

제품 영상을 이용한 제품 설계 정보 검색 시스템

이형재*, 김용일**, 양형정*

*전남대학교 전산학과

**호남대학교 인터넷소프트웨어학과

e-mail : hjgumsin@hotmail.com, yikim@honam.ac.kr, hjyang@chonnam.ac.kr

Product Design Information Retrieval System using Product Ad-hoc image

Hyung-jae Lee*, Yong-il Kim**, Hyung-jeong Yang*

*Chonnam National Univ. Dept of Computer Science

**Honam Univ. Dept of Internet Software

e-mail : hjgumsin@hotmail.com, yikim@honam.ac.kr, hjyang@chonnam.ac.kr

요 약

본 논문은 분산된 협동적 개발 환경에서 제품 설계 정보 재사용을 위한 제품 영상 기반의 제품 설계 정보 검색 시스템을 제안한다. 본 논문에서 제안한 시스템은 에지기반 라벨링(EBL) 방법으로 제품 영상을 분할하고 각 분할 영역의 속성과 영역간의 관계를 표현하는 속성 관계 그래프(ARG)을 생성하여 질의 영상과의 부합을 수행한다. 검색된 유사 영상과 연결된 제품 설계 정보를 접근함으로써 영상 검색을 통한 제품 설계 정보의 재사용이 가능하다. 본 시스템의 주요 이점은 다음과 같다. (1) 비율을 이용한 특징 벡터에 의해 다양한 크기의 유사 부품을 포함한 영상의 검색이 가능하다. (2) 분할된 각 부품의 영역, R,G,B 채널의 표준편차등의 다양한 속성(특징)과 그들의 관계를 적용하기 때문에 검색 능력이 뛰어나다. (3) 주변 장치로부터 쉽게 획득할 수 있는 래스터 영상을 이용하므로 활용성이 높다.

1. 서론

최근 제품 개발 업체들은 제품 개발 사이클을 줄일 수 있는 가장 효과적인 방법으로 분산 환경에서의 협동적 제품 개발을 들고 있다[1]. 분산 환경에서의 협동적 제품 개발은 제품 설계에서부터 생산, 유통, 판매 등의 전 과정에 제품 설계자, 생산자, 경영자들로 이루어진 의사 결정자들이 참여하기 때문에 제품 개발의 생산성과 효율성을 높이고, 제품의 고객 요구를 수용할 수 있는 장점이 있다.

이러한 협동적 제품 개발 환경에서 의사 결정자들 사이의 의사 교환이 원활히 이루어지기 위해서 의사 결정자들이 각 단계별 데이터에 쉽게 접근할 수 있는 프로토콜이 필요하다. 예를 들어, 품질 관리 책임자가 한 제품에서 자주 발생하는 문제를

발견하였다면, 이 문제는 설계자, 생산자 등의 다른 제품 개발 관계자들에게 보고되어 향후 제품 보완에 반영되어야 한다.

한편 제품 설계 활동의 75%이상이 기존 제품 설계 지식의 재사용에 관련되어 있으며, 제품 설계 지식의 재사용이 제품 설계 분야에서 새로운 문제로 부각되고 있다[2]. 기존의 설계 정보 재사용 연구들에서는 검색 키워드와 파일명과의 부합에 의한 검색 결과를 이용하고 있으며, 부품 수 또는 부품간의 관계에 의하여 제품 설계 정보에 접근하고 있다. 그러나 이 방법은 다음과 같은 단점을 보이고 있다[3]. 첫째, 모든 모델들에 대한 기본 정보가 자세히 정의 되어 있지 않다. 둘째, 프로젝트 이름 또는 부품 이름과 같은 키워드를 사용자는 사전에 모른다. 셋째, 부품간의 관계는 너무 세부적이거나

또는 너무 일반적인 관련 모델을 검색 할 수 있다. 넷째, 새로운 툴의 규칙에 의한 부품간의 관계 정의 명세가 시간에 따라 변화 한다.

본 논문에서는 위와 같은 문제를 해결하기 위해 제품 설계 재사용을 위해 제품 영상으로부터 제품 설계 정보를 검색하고자 한다. 본 시스템은 에지기반 라벨링 방법으로 제품 영상을 분할하고 각 분할 영역의 속성과 영역간의 관계를 표현하는 속성관계 그래프를 생성하여 질의 영상과의 부합을 수행한다. 검색된 유사 영상과 연결된 제품 설계 정보를 접근함으로써 영상 검색을 통한 제품 설계 정보의 재사용이 가능하다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 기존의 검색 시스템들의 결과를 살펴 보고, 3 장은 제안한 시스템에 대해 설명한다. 4 장에서는 제안한 시스템의 실험 결과를 보이고, 5 장에서는 향후 연구 방향에 대해서 논의한다.

2. 관련 연구

지난 몇 십년 동안에 제품 설계 정보 재사용을 위한 다양한 검색 방법들이 제안되었다. 기존의 방법들을 특성에 따라 분류하면 다음과 같다.

주석 기반(Invariant/descriptor based)은 볼륨(volume), 표면 영역, 비율, 움직임 등과 같은 3D 객체를 표현하는데 주석을 이용한다[4]. 조화기반의 방법은 3D 모양과 신호의 조화 함수를 구성하여 검색에 이용한다. 그러나 주석 기반의 방법과 조화 기반의 방법은 계산 능률면에서 효율성이 낮다. 구면 함수 또는 푸리에 함수는 함수 구성요소들의 계산된 값들의 결합으로 3D 모델을 분해하여 사용한다[5, 6]. 통계/확률 기반[7]에서는 모양함수와 구조를 점들의 랜덤 샘플링에 의해 모양을 분해했다. Ankerst et al. [8]는 히스토그램을 분석해서 3D 모델을 검색한다. 통계/확률 기반의 방법은 계산 비용이 샘플된 점들의 수에 비례하고, 점들의 수가 적을 경우 정확성이 매우 떨어진다. [9]에서는 경계표현(Boundary Representation or B-Rep) 그래프에서 하위 그래프들의 동형이성을 적용한다. 그래프 기반의 방법은 다양한 그래프 중 상위 그래프에 의해 결정된 서브 그래프의 매칭 문제가 발생한다는 단점이 있다. [10]에서는 3D 객체를 인식하여 3D 모델을 검색한다. 3D 객체 인식의 방법은 저장 공간과 계산 비용이 많이 소요된다.

이처럼 과거에 연구된 방법들은 많은 문제점을 가지고 있으며 가장 큰 단점은 사용자가 생각하는 영상 유사도와 위의 방법들에 의해 계산된 영상 유사도 사이에 의미적 차이가 크다는 것이다. 즉, 기존의 방법들은 조립체를 구성하고 있는 부품들을 개별적으로 인식하지 못하기 때문에 제품 설계 정보 재사용에 이용되는데 한계를 보이고 있다. 또한 위의 방법들은, 3D CAD 모델을 검색한 방법으로 3D 툴의 사용법을 모르는 일반 사용자가 쉽게 이용할 수 없다는 단점이 있다. 본 논문에서는 위와 같은 문제점을 해결하기 위해, 멀티미디어 기기에서

획득한 영상을 부품별로 분할한 후 관계 속성 그래프를 적용하여 제품 영상을 검색 하고자 한다.

3. 영상기반 제품 설계 정보 재사용 시스템

본 시스템은 영상 처리 모듈과 영상 검색 모듈 그리고 설계 정보 브라우징 모듈, 3 계층으로 구성되어 있다. 제품 영상은 EBL[11]에 의해 분할된 영역을 다시 병합하고 관계 속성 그래프를 생성한 후 질의 영상과의 부합을 통해 영상 검색을 한다. 그리고 검색된 영상의 제품 설계 정보는 설계 정보 브라우징 모듈을 통해 재사용에 이용될 수 있다.

3.1 제품 영상 분할

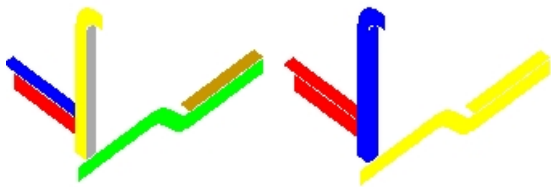
EBL[11]은 에지를 이용하여 각 부품들을 라벨링 하는 방법이다. 본 논문에서는 의미있는 부품 단위로 영상을 분할하기 위해 EBL 로 과분할 된 영상은 분할된 객체의 x 좌표와 y 좌표의 증가하는 비율을 기준으로 병합한다. 영상의 y 좌표계에서 분할된 부품의 최대 y 좌표, $MAX(y)$ 와 최소 y 좌표, $MIN(y)$ 의 차를, 영상의 x 좌표계에서 분할된 부품의 최대 x 좌표, $MAX(x)$ 와 최소좌표, $MIN(x)$ 의 차를 나눠주면 분할된 부품의 비율이 식(1)과 같이 도출된다.

$$Ratio = \frac{MAX(y) - MIN(y)}{MAX(x) - MIN(x)} \quad (1)$$

과분할 된 부품 영역은 $Ratio$ 를 기반으로 다음 조건에 의해서 병합이 된다.

- (1) $Ratio < -1$ 이거나, $Ratio > 1$ 을 만족하는 부품들 사이에 병합이 이루어진다.
- (2) $0 < Ratio < 1$ 을 만족하는 부품들 사이에 병합이 이루어진다.
- (3) $-1 < Ratio < 0$ 을 만족하는 부품들 사이에 병합이 이루어진다.
- (4) $Ratio = 0, Ratio = \pm 1, Ratio = \pm infinity$ 을 만족하는 부품들간의 병합이 이루어진다.

그림 1 의 (a)는 병합 전 영상이다. (a)에서는 제품 영상이 빨간색, 파란색, 노란색, 초록색, сал색, 진한회색의 6 개의 영역으로 구성되어 있다. 이 영역들은 부품으로서 의미가 없기 때문에 위에서 제시한 조건에 따라 병합 된다. 그림 2 의 (b)는 (a)의 과분할된 영역이 본 논문에서 제안한 비율이 적용되어 빨간색과 파란색의 영역이 병합되었고 노란색과 진한회색 영역이 병합되며 초록색과 сал색이 병합되어 제품 영상이 3 개의 영역으로 분할된결과를 보이고 있다. 한다.



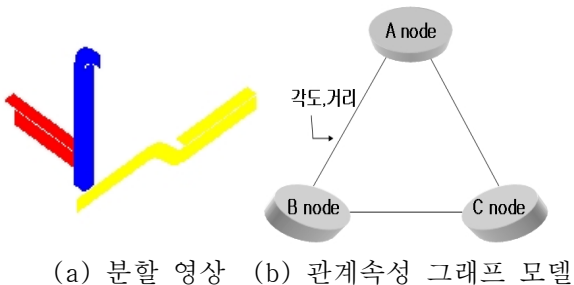
(a) 병합 전 영상 (b) 병합 후 영상

그림 1 영상 재병합 결과

3.2 관계 속성 그래프 생성

본 논문에서는 제품 영상으로부터 분할된 부품들의 특징과 그들의 관계를 추가해서 속성 관계 그래프로 표현하고, 속성 관계 그래프로 표현된 정보에 의해 영상을 검색 한다. 속성 관계 그래프 모델은 EBL[11]로 분할된 정보로부터 부품 정보를 손실하지 않으면서 영상을 그래프로 표현 한다.

영상내의 각 부품들은 EBL 에 의해 영역이 라벨링 되어 있다. 이 정보를 기반으로 속성 관계 그래프 모델을 설계하기 위하여 각 부품은 노드로 표현되며, 관계는 선(edge)로 표현 한다. 그림 2은 제품 영상이 분할 영상(a)되어 ARG 모델(b)로 변환된 것이다.



(a) 분할 영상 (b) 관계속성 그래프 모델

그림 2 관계 속성 그래프 모델 설계 과정

3.3 영상 매칭

질의 영상과 데이터베이스의 영상들을 비교해서 유사한 영상을 검색한다는 것은, 결국 질의 영상으로부터 속성 관계 그래프를 생성하여 데이터베이스에 있는 관계 속성 그래프 모델들과 비교하는 것과 의미가 같다. 영상 검색은 (1)부품의 속성과 관계 수치를 표준화 하고 (2)속성 관계 그래프 사이의 거리를 연산함으로써 이루어진다. 표준화 된 데이터베이스의 속성 관계 그래프 모델과 질의 영상의 속성 관계 그래프 모델을 순차적으로 비교한 후 정렬을 한다. 그림 3은 주어진 질의 영상에 대해 검색된 영상을 보이고 있다.

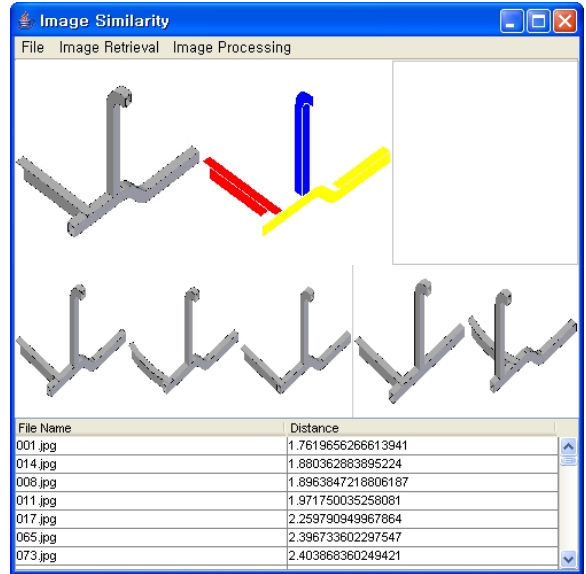


그림 3 영상검색 결과

3.4 제품 설계 정보 브라우징

유사 검색을 통하여 얻어진 속성 관계 그래프는 미리 구축된 제품 설계정보와 연결되어 브라우징 된다. 본 논문에서 제품 설계 정보는 조립체 모델과 관계 속성 그래프, 부품모델, 그리고 XML 기반의 부품 특징 정보 파일로 구성되어 있다. 그림 4는 검색된 영상의 설계 정보를 보인다.

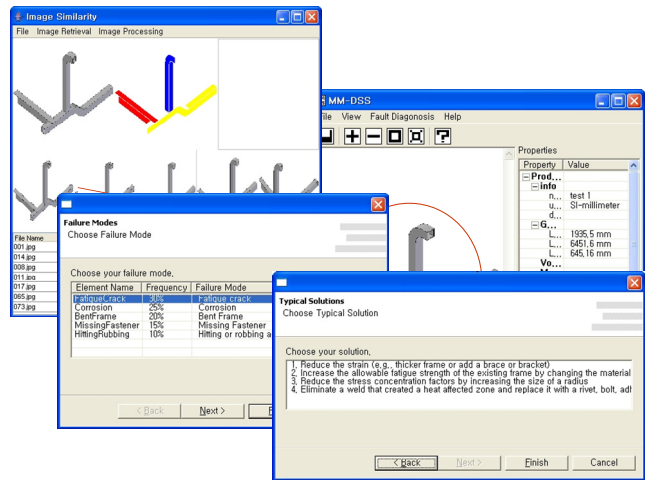
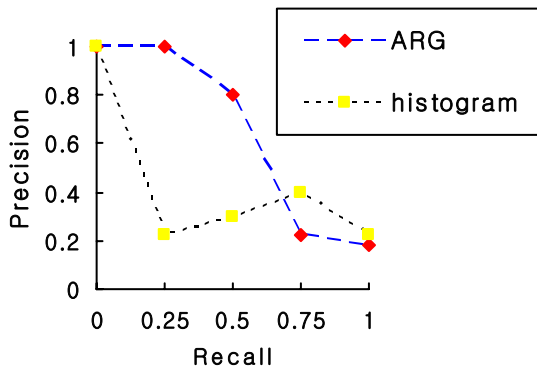


그림 4 설계 정보 브라우징

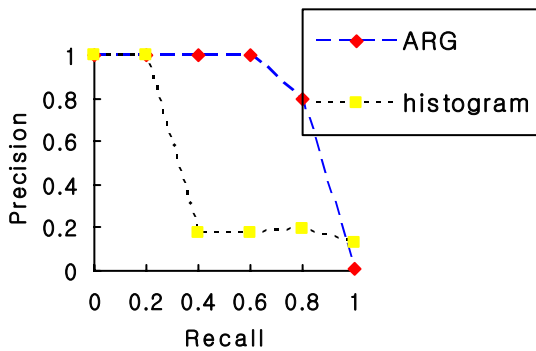
4. 실험 결과

성능 평가는 127 개의 제품 영상과 11 개의 질의 영상에 대해 두가지 측면에서 수행되었다. (1) 검색된 k 개의 영상에서 Recall 의 비율 변화를 주어 그에 대응하는 Precision 을 비교 한다. (2) 127 개 순위화된 결과에서 상위 5%만을 선택하여 Precision/Recall 을 비교한다. 그림 5의 (a), (b)의 결과는 각각의 정답영상에 대한 Recall 을 변화를

주어 Precision 의 변화를 관찰한 결과의 예이다. 이 결과에서 Recall 이 높으면서 Precision 이 높다는 것은, 검색된 영상의 상위 랭킹 중에는 질의영상에 대한 정답 영상이 많이 포함되어 있다는 것을 반영한다. 표 1 은 127 개의 영상에 대해서 검색된 영상중 상위 5%에 대한 Precision/Recall 과 F-Major 이다. 위의 실험 결과와 같이 본 논문에서 제안한 검색 방법은 기존의 히스토그램 방법 보다 F-Major 에서 13.43%의 성능 향상을 보이고 있다.



(a) 질의 영상 25 pin 의 Precision/Recall



(b) 질의영상 60 Flywheel Pivot Pin 의 Precision/recall

그림 5 Recall 에 따른 Precision 변화 결과

표 1 실험결과

	Precision	Recall	F-Major
속성 관계 그래프	44.77	72.88	57.71
Histogram	36.66	55.93	44.28

5. 향후 연구

본 논문에서는 분산된 협동적 제품 생산 과정에서 제품 설계 정보 재사용을 위해 제품 영상 검색 시스템을 제안했다. 지금까지 연구된 제품 영상 검색 시스템과 다르게 멀티미디어 기기에서 획득된 영상을 이용하였고, 히스토그램을 이용한 방법에 비해 13.43%의 성능 향상을 보였다. 향후 연구로는 제품의 개발 시간을 단축하면서 고객의 요구가 반영되는 제품을 개발하기 위해 멀티미디어 데이터와 의사

결정 지원 시스템이 통합된 협동적 환경의 적응형 멀티미디어 기반 의사 결정 지원 시스템에 대한 연구를 수행하고자 한다.

6. 관련 논문

[1] Barry Florida-James, Nick Rossiter, Kuo-Ming Chao, "An agent system for collaborative version control in engineering," Integrated Manufacturing Systems, vol. 11, no. 4, 2000, pp. 258-266.

[2] Ullman DG., "The mechanical design process," 2nd ed. New York, McGraw-Hill, 1997.

[3] Natraj Iyer, Subramaniam Jayanti, Kuiyang Lou, Yagnanarayanan Kalyanaraman, Karthik Ramani, "Shape-based searching for product lifecycle applications," Computer-Aided Design 37(2005) , pp.1435-1446.

[4] Elad M., Tal A., Ar S., "Content based retrieval of VRML objects an iterative and interactive approach," Eurographics multimedia workshop, 2001. pp. 97-108.

[5] Kazhdan M., Funkhouser T., Rusinkiewicz S. Rotation invariant, "spherical harmonic representation of 3D shape descriptors," Proceedings of ACM/eurographics symposium on geometry processing, 2003. pp. 167-75.

[6] Vranic D., Saupe D., Richter J., "Tools for 3D object retrieval: Karhunen-Loeve transform and spherical harmonics," Proceedings of IEEE 2001 workshop on multimedia signal processing, 2001. pp. 293-8.

[7] Osada R., Funkhouser T., Chazelle C., Dobkin D., "Shape distributions," ACM Trans Graph 2002, 21, pp:807-32.

[8] Ankerst M., Kastenmueller G., Kriegel H-P., Seidl T., "3D shape histograms for similarity search and classification in spatial databases," Proceedings of sixth symposium on large spatial databases, 1999. pp. 207-26.

[9] El-Mehalawi M., Miller R., "A database system of mechanical components based on geometric and topological similarity," Part II: indexing, retrieval, matching, and similarity assessment. Comput Aided Des 2003, 35, pp:95-105.

[10] Cyr CM, Kimia B. "3D object recognition using shape similarity-based aspect graph," Proceedings of ICCV '01, 2001. pp. 254-61.

[11] 이형재, 김용일, 양형정, "제품 설계 정보와 영상 데이터의 병합을 위한 에지 기반 라벨링에 의한 영상분할," 정보처리학회 추계학술발표논문집(상), 제 12권, 제 2 호, 2005. 11.