

웹 기반의 상품 검색 시스템에 대한 최근 연구 동향

A Review of Recent Research in the System for Retrieving Image Based on Web

김선영

Kim SeonYeong

부산대학교 컴퓨터공학과

s.y.kim@pusan.ac.kr

ABSTRACT

현재 쇼핑몰에서 상품을 비교 검색할 때 사용하는 방법은 텍스트로 입력된 상품의 정보를 기반으로 속성별 분류를 통해 사용자에게 보여주는 방식이 일반적이다. 이 방법은 키워드 기반의 이미지 검색 기술로써, 상품에 대한 지식이 부족할 경우 모든 분류의 상품을 직접 확인해야 하고, 검색 시 이미지의 키워드를 정확하게 맞추기가 어려워 상품 검색에 많은 어려움이 따른다. 이에 대한 새로운 방법으로 이미지의 특징 벡터를 기반으로 검색하는 내용 기반 이미지 검색(content-based retrieval) 기술을 사용할 수 있다. 이 방법은 데이터의 용량이 커지고 전처리 과정을 위한 비용도 크기 때문에 대용량 이미지 검색에 한계가 있으며, 기술적인 한계로 인해 만족할 만한 검색 결과를 얻지 못하고 있다. 앞서 언급한 두 가지 방식을 혼합하여 이미지 속성정보를 활용해 내용 기반 이미지 검색을 수행하는 기술도 연구되었다. 그러나 이러한 검색 방법을 지원하는 시스템도 사용자의 다양한 질의어를 적절하게 해석하여 결과를 나타내기가 어렵고, 타 시스템과의 통합이나 교환시 문제가 발생할 수 있는 여지가 있다. 본 보고서에서는 웹 기반 상품 검색 시스템에 대한 최근 연구 동향을 조사하고 각 시스템의 특징의 장단점을 알아본 후, 추후 연구방향을 제시하고자 한다.

KEYWORDS Keyword-based Image Retrieval, Content-based Image Retrieval

1 서론

현재 쇼핑몰에서 상품을 비교 검색할 때는 텍스트로 입력된 상품의 속성 정보를 기반으로 속성 별 분류 및 검색을 수행하여 서비스하는 방식이 일반적이다. 이 방법은 키워드 기반의 이미지 검색 기술로써, 상품에 대한 지식이 부족할 경우 모든 분류의 상품을 직접 확인해야 하고, 검색 시 이미지의 키워드를 정확하게 맞추기가 어려워 상품 검색에 많은 어려움이 따른다. 이러한 문제를 해결하기 위해 내용 기반 이미지 검색(content-based retrieval) 기술이 연구되고 있다. 내용 기반 이미지 검색이란 이미지 자체에서 얻을 수 있는 정보 즉, 형태, 질감, 색상 등의 특징 벡터를 기반으로 검색하는 기술이다. 이 과정에서 이미지 검색을 지원하기 위해 이미지 이미지 특징 벡터를 자동으로 추출하여 저장하는데, 시스템의

성능과 검색 시간을 고려하여 전처리 과정을 거쳐 데이터를 추출한다. 이렇게 추출한 데이터의 용량이 상당히 크고 전처리 과정의 비용도 크므로 대용량 이미지 검색에는 한계가 있다[1]. 내용기반 이미지 검색 시스템에는 QBic[2], Safe[3], VisualSEEK[4], Photobook[5], WBIIS[6], SIMPLIcity[7], Blobworld[8] 등이 개발되어 있다. 앞서 언급한 두 이미지 검색 방식을 혼용하여 검색의 효율성을 증가시키는, 이미지 속성정보를 활용한 내용 기반 이미지 검색을 수행하는 기술이 연구되고 있다. 본 보고서에서는 편의상 이 방법을 하이브리드 방법이라고 부르겠다. 이 방법은 이미지 자체의 특징만으로도 검색이 되고 자연어로 표현하는 이미지의 의미정보를 추가함으로써 사용자에게 친숙한 질의를 제공할 수 있다.

본 보고서에서는 이미지 검색 기술 중 근래에 상대적으로 이미지 기반의 방법에 비해 사용 빈도가 낮은 키워드 기반 이미지 검색 기술을 제외하고, 가장 활발히 연구되고 있는 내용 기반 이미지 검색 방식을 연구한 사례 2가지, 시맨틱 웹에 이미지 검색을 이용한 방식과 키워드 정보를 포함한 내용기반 이미지 검색 방식을 연구한 사례를 조사하였다.

2 내용 기반 이미지 검색 사례

내용 기반 이미지 검색은 이미지 자체의 특징 벡터들을 사용하여 검색하는 방법이다. 이미지 특징 벡터로는 형태, 질감, 색상 등의 정보가 있다. 이렇게 이미지 자체의 자질들을 이용하여 검색하므로 텍스트 기반 이미지 검색의 객관성 부족과 모든 이미지에 사람이 주석을 달아야 하는 단점을 보완할 수 있는 이미지 검색 방법으로 많은 연구[9]가 이루어지고 있는데, 본 보고서에서는 색상 정보를 이용해 검색의 성능을 향상 시킨 사례를 조사하였다.

2.1 내용 기반 이미지 검색을 위한 개선된 SIM 방법

내용 기반 이미지 검색에서 사용하는 방식 중 SIM(Self-organizing Image browsing Map) 방식은 SOM 알고리즘을 이용하여 이미지들을 브라우징 가능한 그룹으로 맵핑하고 그 결과를 바탕으로 이미지를 검색한다. 이 방식의 문제점은 이미지의 밝기, 피사체의 움직임 등에 의하여 색상 정보가 다르게 나타나면 학습이 제대로 되지 않는다는 점인데, 이를 위해 HSV 색상 모델을 이용할 수 있다. 그림 1은 "내용 기반 이미지 검색을 위한 개선된 SIM 방법" 논문에서 제안한 이미지 검색 방법이다. 이 시스템의 방법은 다음과 같다. 우선 입력한 질의 이미지의 특징 벡터인 질감 정보와 색상 정보를 추출한다. 이때 SIM 방식의 문제점인 유사 이미지가 따로 맵핑되어 적합 이미지 검색률이 낮아지는 것을 줄이기 위하여 SOM을 두 개의 층으로 구성하고, 이 알고리즘을 적용하여 유사 이미지를 검색한다. 이 방법은 기존 SOM 알고리즘보다 적합 이미지에 대한 검색률은 개선되었으나, 서로 다른 이미지가 비슷한 색상을 가지면 여전히 재분류되지 않는다는 문제점이 있다[9].

2.2 대표 색상 정보를 이용한 영역 기반 이미지 검색 시스템의 설계 및 구현

이미지의 특징 벡터 중 색상 정보를 이용한 또 다른 연구 사례로, 이미지의 영역별 유사도 검사를 통해 내용 기반 이미지 검색을 시도한 방법이 있다. 색상을 이용한 이미지 검색 방법 중 색상 히스토그램을 이용한 검색 방법은 공간적인 상호관계를 적절히 표현하지 못한다는 단점이 있다. 이를 보완하여 "대표 색상 정보를 이용한 영역 기반 이미지 검색 시스템의 설계 및 구현" 논문에서는 이미지에 나타나는 주



그림 1. (a) 기존의 내용 기반 이미지 검색에서 사용되는 방법으로 이미지를 검색한 결과. 이미지의 밝기와 피사체의 움직임 등에 의하여 색상 정보가 다르게 나타나면 이미지들이 같은 그룹으로 나뉘지 않아 검색 결과 성능이 떨어진다. (b) 논문에서 제안한 방법으로 이미지를 검색한 결과. (a)에 비해 피사체의 움직임, 이미지의 밝기가 변하여도 유사한 이미지들이 같은 그룹으로 나뉘어 검색률이 향상된 것을 확인할 수 있다.

요 색상 및 불변 모멘트 값과 이미지 중앙을 중심으로 한 영역별 유사도 검사를 통해 내용 기반 이미지 검색을 시도한다. 유사도 검사 단계는 총 세 가지로 나누어 진행하는데 이미지의 영역별로 가중치를 부여한 대표색상을 추출하여 유사하지 않은 이미지를 검색 대상에서 제외하는 방법, 이미지를 균등한 셀로 나누어 각 셀의 중심에서 영역을 확장해나가며 유사 이미지 검색을 수행하는 방법, 이미지의 회전, 이동, 크기 변화에 변하지 않는 7개 값인 불변모멘트를 사용하여 영역별 검사에서 제외된 유사 이미지를 재검사하는 방법이 그것이다. 이 시스템으로 1만 개의 이미지 데이터베이스에서 검색을 수행한 결과 질의 이미지와 유사한 이미지가 검색결과로 도출된 정도인 재현율은 0.68, 검색된 이미지에서 실제 질의 이미지와 유사한 이미지가 포함된 정도인 정확도는 0.34 정도임을 확인하여, 유사한 이미지 검색에 좋은 성능을 보임을 확인할 수 있었다.[10].

3 시맨틱 웹 기반의 이미지 검색 사례

시맨틱 웹 기반에서 이미지 검색을 제안하는 시스템도 연구되고 있다. 논문 "시맨틱 웹 기반의 이미지 검색을 이용한 비교 쇼핑 시스템"에서는 상품 이미지들을 온톨로지(Ontology) 기반으로 주석(annotation) 처리한 후, 이 이미지들을 통해 쇼핑물을 구축하는 시스템을 제안하였다[1]. 이 시스템은 그림 2 와 같이 온톨로지 기반의 템플릿을 제공하는 annotation 도구를 구현하여, 이미지에 주석을 달았다.



그림 2. "시맨틱 웹 기반의 이미지 검색을 이용한 비교 쇼핑 시스템"에서 제안하는 방법인 이미지에 주석을 달기 위해, 온톨로지 기반의 템플릿을 제공하는 annotation 도구의 모습. 디자인 정보, 이미지 속성에 대한 정보를 입력하게 되어 있다. 위 그림에서는 디자인 정보로 목, 목_오른쪽어깨 등이 표현되어 있으며, 이미지 속성으로 상품명, 상품가격, 상품소재 등을 입력할 수 있다. 그림과 같은 인터페이스로 이미지를 드래그 앤 드롭을 하거나 이미지의 주소를 직접 입력할 수 있게 되어 있으며 이를 통해 질의를 할 수 있다.

사용자는 추가 속성 값을 선택함으로써 자신이 질의로 입력한 이미지와 유사한 상품을 검색할 수

있다. 사용자의 질의에 만족하는 검색 결과는 그림 3 과 같이 나타난다.



그림 3. 디자인이 유사한 상품을 검색한 결과. 사용자는 질의 이미지를 입력하고 추가로 '버튼 여밈', '로고' 속성을 선택하였다. 해당 논문에서는 속성 값 중에서 사용자가 선택한 속성 값을 갖는 상품이 검색된 것을 유사한 이미지가 검색되었다고 정의하므로, 실제 질의어를 입력하여 검색한 결과가 나타난 것으로 볼 수 있다.

사용자가 질의 이미지를 입력하고 '버튼 여밈', '로고' 속성을 선택한 후 검색한 결과, 질의 이미지와 동일한 이미지, 추가로 선택한 속성을 만족하는 이미지가 함께 나타났다. 이는 실제로 질의어를 입력하여 검색한 결과와 같다고 볼 수 있을 것이다. 해당 시스템의 성능을 측정하기 위해 실제 쇼핑몰에서 니트 상품 이미지 300개를 수집하고, 각 상품들의 상품정보와 디자인 정보를 기반으로 의류 온톨로지를 구축한 후, 이를 이용해 이미지에 주석을 달았다. 시스템의 성능을 평가하기 위해 성능 평가 요소에서 반비례 관계인 재현율과 정확도를 통합한 방식인 F1-measure 측정식으로 성능을 평가하였다. 비교 대상 시스템은 텍스트 기반의 상품 검색방식인 Froogle[11], 시맨틱 웹 기반으로 구축된 비교 쇼핑 시스템으로 성능 평가 결과, 디자인이 동일하거나 유사한 상품에 대해 Froogle 보다 평균 4.5%, 시맨틱 웹 기반 쇼핑 시스템보다 평균 20% 더 나은 결과를 보임으로써 이미지 검색에 우수한 성능을 보임을 알 수 있었다. 하지만 주석달기 과정 중 이미지 특징의 내용이 난해하여 의미 주석달기를 정확하게 없을 경우, 검색의 성능이 떨어지는 문제점이 있었다[1].

4 키워드 검색 방식과 내용 기반 이미지 검색 방식을 혼합한 사례

종래의 키워드 기반 검색 방식은 사용자가 입력하는 질의어가 자연어이므로, 이미지에 입력하는 텍스트 속성과 정확히 일치해야만 검색 결과로 나타나기 때문에 이미지의 특징 벡터들로는 검색이 매우 어렵다는 단점이 있다. 현재 이미지 검색에 관련된 대부분의 연구들은 내용 기반 이미지 검색을 위주로 연구가 진행되고 있는데, 여러 가지 기술적 한계로 인하여 만족할 만한 검색 결과를 얻지 못하고 있다[12]. 이러한 문제때문에 최근에는 내용기반 이미지 검색과 키워드 검색 방식을 혼용한 방식이 대두되고 있다. 본 보고서에서는 내용 기반 이미지 검색과 키워드 검색 방식을 혼용한 방식을 편의상 하이브리드 방식으로 부르겠다. 하이브리드 방식은 이미지 내에 텍스트로 속성을 부여하고, 이미지 내의 속성 정보들을 키워드화 하여 검색에 활용하는 방법으로 검색의 효율성을 높일 수 있다.

”내용기반 이미지 검색에 있어 이미지 속성정보를 활용한 검색 효율성 향상” 논문에서는 질의어 생성을 위한 사용자 인터페이스용 시물레이션을 하이브리드 검색 방식에 적용하여 이미지 검색의 성능을 더 높이고자 하였다.



그림 4. 논문에서 사용한 시물레이션을 이용한 이미지 속성 검색 모습. (a)는 주어진 다양한 형태의 옷 형태를 바탕으로 색상과 질감을 바꿀 수 있으며 이것으로 이미지 검색을 시도한다. (b) (a)를 선택했을 때 가상의 캐릭터에 옷 정보를 시물레이션 한 모습. 캐릭터가 입은 모습을 보면서 실제 착용 모습을 연상할 수 있다. (c) (a)로 검색한 이미지의 실제모습. 이미지들은 이베이 사이트에 올라온 실제 이미지로 사용자가 검색한 이미지와 유사한 것으로 여겨지는 이미지들을 나타내었다.

그림 4는 해당 논문에서 사용한 사용자 인터페이스인 시물레이션 프로그램을 이용한 이미지 속성 검색의 모습이다. 좌측에 이미지를 가공하기 위해서 제시된 의상, 실루엣, 무늬, 색상등을 나타내었고, 사용자는 이러한 요소들을 사용하여 중앙의 코디네이션 이미지를 생성하며, 이중 외투에 해당하는 상품의 검색요청에 대응하여 우측과 같은 유사한 외투들이 검색결과로써 도출되었다. 중앙의 외투 이미지에서 보이는 바와 같이 이 의상 이미지는 청색 계열 민무늬의 여성용 외투라는 키워드를 가질 수 있다. 이러한 키워드들의 조합이 검색 키워드가 된다[12].

5 웹 기반의 상품 검색 시스템의 개선점

지금까지 조사한 이미지 검색 방법은 크게 세 가지로 나뉜다. 각 방법의 장단점은 표 1과 같다. 먼저 텍스트 기반의 검색 방법은 현재 쇼핑몰에서 사용하고 있는 방식으로 판매자가 입력한 상품의 정보와 구매자가 입력한 검색어가 일치할 경우 매우 빠르고 정확한 검색 결과를 보인다. 그러나 이 방법은 상품에 대한 정확한 정보를 알지 못할 경우 이미지의 특징 만으로 검색할 수 없기 때문에 이미지 검색에 적합하지 않다. 내용 기반 이미지 검색 방법은 여러가지 조건에 따른 연구 결과가 나타나있다. 본

보고서에서 조사한 방법은 색상 정보에 따른 검색 결과를 나타내는 것으로, 질의 이미지를 입력했을 때 더 나은 검색결과를 보이기 위해서 어떤 방법으로 그룹화 할 것인지에 대한 연구들이었고, 많은 연구들이 이미지의 특정 속성, 즉 형태, 질감, 색상 등 한 가지 속성에 초점을 맞추어 검색 결과를 향상하고자 하였다. 그러나 내용 기반 이미지 검색 방식은 질의 이미지가 존재하지 않을 경우 검색 자체가 불가능 하기 때문에 상품 검색에는 적합하지 않다고 볼 수 있다. 내용 기반 이미지 방식에서 이미지에 텍스트로 주석을 부여한 방법이 하이브리드 방법이다. 웹 서비스를 실제로 지원하는 방법들은 대부분이 하이브리드 방식을 채택하고 있다. 이미지에 주석을 달기 위해서 여러가지 방법이 사용되고 있으나, 본 보고서에서 조사한 하이브리드 방식은 온톨로지를 이용하여 의미 주석을 달았다. 이 방법은 이미지에 주석을 어떻게 다느냐에 따라서 검색의 성능이 좌우되기 때문에 정확한 주석을 다는 것이 매우 중요하고, 이 때문에 대부분의 하이브리드 시스템은 전문가가 주석을 다는 것을 전제로 한다. 이는 온라인 쇼핑몰에서 판매자의 범위를 극도로 제한할 수 밖에 없고, 이 시스템을 사용하고자 하는 판매자의 경우 전문가 비용을 추가로 부담해야 한다는 단점이 있다.

	내용 기반	텍스트 기반	하이브리드	제안하는 방법
장점	이미지 자체의 정보만으로 검색 가능	상품의 정보가 검색어와 일치할 때 검색이 빠르고 정확	이미지에 텍스트 주석을 담으로써 검색의 효율성을 높임	이미지에 텍스트 주석을 담으로써 검색의 효율성을 높임, 질의어가 완벽하지 않더라도 유사한 이미지를 검색할 수 있음
단점	질의 이미지가 존재하지 않으면 검색을 할 수 없음	검색어와 상품의 단어가 정확하게 일치하지 않으면 검색의 성능이 매우 떨어짐	이미지에 주석 처리가 제대로 되어있지 않거나, 의미가 같더라도 단어가 다르면 검색의 성능이 떨어짐, 주석처리를 위한 전문가를 추가로 고용해야 할 필요가 있음	구현을 하지 않아 검증이 안됨

표 1. 이미지 검색 방법의 장단점

본 보고서에서는 여러가지 이미지 검색 방식의 단점을 보완하여 새로운 방법을 제안하고자 한다. 제안하는 방법은 기본 골자를 하이브리드 방법에 두고, 검색 과정을 달리 하고 검색 결과 배치를 효과적으로 함으로써 사용자가 느끼는 검색 성능을 향상하는 방식이다. 먼저 이미지에 텍스트 기반의 주석을 달되, 하이브리드 방법과 같이 꼭 전문가가 주석을 달지 않아도 되나, 전문가가 주석을 달 경우 검색 결과가 더 높을 것으로 기대한다. 핵심 아이디어는 상품의 정보를 엮어서열로 나타내어 alignment 비교를 하고, 이 결과를 바탕으로 유사한 이미지들을 검출하는 것이다. 그래서 유사 이미지들을 순서대

로 검색결과로 띄우는 것이 아니라 검색 결과의 정확도가 가장 높은 이미지를 중심으로, 그 이미지와 특정 속성만 다른 상품들을 주위에 배열하는 방법을 사용한다. 그러면 또 주위 이미지들이 각각 중심이 되어 유사한 이미지들을 배열하는, 즉 나뭇가지 모양으로 이미지 검색 결과가 배열된다. 이 나뭇가지의 수와 이미지 노드의 수는 사용자가 원하는 대로 조절할 수 있도록 한다. 이 방법은 질의 이미지 없이도 질의어만으로 검색을 할 수 있기 때문에 이미지에 큰 차이가 없는 노트북과 같은 상품의 경우에도 적용이 가능하며, 상품 별 비교 분석 및 유사 상품 검색을 효과적으로 한 번에 확인할 수 있으므로 온라인 쇼핑몰에 적합하다.

6 결론 및 추후 연구

본 보고서에서는 웹 기반의 상품 검색 시스템에 대한 최근 연구 동향에 대해 살펴보았다. 이미지 검색 방법은 크게 세 가지 형태로 연구가 진행되고 있다. 키워드 기반 이미지 검색, 내용 기반 이미지 검색, 키워드를 활용한 내용 기반 이미지 검색이 그것이다. 현재 쇼핑몰에서 상품을 비교 검색하기 위해 사용하는 일반적인 방법은 키워드 기반의 이미지 검색 방법이다. 이 방법은 이미지의 자체의 정보인 형태, 색상, 질감 등의 특징을 검색하기가 어려워 시스템의 효용성이 떨어진다는 단점이 있다. 내용 기반 이미지 검색 방법은 이미지의 특징 벡터들을 이용하여 검색하므로 모든 이미지에 사람이 직접 주석을 달아야 하는 단점을 보완할 수 있으나 기술적 한계로 인하여 만족할 만한 검색결과를 얻지 못하고 있다. 두 가지 방식을 혼용하여 이미지 속성정보를 활용한 내용기반 이미지 검색 방식은 이미지 내의 속성정보들을 키워드화 하여 검색에 활용함으로써 유사 이미지를 빠르게 검색할 수 있다. 키워드 검색 방식은 근래에 거의 사용되지 않고 있으나, 시맨틱 웹의 부상과 함께 기존의 단순한 키워드를 대신하여 의미정보로 주석 처리를 하면서 연구가 진행되고 있다. 이미지 검색 방식은 CPU, GPU 등의 컴퓨터 부품, 자동차 등과 같이 상품의 핵심 정보가 이미지와 관련이 없는 경우 적용이 불가능하고, 또한 대부분의 경우 복잡한 이미지 프로세싱 과정을 거쳐야 하므로 연산 시간이 오래 걸려 다수의 사용자가 동시에 사용하는 쇼핑몰의 특성 상 적용이 어렵다는 단점이 있다. 따라서 연산 시간이 적고 이미지와 관련이 없는 상품의 경우에도 적용이 가능하며, 상품 별 비교 분석 및 유사 상품 검색과 관리를 용이하게 할 수 있는 방법에 대하여 연구하고자 한다. 추후 연구에서는 우선 상품에 적용할 수 있는 유전자 서열과 비슷한 형태의 자료 구조를 생성하여 상품의 일반적이거나 특수적인 정보를 효과적으로 담을 수 있는 방법을 찾을 계획이다.

참고 문헌

1. 이기성, 김홍남, 유영훈, and 조근식, “시맨틱 웹 기반의 이미지 검색을 이용한 비교 쇼핑 시스템,” *Journal of Korea Intelligent Information Systems Society*, vol. 11, no. 2, pp. 1–15, 2005.
2. W. Niblack, R. Barber, W. Equitz, M. Flickner, E. Glasman, D. Petkovic, P. Yanker, and C. Faloutsos, “The QBIC Project: Querying images by content using color, texture, and shape,” in *Proc. of SPIE Storage and Retrieval for Image and Video Database*, 1993, pp. 173–187.
3. J.R. Smith and Shih-Fu Chang, “SaFe: a general framework for integrated spatial and feature image search,” in *Proc. of IEEE 1st Workshop on Multimedia Signal Processing*, 1997, pp. 301–306.

4. John R. Smith and Shih-Fu Chang, "VisualSEEK: a fully automated content-based image query system," in *Proc. of the 4th ACM international conference on Multimedia, International Multimedia Conference*. 1997, pp. 87–98, ACM.
5. A. Pentland, R. W. Picard, and S. Sclaroff, "Photobook: tools for content-based manipulation of image databases," in *Proc. of SPIE Storage and Retrieval Image and Video Databases II*. 1994, vol. 2185, pp. 34–47, San Jose.
6. J. Z. Wang, G. Wiederhold, O. Firschein, and X. W. Sha, "Content-based image indexing and searching using daubechies' wavelets," *International Journal of Digital Libraries*, vol. 1, no. 4, pp. 311–328, 1998.
7. Jia Li, James Z. Wang, and Gio Wiederhold, "IRM: integrated region matching for image retrieval," in *Proc. of the 8th ACM international conference on Multimedia, International Multimedia Conference*. 2000, pp. 147–156, ACM.
8. C. Carson, M. Thomas, S. Belongie, J. M. Hellerstein, and J. Malik, "Blobworld: a system for region-based image indexing and retrieval," in *Proc. of the 3rd International Conference on Visual Information Systems*. 1999, Springer.
9. 김광백, "내용 기반 이미지 검색을 위한 개선된 SIM 방법," *Journal of Korea Intelligent Information Systems Society*, vol. 15, no. 2, pp. 49–59, 2009.
10. 김목력 and 박영호, "대표 색상 정보를 이용한 영역 기반 이미지 검색 시스템의 설계 및 구현," in *Proc. of Spring Collected Papers of the Korean Institute of Information Technology*. 2008, pp. 462–467, Korean Institute of Information Technology.
11. Google, "froogle," <http://www.google.com/froogle/>.
12. 모영일 and 이철규, "내용기반 이미지 검색에 있어 이미지 속성 정보를 활용한 검색 효율성 향상," *Journal of Korea Society for Simulation*, vol. 18, no. 2, pp. 39–48, 2009.