 있으며 이에 따른 제품 설계 정보의 재사용 문제가 새롭게 부각되고 있다. 본 논문에서는 제품 설계 정보의 재사용을 위해 멀티미디어 기기에서 획득된 제품 영상을 부품 단위로 분할하여 속성 관계 그래프를 생성하고 이를 통해 제품 설계 정보를 검색하는 시스템을 제안한다. 본 논문에서 제안한 시스템은 라벨링 방법으로 제품 영상을 분할하고, 각 분할 영역의 속성과 영역간의 관계를 표현하는 속성 관계 그래프를 생성한다. 속성 관계 그래프는 제품 설계 정보를 추가하여 확장함으로써 영상 검색을 통한 제품 설계 정보의 재사용이 가능하다. 본 시스템의 주요 이점은 다음과 같다. 첫째, 주변 장치로부터 쉽게 획득할 수 있는 멀티미디어 영상을 이용하므로 특정 설계 틀에 종속적이지 않다. 둘째, 비율을 이용한 특징 벡터에 의해 다양한 크기의 유사 부품을 포함하는 영상의 검색이 가능하다. 셋째, 분할된 각 부품의 영역에 대한 다양한 영상 정보와 그들의 관계를 적용하기 때문에 검색 능력이 뛰어나다.

키워드 : 속성 관계 그래프, 영상 분할, 재사용, 제품 영상

Integration of Component Image Information and Design Information by Graph to Support Product Design Information Reuse

Hyung-Jae Lee[†] · Hyung-Jeong Yang^{**} · Kyoung-Yun Kim^{***} · Soo-Hyung Kim^{****} · Sun-Hee Kim^{*****}

ABSTRACT

Recently, distributed collaborative development environment has been recognized an alternative environment for product development in which multidisciplinary participants are naturally involving. Reuse of product design information has long been recognized as one of core requirements for efficient product development. This paper addresses an image-based retrieval system to support product design information reuse. In the system, product images obtained from multi-modal devices are utilized to reuse design information. The proposed system conducts the segmentation of a product image by using a labeling method and generates an attributed relational graph (ARG) that represents properties of segmented regions and their relationships. The generated ARG is extended by integrating corresponding part/assembly information. In this manner, the reuse of assembly design information using a product image has been realized. The main advantages of the presented system are following. First, the system is not dependent to specific design tools, because it utilizes multimedia images that can be obtained easily from peripheral devices. Second, ratio-based features extracted from images enable image retrievals that contain various sizes of parts. Third, the system has shown outstanding search performance, because we applied various information of segmented part regions and their relationships between parts.

Key Words : Attributed Relational Graph, Image Segmentation, Reuse, Product Image

1. 서 론

최근 제품 개발 사이클을 줄일 수 있는 효과적인 방법으로 분산 환경을 통한 협업적 제품 개발에 제조업체들의 관

심이 높아지고 있다[1]. 분산 환경에서의 협업적 제품 개발은 제품 설계에서부터 생산, 유통, 판매 등의 전 과정에 제품 설계자, 생산자, 경영자들로 이루어진 의사 결정자들이 참여하기 때문에 제품 개발의 생산성과 효율성을 높이고, 제품에 대한 고객의 요구를 수용할 수 있는 장점이 있다. 이러한 협업적 제품 개발 환경에서 의사 결정자들 사이의 의사 교환이 원활히 이루어지기 위해서는 의사 결정자들이 각 단계별 데이터에 쉽게 접근할 수 있는 공통된 프로토콜이 필요한데, 제품의 영상은 각각의 역할이 다른 참여자들

※ 이 논문은 2005년도 전남대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음

† 준 회원 : 전남대학교 전산학과 석사 과정 재학

** 중신회원 : 전남대학교 전자컴퓨터공학부 전임강사

*** 정 회원 : Wayne State University 조교수

**** 정 회원 : 전남대학교 전자컴퓨터 정보통신공학부 부교수

***** 준 회원 : 전남대학교 전산학과 재학중

논문접수 : 2006년 9월 8일, 심사완료 : 2006년 11월 13일

이 직관적으로 사용할 수 있는 데이터 형태로서 의사교환을 위한 효율적인 프로토콜로 사용될 수 있다.

한편 제품 설계 활동의 75% 이상이 기존 제품 설계 지식의 재사용에 관련되어 있으며, 제품 설계 지식의 재사용이 제품 설계분야에서 중요한 요구사항으로 부각되고 있다[2]. 기존의 설계 정보 재사용 연구들에서는 검색 키워드와 파일명과의 부합에 의한 검색 결과를 이용하거나, 부품 수 또는 부품간의 관계에 의하여 제품 설계 정보에 접근하고 있다. 그러나 이 방법은 다음과 같은 단점을 보이고 있다[3]. 첫째, 검색 대상 모델들의 정보가 자세히 정의 되어 있지 않기에 정확한 검색이 어렵다. 둘째, 프로젝트 이름 또는 부품 이름과 같은 키워드를 사용자가 사전에 항상 알고 있기 어렵기 때문에 검색 키워드 선정에 한계가 있다. 셋째, 부품들의 관계만을 적용한 검색은 너무 세부적이거나 또는 너무 일반적인 설계 정보를 검색 할 수 있다. 넷째, 사용되는 틀에 따라 부품간의 관계 정의의 명세가 달라 검색 결과의 정확도가 떨어진다. 또한 기존의 영상 검색을 이용한 연구들에서는 특정 프로그램에서 생성된 3D 그래픽을 사용했기 때문에 특정 설계 틀의 사용법을 모르는 일반 사용자들이 다루기 힘들다는 단점을 보인다.

본 논문에서는 제품설계 정보 재사용에서 위와 같은 문제들을 해결하기 위해 특정한 설계 틀에 종속되지 않고, 사용자의 직관에 맞는 2D 영상을 기반으로, 제품내의 각 부품 정보를 통해 설계 정보를 재사용하고자 한다. 본 논문에서 제안하는 시스템은 제품을 표현하는 설계 정보와 영상을 매칭하기 위해 제품 영상을 분할하고 각 분할된 부품의 속성과 부품간의 관계를 속성 관계 그래프로 표현한 후 제품 설계 정보를 추가하여 확장한다. 제품 설계자가 제품 설계 정보를 재사용하기 원하는 제품 영상을 입력하면 데이터베이스에 있는 영상과의 매칭을 통해 유사 영상을 검색하고, 검색된 영상들의 속성 관계 그래프에 연결되어 있는 제품의 설계 정보를 참조함으로써 제품 설계 정보의 재사용이 이루어진다. 본 시스템의 주요 이점은 주변 장치로부터 쉽게 획득할 수 있는 멀티미디어 영상을 이용하므로 특정 설계 틀에 종속적이지 않고, 비율을 이용한 특징 벡터에 의해 다양한 크기의 유사 부품을 포함하는 영상의 검색이 가능하며, 분할된 각 부품의 영역의 특징과 관계를 적용하기 때문에 검색 능력이 뛰어나다는 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 설계 정보 재사용을 위한 설계정보 검색 시스템과 관련된 연구들을 살펴보고, 3장은 영상분할과 속성관계 그래프를 이용한 설계 정보 재사용 시스템에 대해 설명한다. 4장에서는 제안한 시스템의 실험 결과를 보이고, 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대해서 논의한다.

2. 관련 연구

지난 몇 십 년 동안에 제품 설계 정보 재사용을 위해 제안된 연구들을 살펴보면 다음과 같다. 주석 기반(invariant/descriptor based)은 볼륨(volume), 표면 영역, 비율, 움직임 등과 같은 3D 객체를 표현하는데 주석을 이용하고 이를 기반으

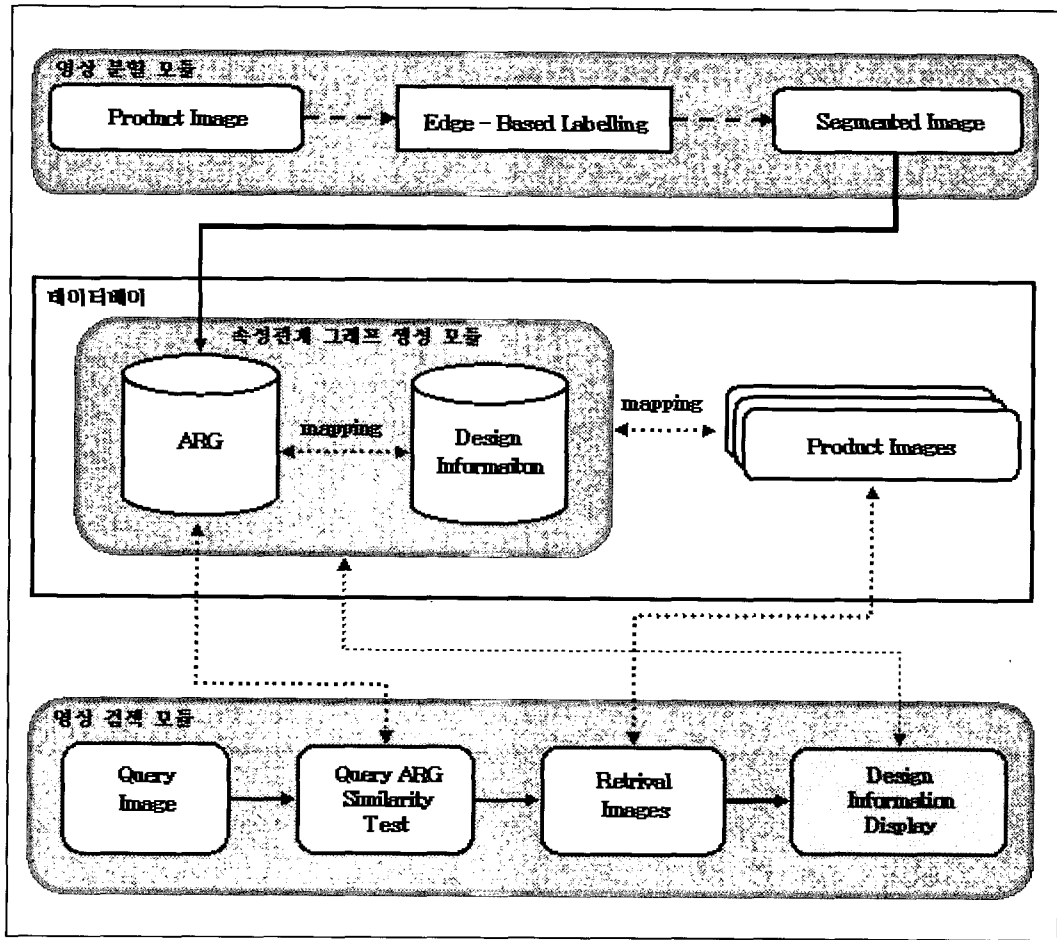
로 설계 정보를 검색한다[4, 29, 30].

조화기반함수(Harmonics-based function)를 이용한 방법[5, 6, 19]은 3D 모양과 신호의 조화함수를 구성하여 검색에 이용한다. 조화기반의 방법 중에 [5, 6]에서는 3D 신호에 대해서 구면 함수 또는 푸리에 함수를 통해서 계산된 값들의 결합으로 3D 모델을 분해하여 사용한다. 주석 기반의 방법과 조화기반의 방법은 계산 능률면에서 효율적이지만 서로 다른 모양들을 구분하지 못하기 때문에 검색 성능이 낮다는 단점이 있다. [7]에서는 3D 구조를 점들의 랜덤 샘플링에 의해 분해한 후 검색에 이용하며, Ankerst et al. [8]는 히스토그램을 통계 또는 확률 기반으로 분석해서 3D 모델을 검색한다. 이 연구들은 계산 비용이 샘플된 점들의 수에 비례하고, 점들의 수가 적을 경우 정확성이 매우 낮아진다는 단점이 있다.

3D 객체를 인식하여 이를 재사용에 이용한 연구들은 [9, 10, 26, 27] 등이 있으며 설계된 3D 객체를 인식하기 위하여 Aspect Graphs[10], Spin Images[26], 그리고 Geometric Hashing[27]이 사용되었다. 이 방법들은 3D 객체를 인식하는데 저장 공간과 계산 비용이 많이 요구된다는 단점을 보인다. 3D 객체의 정보를 그래프로 표현해서 재사용에 이용한 연구 [9]에서는 제품의 경계표현(Boundary Representation) 그래프를 위해서 하위 그래프들의 동형이성을 검색에 이용한다. 그래프 기반의 방법은 다양한 그래프 중 상위 그래프에 의해 결정된 서브 그래프의 매칭 문제가 발생한다는 단점이 있다.

기존 연구들은 이와같은 단점 이외도 제품을 구성하고 있는 조립체를 부품 단위로 인식하지 못하기 때문에 제품 설계 정보 재사용에 이용되는데 한계를 보이고 있다. 또한 위의 방법들은 3D 모델을 검색한 방법으로 3D 틀의 사용법을 모르는 일반 사용자가 쉽게 이용할 수 없는 단점이 있다. 본 논문에서는 위와 같은 문제점을 해결하기 위해 멀티미디어 기기에서 획득한 제품 영상을 부품별로 분할한 후 속성 관계 그래프를 적용하여 제품설계 정보를 재사용 한다.

영상 분할을 위한 과거 연구들을 특징에 따라 분류하면, 영역 기반의 분할 방법, 히스토그램을 이용한 방법, 경계선을 이용한 분할 방법이 있다. 영역 기반의 분할 방법은 값이 비슷한 화소들을 하나의 영역으로 군집화하여 동질성이 보장되는 영역을 기반으로 영상을 분할하는 기법으로서, 비교적 정확한 영상분할의 결과를 얻을 수 있지만, 평활화, 모폴로지 등의 다양한 전처리 과정으로 인하여 속도가 느리다는 단점이 있다. 대표적인 영역 분할 방법으로는 Blobworld[11], Normalized-cut[12, 13], 칼라 세그멘테이션[14]이 있다. Blobworld는 영상에 스무딩 기법을 적용한 후, 영상을 $L*a*b$ 인 색 체계로 변환을 한 다음에 화소값의 차이를 극대화 시켜영역을 구분하는 방법이다. 이 방법은 화소값 차이가 적은 경우에는 분할이 정확하지 않은 단점을 보인다. Normalized-cut은 고유값, 고유방향을 이용해서 화소들을 반복적으로 두 집단으로 분할하는데, 결과 영상이 너무 작은 영역으로 분할 되어본 논문에서 대상으로 하는 제품 영상에는 적합하지 않다. 영역을 이용한 분할 방법 가운데 칼라 세그멘테이션은 칼라를 분할의 속성으로 이용하는 방법으로서 칼라 값의 차이가 적은 경우 영역 분할이 원활하지 못하다.



(그림 1) 시스템 구성도

히스토그램을 이용한 방법 중 [15]에서는 영상 내의 그래이 값들의 분포가 단순한 경우에 주로 사용되며 입력 영상으로부터 히스토그램을 구해서 가장 높은 빈도를 갖는 두 개의 그래이 값으로 영상전체를 양자화 함으로써 영상분할을 수행한다. [24]에서는 영상을 HSV 색체계로 변환한 후 스무딩 처리를 해서 유사 영상 검색에 이용한다. 히스토그램을 이용한 방법들은 히스토그램의 분포가 복잡한 경우에는 임계값을 결정하기 힘든 단점이 있다. 경계선 기반의 분할은 [16, 25]등이 있다. [16]은 영상의 색상을 각 채널(Y, U, V)로 분리하는 전처리를 거치는 방법으로서 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다.

[25]은 경계선을 검출한 후에 이진화된 경계선 지도내에서 Water-Filling Algorithm을 적용하는 방법으로서 비슷한 모양과 크기를 가지는 영역들은 구분하기 힘들다는 단점이 있다. 본 논문에서는 영상 분할과정의 문제점을 해결하기 위해 이진화된 경계선 알고리즘을 적용하며 라벨링을 통하여 영상을 분할하고 과분할된 영역은 병합 알고리즘을 통해 재구성 한다.

[31]은 위상학적 도형의 속성과 선형 패턴들의 구조적 정보를 속성 관계 그래프로 표현하였다. Ozer[32]는 영상에서 관계 그래프를 이용해 관심 있는 객체에 주석을 넣었다. 위의 [31]와 [32]는 영상의 대표적인 정보를 속성 관계 그래프로 표현하였으며, 영상 검색을 위해 두 개의 그래프 매칭 알고리

즘을 적용 했다. 최근에는 MRF(Markov Random Field) labeling 그리고 베이시안 등과 같은 수학적 접근을 통해 속성 관계 그래프 매칭의 다양한 방법들이 개발되고 있으며, 기계 학습 분야에서는 속성 관계 그래프를 통해 데이터를 간결한 형식으로 표현하기 위한 연구들이 있다. 본 논문에서는 비율, 수평 길이, 수직 길이, 영역의 넓이 등의 26개의 특징 벡터를 이용해서 속성 관계 그래프로 표현 한다.

3. 영상 기반 제품 설계 정보 재사용 시스템

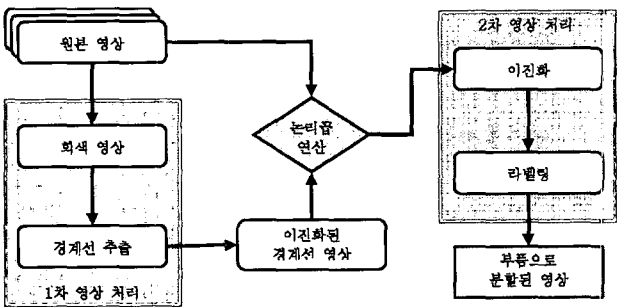
본 논문에서는 제품 설계 정보 재사용을 위해 이질적인 영상 정보와 부품 설계 정보의 병합을 속성 관계 그래프를 이용하여 수행한다. 즉, 속성 관계 그래프는 분할된 부품 영상의 시각적 정보와 부품 설계 정보를 그래프라는 일관된 형태로 표현하기 때문에, 쉽게 획득할 수 있는 제품 영상으로부터 부품 설계 정보를 접근함으로써 부품 설계 정보의 재사용을 지원한다.

본 논문에서 제안하는 시스템의 전체 구성도는 그림 1과 같이 영상 분할 모듈, 속성 관계 그래프 생성 모듈, 영상 검색 모듈로 구성되어 있다. 영상 분할 모듈에서 제품 영상은 에지 기반 라벨링(EBL)[20]에 의해 분할되고 과분할 된 부품들은 비율을 이용한 병합 알고리즘으로 병합되어 제품에 대

한 최종 부품 영상들을 추출한다. 속성 관계 그래프 생성 모듈은 추출된 부품들의 정보를 속성 관계 그래프로 표현한 후 제품 설계 정보가 추가되어 확장된 속성 관계 그래프를 생성한다. 영상 검색 모듈은 질의 영상으로부터 질의 속성 관계 그래프를 생성하고 데이터베이스 내의 속성 관계 그래프와의 유사성을 계산하여 유사 영상을 검색하고 검색된 영상의 확장된 속성 관계 그래프를 이용하여 설계 정보를 디스플레이함으로써 제품 설계 정보가 재사용에 이용되도록 한다.

3.1 영상 분할

영상 분할이란 영상을 밝기, 색상, 모션 등과 같은 유사한 특성을 갖는 영역 단위로 분할하는 작업이다. 본 논문에서는 여러부품으로 구성된 조립체를 각 부품으로 분리하기 위해 영상 분할을 수행하는데 전처리 과정을 줄이고 영상에서 객체의 경계선을 추출한 후 경계선을 강화하여 객체 내의 각 부분을 인식하는 라벨링 방법을 적용한다. 영상 분할 후 과분할된 영역은 본 논문에서 제안하는 병합식을 이용하여 병합한다.



(그림 2) 에지 기반 라벨링 흐름도

3.1.1 경계선 추출

영상 분할 모듈의 1차 영상 처리 과정에서는 (그림 2)와 같이 제품 영상으로부터 먼저 경계선을 추출하여 이진화된 경계선 영상을 생성하고 이를 원본 영상과 논리곱 연산을 통해 경계선 부분을 제거하며 2차 영상 처리 과정에서 이진화와 라벨링을 적용하여 각각의 부품들로 분할된다.

경계선은 화소값의 변화가 낮은 값에서 높은 값으로, 또는 이와 반대로 변하는 지점을 가르킨다. 본 논문에서는 [21-23]과 같은 다양한 경계선 추출 알고리즘 중 [23]에서 제안한 방법을 사용한다. 이 방법은 인접 화소와 많은 차이가 나는 부분을 평균화하여 잡음에 효과적인 것으로 알려져 있다.

일반적으로 이진화된 경계선 영상은 경계선 알고리즘을 적용하고 그 결과를 이용해 이진화를 수행하기 때문에 경계선 알고리즘과 이진화 알고리즘 둘 다 적용되어 계산 비용이 높기 때문에 시간 소요가 많으며, 많은 잡음을 포함하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 식 1에서와 같이 경계선을 추출하는 과정 중에 이진화를 수행하는 것으로 개선된 경계선 알고리즘을 이용한다. [22]에서 제안한 마스크를 이용하여 미분된 결과의 분포값은 1~1020이다. 미분된 제품 영상이 I_{EDGE_1020} 라고 할 때, 임계값 α 를 초과하는 $I_{EDGE_1020}(x_i, y_j)$ 화소는 경계선으로 인식해서 $I_{EDGE_1020-\alpha}$

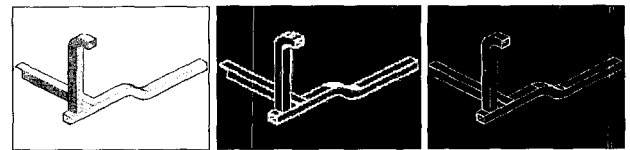
영역에 포함되며, α 이하의 화소는 $I_{EDGE_1020-\beta}$ 영역에 포함시켜서 이진화된 경계선을 추출한다. 픽셀 양의 차이가 급격히 변하는 지점은 배경과 경계선이 구분되는 곳으로 α 는 데이터베이스내의 미분된 영상의 평균 분포값에서 픽셀의 차이가 많은 지점을 선택한다.

$$I_{EDGE_1020-\alpha} = \{I_{EDGE_1020}(x_i, y_j) | I_{EDGE_1020}(x_i, y_j) > \alpha\} \quad (1)$$

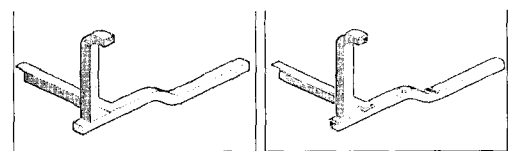
$$I_{EDGE_1020-\beta} = \{I_{EDGE_1020}(x_i, y_j) | I_{EDGE_1020}(x_i, y_j) \leq \alpha\}$$

(그림 3)에서는 개선된 경계선 알고리즘(c)과 기존의 경계선 알고리즘(b)을 실험한 결과를 보이고 있다. 실험한 결과를 보면, 개선된 경계선 알고리즘(c)은 경계가 뚜렷하며 잡음이 없다. 그러나 기존의 경계선 알고리즘(b)은 잡음이 많아서 다음 단계인 라벨링 적용 시 성능 저하를 초래한다.

그림 4의 (b)는 (a)의 원본 영상과 개선된 경계선 알고리즘에 의해 경계선이 추출된 영상과 논리곱(AND) 연산을 수행한 결과를 보인다. (그림 4)의 (b)를 보면, 제품의 각 부품 영역들이 명확하게 나뉘었으며, 제품 영역에 대한 정보 손실이 적은 반면, (그림 3)의 (b)와 논리곱 연산을 수행하면 경계선 영역이 제품 영역까지 침범하여 라벨링 적용시 성능 저하를 보인다.



(그림 3) 경계선 추출 결과

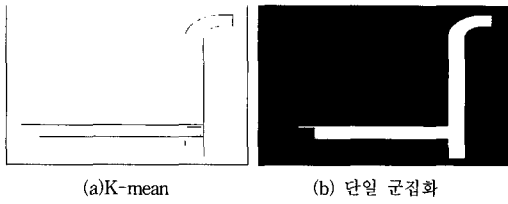


(그림 4) 논리곱 연산 적용 결과

3.1.2 영역 라벨링

다음 단계에 적용될 라벨링은 관심있는 제품 영역과 관심 없는 배경영역이 이미 나누어져 있어야 하기 때문에, 논리곱 연산이 적용된 영상을 이진화하여 제품 영역과 배경을 구분해야 한다. 이진화는 회색 영상으로 변환된 제품 영상의 단일 평균값을 기준으로 제품영역과 배경을 구분하는 단일 균집화를 이용한다. 단일 균집화는 계산 비용이 적으며, 균집의 수를 결정하지 않아도 되는 장점이 있다.

라벨링은 인접하여 연결된 모든 화소에 동일한 번호를 붙이고 예지로 구분된 다른 연결 성분에는 다른 번호를 붙여서 영역을 구분한다. 즉, 분할된 부품 내 모든 화소는 같은 번호를 가지게 되며, 분할된 각 부품들은 서로 다른 번호로 구분 된다. 본 논문에서는 영상의 1% 미만의 영역은 매우 작은 부분이기 때문에, 객체 내 부품으로서 의미가 없으므로 라벨링의 대상에서 제외한다.



(그림 5) 이진화 결과

본 논문에서 적용한 단일 균집화와 K-means를 이용한 이진화를 실험해 본 결과 그림 5에서와 같이 K-means[17]의 경우 제품과 배경이 명확하게 구분이 안되고 있지만, 단일 균집화 방법은 객체와 배경을 잡음 없이 구분하고 있는 것을 볼 수 있다. (그림 5)에 사용된 영상은 프레임의 전면 영상으로 실험 결과를 뚜렷하게 보여주는 대표적인 영상이다. 본 논문에서 사용하는 대부분의 제품 영상에서 제품의 경계와 배경은 화소값의 차이가 많이 나기 때문에 계산이 간단하고 빠른 단일 균집화 방법이 좋은 결과를 보인다.

3.1.3 영역 병합

라벨링 후 과분할 된 영역들을 의미있는 부품 단위로 재형성하기 위해 분할된 영역들의 x 좌표와 y 좌표의 증가 비율을 기준으로 병합한다. 제품영상에서 분할된 영역, o_i 의 가

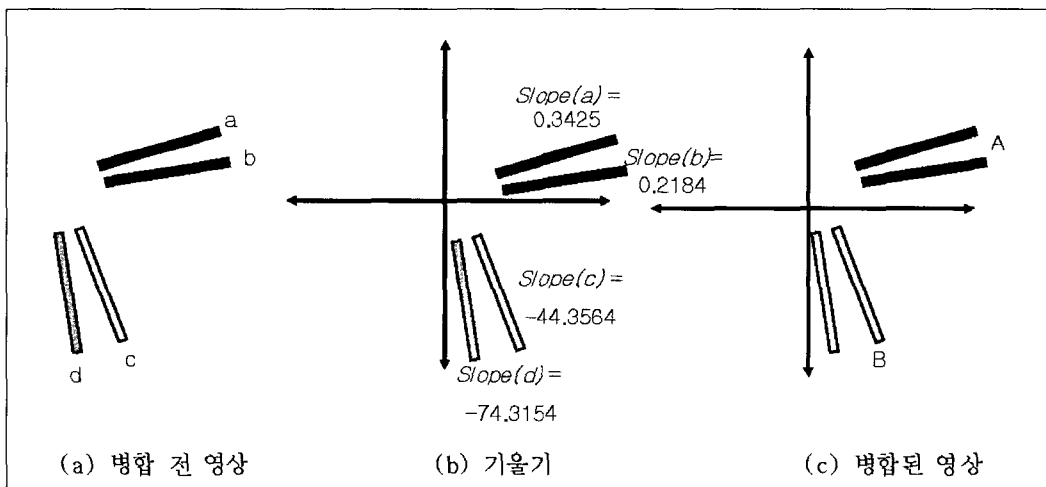
장 왼쪽 화소 $o_i(x_{left}, y_{left})$ 와 가장 오른쪽 화소 $o_i(x_{right}, y_{right})$ 를 추출해 식 2와 같이 기울기를 구한다.

$$Slope(o_i) = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_{right} - y_{left}}{x_{right} - x_{left}} \quad (2)$$

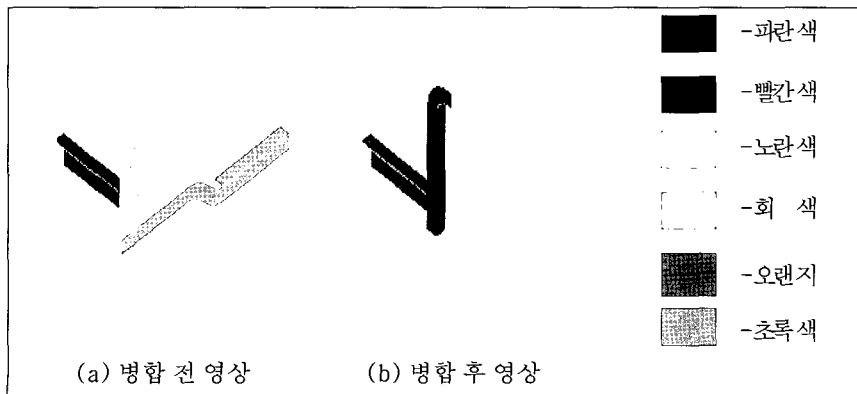
식 2의 기울기의 계산에서 $\Delta x=0$ 인 경우는 기울기를 계산할 수 없으므로 고려 대상에서 제외한다. 두 분할된 영역 o_i, o_j 의 비율이 다음 조건 중 하나를 만족하면 두 영역 o_i, o_j 는 병합이 된다.

- 조건 1 : $-1 < Slope(o_i)$ and $Slope(o_j) < 0$
- 조건 2 : $0 < Slope(o_i)$ and $Slope(o_j) < 1$
- 조건 3 : $1 < Slope(o_i)$ and $Slope(o_j)$
- 조건 4 : $Slope(o_i)$ and $Slope(o_j) < -1$

(그림 6)은 두 부분으로 분할된 영역이 병합되는 과정을 보인다. (그림 6)의 (a)에서 병합 전 영상은 4개의 영역 a, b, c, d를 포함한다. (그림 6)의 (b)에서는 식(2)에 의해서 계산된 a, b, c, d 각각의 기울기를 보이고 있다. 기울기가 0~1 사이에 있는 a=0.3425와 b=0.2184가 조건 2를 만족하여 병합되고 기울기가 -1보다 적은 c=-44.3564와 d=-74.3154가 조건 4를 만족하여 병합되어서 (그림 6)의 (c)와 같이 병합된 영역 A, B를 보인다.



(그림 6) 부품 병합 예



(그림 7) 과분할 영상 재병합 결과

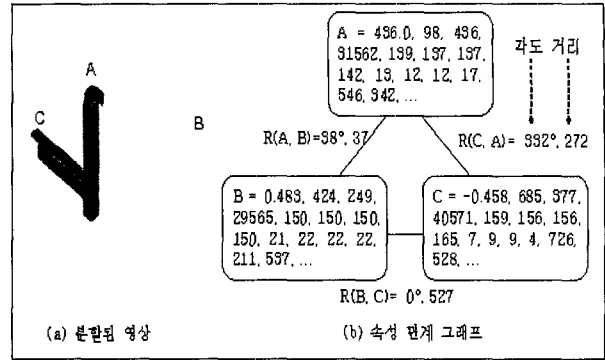
(그림 7)에서는 실제 제품 영상에 적용한 예를 보이고 있다. (그림 7)의 (a)는 병합 전 영상으로 에지 기반 라벨링 후 제품 영상이 6개의 영역으로 분할되어 있다. 이 영역들은 부품으로서 의미가 없기 때문에 위에서 본 논문에서 제안한 영역 병합 방법에 따라 (그림 7)의 (b)와 같이 3개의 영역으로 병합 된다.

3.2 속성 관계 그래프(Attributed Rational Graph, ARG)

제품 영상으로부터 각 부품의 정보를 브라우징 하기 위해 제품 영상이 분할 되고, 분할된 영상과 부품의 정보가 속성 관계 그래프를 통해 표현된다. 즉, 제품 영상으로부터 분할된 부품 영역들의 가시적 특징과 그들의 관계를 추가해서 속성 관계 그래프로 표현하고, 이 그래프에 설계 정보를 추가하여 확장된 속성 관계 그래프를 이용하여 일관된 프레임 워크내에서 영상 정보와 설계 정보가 병합된다.

3.1절에서와 같이 라벨링에 의해 분할된 부품 영역은 속성 관계 그래프에서 노드로 표현된다. 각 분할 영역으로부터 추출된 노드의 속성은 비율, 수평 길이, 수직 길이, 영역의 넓이, R, G, B 각 채널의 평균과 표준편차, 무게 중심 등 26가지이고 노드 사이의 관계는 각도와 거리가 된다. 노드의 속성 중 비율은 3.1.3 영역 병합에서 제안된 기울기를 기반으로 추출되며 다른 25가지의 속성은 라벨링 정보와 HIS, RGB등과 같은 색 체계 변환 기법을 통해서 추출된다. (그림 8)은 (a)의 제품 영상이 분할되어 속성 관계 그래프(b)로 표현된 것이다. (그림 8)의 (a)는 제품 영상이 A, B 그리고 C의 3개 부품을 가지고 있고, (그림 8)의 (b)에서는 A, B 그리고 C의 각 부품들에 대한 26개의 속성에 해당하는 값과 그들의 관계를 그래프로 표현하고 있다.

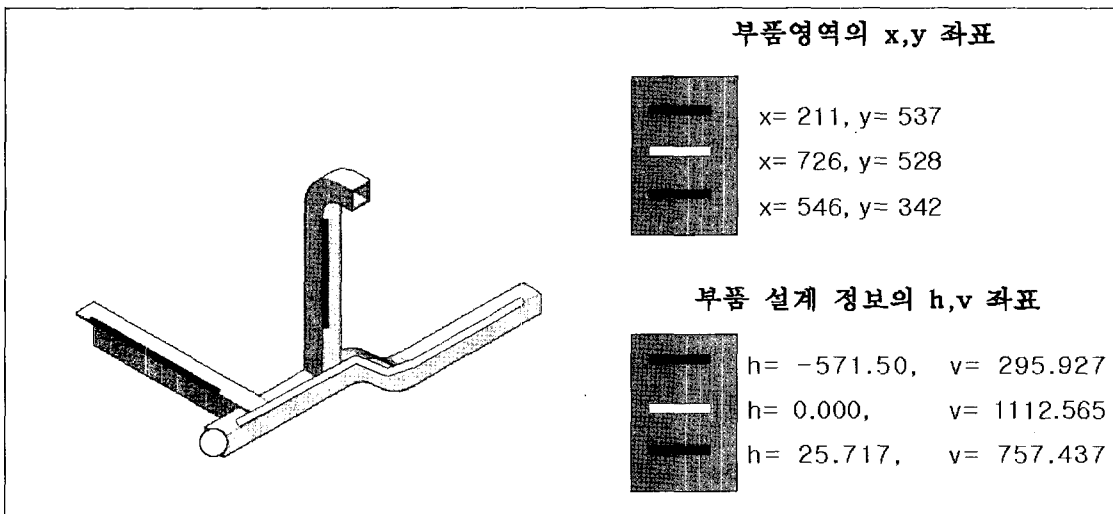
본 논문에서는 제품 설계 정보에서 각 부품의 정보와 제품영상의 부품 영역을 자동으로 연결하여 확장된 속성 관계 그래프를 생성하는데 제품 설계 정보 가운데 각 부품의 중심 좌표와 제품 영상 정보에서 각 부품의 상대 좌표를 이용한다. 설계 정보 매칭은 다음의 순서로 진행 된다.



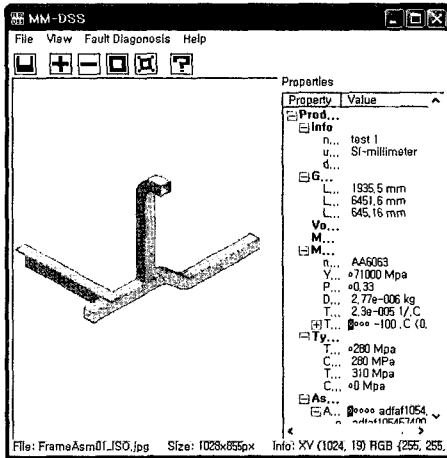
(그림 8) 속성 관계 그래프

- (1) 제품 영상의 부품 영역들로부터 무게중심의 x, y 좌표를 추출한다.
- (2) 제품 영상에서 각 부품 영역의 중심 좌표 중 x 좌표에 따라 부품 영역을 정렬한다.
- (3) x 좌표의 거리가 같은 부품이 존재할 경우에 y 좌표에 따라 정렬한다.
- (4) 제품 설계 정보에서 장치 독립적인 실세계 좌표(world coordinate)에서 지정된 기준점(원점)을 부품 설계 정보들의 수직(v)과 수평(h)으로 추출한다.
- (5) 수평좌표(h)에 따라 부품 설계 정보를 정렬한다.
- (6) 수평 좌표가 같을 경우 수직좌표에 따라 부품 설계 정보를 정렬한다.
- (7) 정렬된 부품 영역 정보의 노드에 부품 설계 정보를 순서대로 연결한다.

설계 정보 매칭 알고리즘은 특정한 설계 시스템에 따라 다른 세계 좌표 지정과 그에 따라 생성된 영상의 다양성을 고려하여, 제품의 4 방향에서 (isometric view, front view, right view, top view) 획득한 제품 정보를 활용한다. 즉, 설



(그림 9) 제품 좌표 정보



(그림 10) 제품 설계 정보

계 정보 매칭 알고리즘은 서로 다른 4방향으로부터 획득된 설계 정보와 비교하여 분할된 영상과의 매칭을 시도한다. 또한, 제품 영상의 특성을 고려하여 제품 외부에서 가시적으로 확인할 수 있는 부품에 한정되어 적용된다.

예를 들어, 제품 영상에서 각 부품의 x, y 좌표(2D pixel coordinate)와 실세계 좌표계(world coordinate)에서 획득된 각 부품의 h, v 좌표가 (그림 9)와 같다고 했을 때, 본 논문에서 제안한 설계 정보 매칭 알고리즘을 이용하면, 실세계 좌표계의 h 가 -571.50인 부품 정보와 영상 좌표의 x 좌표가 211인 부품 속성이 매칭된다.

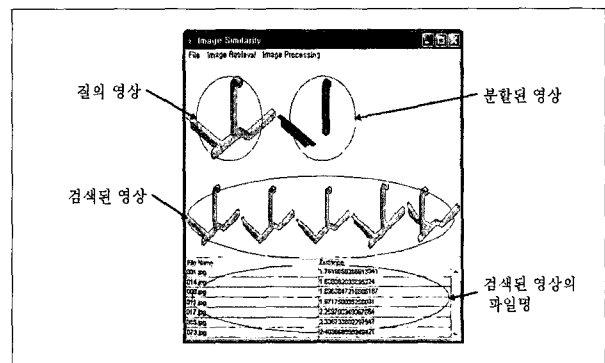
(그림 10)에서는 제품 영상에서 부품을 선택하였을 경우 확장된 속성 관계 그래프에 연결된 부품의 설계 정보를 보이고 있다.

3.3 영상 검색

제품 설계자는 멀티미디어 기기로부터 획득한 영상을 질의 영상으로 입력하고, 질의 속성 관계 그래프를 생성한 후

데이터베이스에 있는 속성 관계 그래프들과 비교하여 유사 영상을 검색한다. 영상 검색을 위해 먼저, 부품 영역의 속성 값과 관계값을 표준화[18]하고 유사성을 계산하는데, 먼저 속성들 사이의 유사성을 구하고, 그 다음 관계들 사이의 유사성을 구하여 각 파일별로 유사성을 계산한 다음, 유사성이 높은 순으로 정렬한다. (그림 11)의 알고리즘에서는 질의 영상의 속성 관계 그래프의 노드와 데이터베이스 영상의 모든 속성 관계 그래프의 노드들에 대한 특징들 사이에 유사도를 계산한 후에 질의 영상의 속성 관계 그래프의 관계들과 데이터베이스 영상들의 속성 관계 그래프의 관계에 대한 유사도를 계산한다. 계산된 노드들간의 유사도와 관계의 유사도들을 영상 단위로 합산하면 질의 영상과 데이터베이스 영상의 유사도가 계산된다. 본 논문에서는 유사도를 구하는데 유클리디안 거리를 이용한다.

제품 설계자는 질의 영상으로부터 데이터베이스에 있는 제품 영상 검색을 통하여 얻어진 영상의 속성관계 그래프에 연결된 제품 설계정보를 (그림 10)과 같이 브라우징함으로써 영상 기반 제품 설계 정보의 재사용이 가능하다. (그림 12)는 주어진 질의 영상에 대해 검색된 영상을 보이고 있다.



(그림 12) 제품 영상 검색 결과

```

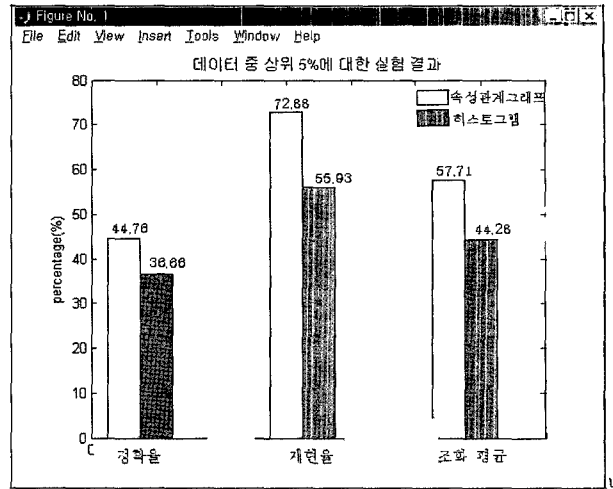
for(i=0 ; i<qNodeNum ; i++){ //질의 영상의 각 노드에 대해
    for(j=0 ; j<imNum ; j++){ // 각 영상에 대해
        for(k=0 ; k<j ; k++){ // 각 영상별 각 노드에 대해
            distAttrFile[j] += Dist(qAttr[i], imNodeAttr[j][k]); // 각 노드
        } } }
for(i=0 ; i < qRelNum ; i++){ //질의 영상의 각 관계에 대해
    for(j=0 ; j < imNum ; j++){ // 각 영상에 대해
        for(k=0 ; k < imRelNum ; k++){ // 각 영상별 각 관계에 대해
            distRelFile[j] += Dist(qRel[i], imRel[j][k]);
        } } }
for (i = 0 ; i < imNum ; i++)
    // 영상별로 정렬된 속성 유사도와 관계 유사도를 합산한다.
    distFile = distAttrFile[i] + distRelFile[i];
    
```

(그림 11) 유사도 계산 알고리즘

4. 성능 평가

본 논문에서 성능 평가는 두 부분에서 수행되었다. 먼저 영상 분할의 성능을 평가하고, 두번째로 검색의 성능을 평가하였다. 영상 분할은 라벨링 수행 후 과분할 영역을 병합한 다음, 사용자가 인지하는 부품의 개수와 시스템에 의해 분할된 부품의 개수를 비교하였다. 제품 영상에서 정답 부품의 개수는 사용자 5명이 제품 영상을 보고 3명 이상이 일치하는 의견을 정답 개수로 하였다. 실험 결과 111개 제품 영상으로부터 사용자가 인식한 총 부품의 개수는 281개였으며, 이 가운데 제안하는 시스템이 252개의 부품을 찾아내 89.68%의 부품 분할 성능을 보였다. 실패한 영상들을 분석한 결과 배경이 포함된 67개 영상은 배경도 객체로 인식되어 과분할되는 현상을 보였다.

제품 영상 검색의 경우 기존의 영상 검색 연구들과 같이 하나의 영상단위로 검색을 수행한다면 영상들 사이의 유사도는 영상의 특정한 속성 하나만으로도 큰 영향을 받아 검색 성능이 저하될 수 있다. 본 논문에서는 영상 전체가 아닌 영상내의 제품을 각 부품단위로 분할하여 속성과 관계를 추출하고 이를 검색의 요소로 이용함으로써 검색의 정확성을 향상시킨다. 유사 제품 영상 검색 성능 평가를 위해 주어진 질의 영상으로부터 찾아내야 할 영상의 정답 수 nA , 각 방법들이 찾아낸 영상의 총수 nR , 찾아낸 영상의 수 중에 정답 영상과 일치하는 영상의 수 nC 를 분석한 후에 정확률(Precision)과 재현률(Recall) 그리고 조화 평균(F-measure)을 비교하였다. 정확률($P=nC/nR$)은 검색된 영상들 중에서 정답인 영상이 몇 개가 포함되어 있는가를 계산함으로써 검색 결과의 정확성을 나타내며, 재현률($R=nC/nA$)은 검색되어야 하는 영상들 중에 몇 개의 영상이 검색되었는지를 계산함

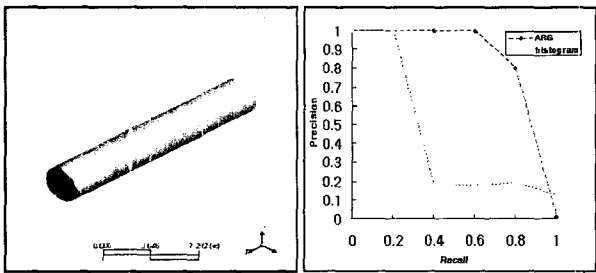


(그림 14) 127 데이터 중 상위 5%에 대한 실험 결과

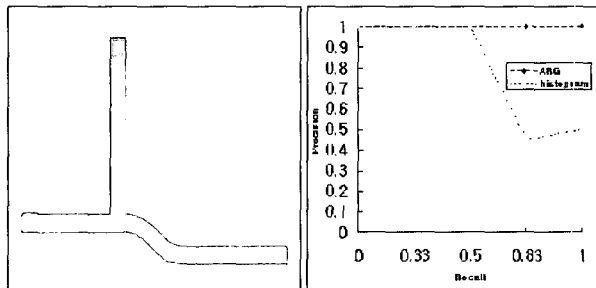
으로써 검색 결과가 원하는 영상을 얼마나 포함하고 있는가를 나타낸다. 조화평균($F1=2PR/(P+R)$)은 정확률과 재현율의 평균을 취함으로써 정확률과 재현율이 가지고 있는 의미를 동시에 내포하고 있으므로 영상 검색 시스템의 평가 방법으로 많이 적용되고 있다. 본 논문에서 성능평가는 127개의 제품 영상과 11개의 질의 영상에 대해 두 가지 측면에서 수행되었다. (1)검색된 k개의 영상에서 재현율의 비율 변화를 주어 그에 대응하는 정확률을 비교 한다. (2)127개 순위화된 결과에서 상위 5%만을 선택하여 정확률, 재현률 그리고 조화평균을 비교한다.

(그림 13)의 (b), (d)의 결과는 (a)의 Flywheel Pivot Pin과 (c)의 frame에 대해 각각의 정답영상에 대한 재현율에 변화를 주어 정확률의 변화를 관찰한 결과의 예이다. 이 결과에서 재현율이 높으면서 정확률이 높다는 것은, 검색된 영상의 상위 랭킹 중에 질의영상에 대한 정답 영상이 많이 포함되어 있다는 것을 반영한다. (b), (d)는 히스토그램의 방법보다 속성 관계그래프를 이용한 본 논문의 방법이 재현율 0.5 이상에서는 검색 성능이 향상됨을 알 수가 있다.

(그림 14)는 127개의 영상에 대해서 검색된 영상 중 상위 5%에 대한 정확률, 재현률 그리고 조화평균을 보이고 있다. 위의 실험 결과와 같이 본 논문에서 제안한 검색 방법은 기존의 히스토그램 방법보다 조화평균에서 13.43%의 성능 향상을 보이고 있다.



(a) 60 Flywheel Pivot Pin (b) 60 Flywheel Pivot Pin의 정확률/재현률



(c) FrameAsm03_RIGHT (d) FrameAsm03_RIGHT의 정확률/재현률

(그림 13) 재현율에 따른 정확률 실험 결과

5. 향후 연구

본 논문에서는 분산된 협업적 제품 생산 과정에서 제품 설계 정보 재사용을 위해 영상 기반 제품 설계 정보 검색 시스템을 제안하였다. 지금까지 연구된 제품 영상 검색 시스템과 달리 제품의 3D모델이 아닌 멀티미디어 기기에서 획득된 2D영상을 이용하였고, 부품 단위로 영상을 분할했으며, 부품의 속성과 그들의 관계가 속성 관계 그래프로 표현되어 제품 영상의 검색 성능을 높였다. 본 논문에서 제안한 방법은 과거에 연구된 히스토그램을 이용한 방법에 비해 13.43%의 성능 향상을 보이고 검색된 제품 영상의 속성 관

계 그래프를 제품 설계 정보와 부합하여 영상 검색을 통한 제품 설계 정보의 재사용을 보였다.

향후 연구로는 다양한 영상 처리 알고리즘들을 통해서 잡음에 뛰어난 영상 처리 알고리즘을 연구하고자 하며, 영역 병합 성능을 높이기 위하여 퍼지 이론을 도입해서 사용자의 개념에 일치하는 부품 의미와 프로그램에서 계산된 부품 의미의 차이를 줄이고자 한다. 또한, 제품의 개발 시간을 단축 하면서 고객의 요구가 반영되는 제품을 개발하기 위해 멀티 미디어 데이터와 의사 결정 지원 시스템이 통합된 협업적 환경의 적응형 멀티미디어 기반 의사 결정 지원 시스템에 대한 연구를 수행하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] F. J. Barry, N. Rossiter, K. M. Chao, "An agent system for collaborative version control in engineering," *Integrated Manufacturing Systems*, Vol.11, No.4, pp.258-266, 2000.
- [2] D. G. Ullman, "The mechanical design process," 2nd ed. New York, McGraw-Hill, 1997.
- [3] N. Iyer, S. Jayanti, K. Lou, Y. Kalyanaraman, K. Ramani, "Shape-based searching for product lifecycle applications," *Computer-Aided Design*, pp.1435-1446, 2005.
- [4] M. Elad, A. Tal, S. Ar, "Content based retrieval of VRML objects an iterative and interactive approach," *Eurographics Mltimedia Workshop*, pp.97-108, 2001.
- [5] M. Kazhdan, T. Funkhouser, S. Rusinkiewicz, "Rotation invariant, spherical harmonic representation of 3D shape descriptors," *Proceedings of ACM, Eurographics Symposium on Geometry Processing*, pp.167-175, 2003.
- [6] D. Vranic, D. Saupe, J. Richter, "Tools for 3D object retrieval: Karhunen-Loeve transform and spherical harmonics," *Proceedings of IEEE 2001 Workshop on Multimedia Signal Processing*, pp.293-298, 2001.
- [7] R. Osada, T. Funkhouser, C. Chazelle, D. Dobkin, "Shape distributions," *ACM Trans on Graph*, pp.807-832, 2002.
- [8] M. Ankerst, G. Kastentmüller, H. P. Kriegel, T. Seidl, "3D shape histograms for similarity search and classification in spatial databases," *Proceedings of Sixth Symposium on Large Spatial Databases*, pp.207-226, 1999.
- [9] M. El-Mehalawi, R. Miller, "A database system of mechanical components based on geometric and topological similarity," Part II: Indexing, Retrieval, Matching, and Similarity Assessment, *Comput Aided Design*, pp.95-105, 2003.
- [10] C. M. Cyr, B. Kimia, "3D object recognition using shape similarity-based aspect graph," *Proceedings of ICCV'01*, pp.254-261, 2001.
- [11] C. Carson, "Blobworld: Image Segmentation Using Expectation-Maximization and Its Application to Image Querying," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.24, No.8, August, 2002.
- [12] J. D. Bock, P. D. Bock, W. Philips, "Watershed and Normalized Cuts as basic tools for Perceptual Grouping," *ProRISC*, pp.238-245, 2004.
- [13] N. Alon, "Eigenvalues and Expanders," *Combinatorica*, Vol.6, No.2, pp.83-96, 1986.
- [14] R. Bajcsy, S. W. Lee and A. Leonards, "Color image segmentation with detection of highlights and local illumination induced by inter-reflection," *Proceedings of International Conference on Pattern Recognition*, Atlantic City, NJ, pp.785-790, 1990.
- [15] D. Wang, P. hakghton, I. Wang, nad, A. vincent, "Motion estimation using segmentation and consistency constrint," *Proceedings of SPIE Conf. Visual Comm. Image Processing*, Vol.3024, pp.667-708, 1997.
- [16] J. Fan, D. K. Y. Yau, "Automatic Image Segmentation by Integrating Color-Edge Extraction and Seeded Region Growing," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol.10, No.10, pp.1454-1466, 2001.
- [17] I. S. Dhillon, Y. Guan, B. Kulis, "Kernel k-means, Spectral Clustering and Normalized Cuts," *SIGKDD*, pp.551-556, 2004.
- [18] S. Aksoy, R. Haralick, "Feature Normalization and Likelihood-based Similarity Measures for Image Retrieval," *Pattern Recognition Letters*, Vol.22, No.5, pp.563-582, 2001.
- [19] Saupe D, Vranic V. D. "3D Model retrieval with spherical harmonics and moments," *Proceedings of the DAGM*, Munich, Germany, pp.392 - 397, 2001.
- [20] 이형재, 김용일, 양형정, "제품 설계 정보와 영상 데이터의 병합을 위한 에지 기반 라벨링에 의한 영상분할," *정보처리학회 추계학술발표논문집(상)*, 제12권, 제2호, 2005.
- [21] J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, pp.679-714, 1986.
- [22] D. Maar, E. Hildreth, "Theory of edge detection," *Proceedings Royal Soc. London*, Vol. 207, pp.187-217, 1980.
- [23] J. Fan, D. K. Y. You, AK Elmagarmid, WG Aref, "Automatic Image Segmentation by Integrating Color-Edge Extraction and Seeded Region Growing," *IEEE transaction on image processing*, Vol. 10, No. 10, 2001.
- [24] S. Shamik, Q. Gang, P. Sakti, "A Histogram with Perceptually Smooth Color Transition for Image Retrieval," *CVPRIP*, 2002.
- [25] X. S. Zhou, S. Thomas, "Edge-Based Structural Features for Content-Based Image Retrieval," *Pattern Recognition Letters*, Vol.22, No.5, pp.457-468, 2001.
- [26] Y. Landom, H. J. Wolfson, "Geometric hashing: A General and Efficient Model-Based Recognition Schem," *Proceedings of ICCV 1998*.
- [27] S. Ruiz-Correa, L. Shapiro, "Meila M. A new signature based method for efficient 3D object recognition," *Proceedings of CVPR'00*, 2000.

- [28] B. Ozer, W. Wolf, A. N. Akansu, "A Graph Based Object Description for Information Retrieval in Digital Image and Video Libraries," In Proceedings of IEEE Workshop on Content-based Access of Image and Video Libraries, pp.79-83. 1999.
- [29] G. Cybenko, A. Bhasin, K. Cohen, "Pattern recognition of 3D CAD objects," Smart Eng Syst Des, pp.11-13, 1997.
- [30] H. Rea, J. Corney, D. Clark, J. Pritchard, M. Breaks, R. MacLeod, "Part sourcing in a global market," Proceedings of ICeCE'01, Beijing, 2001.
- [31] B. Huet, E. R. Hancock, "Inexact Graph Retrieval," In Proceedings of IEEE Workshop on Content-based Access of Image and Video Libraries, Colorado. USA, pp. 40-44. 1999.



이형재

e-mail : hjgumsin@hanmail.net
 2005년 여수대학교 전산학과(학사)
 2005~현재 전남대학교 전산학과 석사
 과정 재학
 관심분야 : 데이터 마이닝, e-Design,
 인공지능



양형정

e-mail : hjyang@chonnam.ac.kr
 1991년 전북대학교 전산통계학과(학사)
 1993년 전북대학교 전산통계학과(석사)
 1998년 전북대학교 전산통계학과(박사)
 2003년~2005년 카네기멜런 대학교 연구원
 2005~현재 전남대학교 전자컴퓨터공학부
 전임강사

관심분야 : e-Design, 데이터 마이닝, e-Learning

김경윤



e-mail : kykim@eng.wayne.edu
 1996년 전북대학교 산업공학과(학사)
 1998년 전북대학교 산업공학과(석사)
 2003년 피츠버그대학교 산업공학(박사)
 2003년~2005년 피츠버그대학교 연구교수
 2005년~현재 Wayne State University
 조교수

관심분야 : 협업적 설계, CAD/CAM, Telerehabilitation

김수형



e-mail : shkim@chonnam.ac.kr
 1986년 서울대학교 컴퓨터공학과(학사)
 1988년 한국과학기술원 전산학과
 (공학석사)
 1993년 한국과학기술원 전산학과
 (공학박사)

1993년~1996년 삼성전자 멀티미디어 연구소 선임연구원
 1997년~현재 전남대학교 전자컴퓨터 정보통신공학부 부교수
 관심분야 : 인공지능, 패턴인식, 유비쿼터스컴퓨팅



김선희

e-mail : wdkal749@hanmail.net
 2003년 한국교육개발(학사)
 2006년 동국대학교 컴퓨터공학과
 (공학석사)
 2006년 전남대학교 전산학과 재학중
 (박사과정)

관심분야 : 데이터마이닝, 센서 마이닝, 스트림 마이닝