

적합성 피드백을 적용한 효율적인 자동 이미지 키워드 연결

송지영 김우철 김승우 박상현

연세대학교 컴퓨터과학과

{jysong, twelvepp, swkim, sanghyun}@cs.yonsei.ac.kr

Efficient Automatic Image Annotation with Relevance Feedback

JiYoung Song, WooCheol Kim, SeungWoo Kim, Sanghyun Park

Department of Computer Science, Yonsei University

요 약

디지털 이미지의 양이 증가함에 따라 원하는 이미지를 정확하고 빠르게 찾을 수 있는 방법의 필요성이 증가하고 있다. 이미지 검색 방법으로는 이미지의 색상이나 명암과 같은 시각적 특성을 검색 조건으로 이용하는 내용 기반 검색과 이미지를 설명하는 키워드를 검색 조건으로 이용하는 키워드 기반 검색이 있다. 하지만 이러한 방법만으로는 사용자가 원하는 이미지를 정확하게 찾기 힘들다는 문제점이 제기되어 왔다. 따라서 최근에는 검색 도중 사용자의 응답을 받아 사용자의 요구를 파악함으로써 향상된 검색 결과를 제공하는 적합성 피드백에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 하지만 적합성 피드백을 이용하는 방법들도 원하는 결과를 얻기 위해서는 여러 번의 피드백을 필요로 하고 질의 수행이 완료된 후에는 얻어진 피드백 정보를 재사용하지 못한다는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 이미지에 키워드를 연결한 후 사용자의 피드백 정보를 반영하여 키워드의 신뢰도를 조절함으로써 키워드 기반 이미지 검색의 정확도를 높일 수 있는 모델을 제안한다. 제안된 모델에서는 사용자로부터 피드백을 받은 이미지뿐만 아니라 긍정적 피드백을 받은 이미지들이 공통적으로 가지는 시각적 특성과 유사한 시각적 특성을 가지는 다른 이미지들까지도 키워드의 신뢰도를 조절함으로써 좀 더 빠른 시간 내에 검색 결과의 정확도를 높이도록 한다.

1. 서론

현재 인터넷에서 사용되는 정보는 텍스트 기반에서 이미지, 오디오 등을 이용한 멀티미디어 기반으로 점차 확장되고 있다. 특히 디지털 카메라, 스캐너와 같이 아날로그 데이터를 디지털로 변환할 수 있는 장치의 발달과 인터넷 대역폭의 증가는 인터넷에 포함된 멀티미디어 정보의 증가를 더욱 가속화 시키고 있다. 따라서 텍스트 검색을 위주로 하던 기존의 인터넷 검색 시스템들은 이미지, 음악, 비디오 등의 멀티미디어 정보까지도 검색할 수 있도록 검색 엔진을 확장하려 하고 있다. 특히 여러 멀티미디어 정보 중에서 가장 많은 부분을 차지하고 있는 이미지 정보에 대한 효과적인 검색 기술이 요구되고 있으며, 이에 대한 많은 연구들이 진행되고 있다.

기존의 이미지 검색 기술의 대부분은 이미지를 저장하는 파일의 이름이나 이미지의 내용을 표현하는 키워드를 검색 조건으로 사용하는 키워드 기반의 검색(Keyword-based search) 방법을 사용한다. 그러나 키워드 기반의 검색 방법은 이미지에 키워드가 연결되어 있지 않거나 이미지에 연결된 키워드가 해당 이미지를 제대로 표현하지 못한다면 검색 결과의 정확도가 매우 낮다는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 각 이미지의 키워드를 사람이 직접 입력할 수도 있지만 이미지 수의 증가 속도를 고려한다면 이는 좋은 해결책이 될 수 없다.

이미지 검색을 위한 다른 방법으로 이미지의 색상 분포나 명암 같은 시각적 특징을 검색 조건으로 사용하는 내용 기반의 검색(Content-based search)이 있다. 그러나 이 방법은 컴퓨터에 의해서 계산되는 시각적 특징이 사람이 인지하는 시각적 특징과 다를 수 있다는 단점을 가지고 있다[2,15]. 또한, 검색 조건으로서 이미지를 제시해야 하기 때문에 텍스트 기반의 검색 엔진에 익숙한 사용자가 사용

하기 어렵다는 단점도 가지고 있다.

결국 내용 기반 검색 방법과 키워드 기반 검색 방법 모두 만족할 만한 검색의 정확도를 제공하지 못한다는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 이미지 검색에 적합성 피드백(Relevance feedback)을 적용하는 연구가 최근 많이 진행되고 있다. 적합성 피드백이란 초기 검색 결과의 정확도를 사용자에게 평가받아 사용자가 원하는 데이터의 특성을 파악하여 좀 더 정확한 검색 결과를 제공해 주는 방법이다[12,13].

적합성 피드백을 내용 기반 검색에 적용하는 기존의 연구들은 검색 결과 중 사용자가 긍정적 이미지(Positive image)로 선택한 것들의 공통적인 시각적 특징을 이용해 이미지의 유사성을 비교함으로써 검색 결과의 정확도를 향상시킨다. 그러나 원하는 검색 결과를 얻기 위해서는 피드백 과정을 여러 번 반복해야 하며, 질의 수행이 완료된 후에는 이렇게 얻어진 피드백 정보를 재사용하지 못한다는 단점이 있다[12,13].

적합성 피드백을 키워드 기반 검색에 적용하는 기존의 연구들은 피드백 정보를 이용하여 이미지와 키워드 간 연결의 신뢰도(Confidence)를 자동적으로 조정함으로써 검색 결과의 정확도를 향상시킨다. 즉, 긍정적 이미지에 연결된 키워드의 신뢰도는 높이고 부정적 이미지(Negative image)에 연결된 키워드의 신뢰도는 낮춤으로써, 피드백이 반복됨에 따라 키워드가 이미지를 좀 더 정확하게 표현하도록 하는 방식을 사용한다[1,11,14]. 그러나 이 방식에서는 피드백을 받은 이미지에 대해서만 키워드의 신뢰도를 조정하기 때문에 전체 이미지의 키워드를 올바르게 조정하기 위해서는 많은 시간이 소요된다는 단점이 있다.

본 논문에서는 적합성 피드백을 키워드 기반 검색에 적

용할 때 발생하는 문제점을 해결하는 방안을 제안한다. 본 논문에서 제안한 방안은 기존의 키워드 기반 검색 방법에 내용 기반 검색 방법을 결합한 형태로서 피드백을 받은 이미지들의 키워드뿐 아니라 긍정적 피드백을 받은 이미지들을 구분하는데 사용된 시각적 특성과 유사한 시각적 특성을 갖는 다른 이미지들의 키워드까지도 신뢰도 조정의 대상이 되도록 한다. 이를 통해 적은 피드백으로도 많은 이미지의 키워드 신뢰도를 조정할 수 있게 되므로, 궁극적으로는 좀 더 빠른 시간 내에 검색 결과의 정확도를 높일 수 있다는 장점을 가지게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 이미지 검색에 대한 기존 연구를 살펴본다. 다음으로 3장에서는 본 논문에서 제안하는 검색 모델을 단계별로 설명하며, 마지막으로 4장에서는 본 논문의 내용을 요약하고 앞으로의 연구 방향을 제시한다.

2. 관련 연구

이미지 검색 방법은 크게 내용 기반 검색과 키워드 기반 검색으로 구분된다. 내용 기반 검색은 이미지로부터 색상, 무늬, 윤곽과 같은 시각적 특징을 추출하여 검색 조건으로 사용한다[2,3,4,5,6,7]. 대표적인 내용 기반 검색 시스템으로 QBIC[3], Virage[7], VisualSEEK[4] 등이 있다. QBIC는 색상, 무늬, 예제 이미지, 스케치 등을 질의로 사용하여 이미지를 검색하며, 주로 대용량 이미지 데이터베이스나 비디오 데이터베이스에서 사용된다. Virage는 색상 배치, 무늬, 객체의 외곽선 등을 이미지의 시각적 특징으로 사용하며, 얼굴 인식 및 안구 인식과 같은 특정 분야에서도 사용된다. VisualSEEK는 사람이 이미지를 인식할 때 가장 중요하게 사용하는 시각적 특징인 색상들의 상하 및 좌우 위치 관계를 이용하여 이미지를 검색한다.

검색의 정확도를 높이기 위해서 대부분의 내용 기반 검색 시스템들은 여러 개의 시각적 특징을 조합하여 사용하지만, 컴퓨터 프로그램에 의해서 계산되는 시각적 특징이 사람이 인지하는 시각적 특징과 다를 수 있으므로 정확도 향상에는 한계가 있다. 또한, 검색 조건으로서 이미지를 제시해야 하기 때문에 텍스트 기반의 검색 엔진에 익숙한 사용자가 사용하기 어렵다는 단점도 가지고 있다[2].

키워드 기반 검색은 이미지의 내용을 표현하는 키워드를 검색 조건으로 사용한다. 따라서 이미지를 표현하는 키워드의 정확도가 높은 경우에는 검색 결과의 정확도를 보장할 수 있다. 키워드의 정확도를 높이기 위한 가장 좋은 방법은 사람이 직접 이미지의 키워드를 입력하는 것이다. 그러나 이미지 데이터베이스의 크기를 고려한다면 사람이 일일이 이미지의 키워드를 입력한다는 것은 거의 불가능하다. 따라서 자동 키워드 연결에 대한 연구들이 최근 활발하게 진행되고 있다[8,9,10].

Cheng 등은 영역 단위의 클러스터링을 이용하여 새로운 이미지에 자동으로 키워드를 연결하였다[8]. 즉, 새로운 이미지가 주어지면 이미지를 영역 단위로 나눈 후, 각 영역과 가장 유사한 클러스터를 찾아서 그 클러스터에 연결된 키워드를 해당 영역에 할당하는 방법을 사용하였다. Jeon 등은 키워드의 의미적 계층 관계를 이용하여 키워드의 신뢰도를 조정하는 방법을 제안하였다[9]. 예를 들면, 고양이와 강아지는 모두 애완동물이므로, 어떤 이미지에 고양이라는 키워드와 강아지라는 키워드가 모두 연결되어 있다면 그 이미지에 애완동물이라는 키워드를 높은 신뢰도로 연결하였다. Feng 등은 하나의 이미지에 대해서 서로 다른 두 가지 방법을 각각 적용하여 두 개의 키워드 집합을 구한 후, 두 집합에 모두 속한 키워드들은 높은 신뢰도를 할당하고 하나의 집합에만 속한 키워드들은 낮은 신뢰도를 부여하는 방법을 제안하였다[10].

기본적으로 위의 자동 키워드 연결 방법들은 프로그램에 의해 계산되는 시각적 특징의 유사성을 이용하여 키워드를 다른 이미지에 전파(Propagate)하는 방식을 사용한다. 이와 같은 방식을 사용하여 모든 이미지에 키워드를 연결

한 후에는 키워드 기반 검색을 수행할 수 있게 되므로 내용 기반 검색에 비해 검색 속도를 향상시킬 수 있지만 검색의 정확도가 낮다는 문제는 여전히 해결하지 못한다.

따라서 검색의 정확도를 높이기 위해서 이미지 검색에 적합성 피드백을 적용하는 연구[12,13]가 최근 많이 진행되고 있다. 적합성 피드백이란 초기 검색 결과의 정확도를 사용자에게 평가받아 사용자가 원하는 데이터의 특성을 파악하여 좀 더 정확한 검색 결과를 제공해 주는 방법이다. 이러한 적합성 피드백은 내용 기반 검색과 키워드 기반 검색 모두에 적용될 수 있다.

내용 기반 검색에서는 두 가지 방식으로 적합성 피드백을 적용한다. 첫 번째 방식은 사용자의 피드백 정보를 이용하여 긍정적 이미지들과는 비슷하고 부정적 이미지들과는 다르도록 질의 이미지를 수정하는 것이다. 두 번째 방식은 여러 시각적 특징 중 분별력이 높은 것을 찾아서 더 높은 가중치를 부여함으로써 유사도 계산의 과정에서 사용자의 피드백 정보를 반영하는 것이다[12,13,15].

키워드 기반 검색에서는 사용자의 피드백 정보를 이용하여 키워드를 추가 혹은 삭제하거나[14] 키워드의 신뢰도 값을 변경한다[8,11]. 내용 기반 검색과 같이 즉각적으로 향상된 이차 검색 결과를 얻을 수는 없지만 피드백 정보가 누적되면 잘못된 연결된 키워드의 신뢰도는 낮아지고 제대로 연결된 키워드의 신뢰도는 높아지게 된다. 또한 피드백 과정에 의해 이미지로부터 키워드가 제거되기도 하고 새로운 키워드가 추가되기도 한다. 따라서 피드백 정보가 충분히 누적되면 이미지 검색의 정확도가 향상된다. 그러나 이 방식은 사용자로부터 피드백을 받은 이미지에 대해서만 키워드의 신뢰도를 조정하기 때문에 전체적인 검색의 정확도를 높이기 위해서는 많은 피드백 과정이 필요하다 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 적합성 피드백을 키워드 기반 검색에 적용할 때 발생하는 문제점을 해결하기 위하여 피드백을 받은 이미지들의 키워드뿐 아니라 긍정적 피드백을 받은 이미지들을 구분하는데 사용된 시각적 특성과 유사한 시각적 특성을 갖는 다른 이미지들의 키워드까지도 신뢰도 조정의 대상이 되도록 한다. 따라서 제시하는 모델은 기존의 모델보다 좀 더 빠른 시간 내에 검색 결과의 정확도를 높일 수 있다는 장점을 가지게 된다.

3. 제안하는 모델

이번 장에서는 본 논문에서 제안하는 이미지 검색 모델을 설명한다. 먼저 3.1절에서는 검색을 위해 이미지에 부가적으로 저장해야 하는 이미지의 속성에 대해서 정의한다. 3.2절에서는 이러한 이미지 속성의 초기 값을 생성하는 자동 키워드 연결에 대해서 설명한다. 계속해서 3.3절에서는 키워드 기반 이미지 검색 과정을 설명하고 3.4절에서는 적합성 피드백을 적용하여 이미지의 신뢰도를 조절하고 향상된 2차 검색 결과를 제공하는 과정을 설명한다.

3.1 이미지와 이미지의 속성

본 논문에서 제안하는 방식으로 이미지를 검색하기 위해서는 이미지 데이터에 1) 키워드 기반 검색을 위한 키워드(Keyword)와 2) 키워드에 사용자의 적합성 피드백 결과를 반영하기 위한 키워드의 신뢰도(Confidence), 3) 내용 기반 검색을 위한 저 레벨의 시각적 특성(Feature)의 3가지 정보를 추가해야 한다.

$$I = (P, F, (K, C))$$

정의 1. 이미지 I

- P는 이미지 데이터를 얻을 수 있는 위치를 의미하며, 웹 주소 혹은 파일이 저장된 경로와 파일의 이름 등의 정보로 구성된다.
- F는 색상, 무늬, 질감과 같이 이미지에서 추출한 저 레벨의 시각적 특성들의 집합으로서 각 이미지는 N개의

특성에 대한 정보를 가지고 있다. 이미지 I의 j번째 특성을 $I.Feature_j$ 라고 하면 F는 $\{I.Feature_j | 1 \leq j \leq N\}$ 으로 표현된다.

- K는 이미지의 내용을 표현하는 키워드의 집합으로서 각 이미지에 최대 M개의 서로 다른 키워드가 연결되어 있다. 이미지 I에 연결되어 있는 j번째 키워드를 $I.Keyword_j$ 라고 하고 이미지가 가질 수 있는 전체 키워드의 집합을 W라고 하면 $K = \{I.Keyword_j | 1 \leq j \leq M, I.Keyword_j \in W\}$ 로 표현된다.
- C는 이미지에 연결된 키워드가 이미지의 내용을 얼마나 정확하게 반영하는지를 나타내는 신뢰도의 집합이다. 이미지 I에 연결되어 있는 j번째 키워드의 신뢰도는 $I.Confidence_j$ 로 표현하며 최소값으로 MINCONF, 최대값으로 MAXCONF를 갖는다. 또한, 전체 키워드의 집합 W에 속한 임의의 키워드 kw가 이미지 I에서 가지는 신뢰도를 $I.Confidence_{kw}$ 로 표시한다. 만일 키워드 kw가 이미지 I에 연결되어 있지 않다면 $I.Confidence_{kw}$ 의 값은 0이 된다.

3.2. 자동 키워드 연결

자동으로 키워드를 이미지에 연결하는 방법에는 여러 가지가 있다. 예를 들어 1) 랜덤하게 키워드를 연결하는 방법, 2) 이미지가 저장되어 있던 환경(웹페이지, 책 등)의 분석을 통해서 얻는 방법, 3) 내용 기반 검색을 이용하는 방법 등이 존재한다. 본 논문에서는 다른 방법에 비해서 상대적으로 높은 정확도를 가지고 있으며 이미지를 얻을 수 있는 환경에 영향을 받지 않는 내용 기반 검색을 통한 자동 키워드 연결 방식을 이용한다.

내용 기반 검색을 이용한 자동 키워드 연결 방식에서는 사람에게 의해 미리 키워드가 연결되어져 있는 이미지의 집합인 트레이닝 집합(Training set) T가 필요하다. 트레이닝 집합 T를 이용해 새로운 이미지 I_{new} 에 자동으로 키워드를 연결하는 과정은 다음과 같다. 먼저, 새로운 이미지 I_{new} 와 트레이닝 집합 T에 속한 각 이미지 I_i 사이의 시각적 특성의 유사도 $FeatureSimilarity(I_{new}, I_i)$ 를 계산한다. 이때 $FeatureSimilarity(I_{new}, I_i)$ 는 0부터 1사이의 값을 갖으며 1에 가까울수록 두 이미지의 시각적 특성이 비슷하다는 것을 나타낸다. 다음으로, 전체 키워드의 집합 W에 속한 각 키워드 kw가 새로운 이미지 I_{new} 에서 가지는 신뢰도 $I_{new}.Confidence_{kw}$ 를 아래 식 1을 이용하여 계산한다. 이때 모든 이미지는 최대 M개의 키워드만을 가질 수 있으므로 신뢰도를 기준으로 상위 M개의 키워드를 선택하여 새로운 이미지 I_{new} 의 키워드 집합으로 설정한다. 만약 선택된 M개의 키워드 중에서 신뢰도가 MINCONF보다 작은 것이 있다면 해당 키워드를 I_{new} 의 키워드 집합에서 삭제한다.

$$I_{\neq w}.Confidence_{kw} =$$

$$\frac{\sum_{I_i \in T} (FeatureSimilarity(I_{\neq w}, I_i) \times I_i.Confidence_{kw})}{\sum_{I_i \in T} FeatureSimilarity(I_{\neq w}, I_i)}$$

식 1. 전체 키워드의 집합 W에 속한 각 키워드 kw가 새로운 이미지 I_{new} 에서 가지는 신뢰도

3.3. 키워드를 이용한 이미지 검색

3.2절에서 설명한 자동 키워드 연결 방법을 사용하여 데이터베이스에 저장된 모든 이미지에 키워드들을 연결한 후에는 키워드 기반의 이미지 검색을 수행할 수 있게 된다. 사용자가 하나 이상의 질의 키워드를 검색 조건으로 입력하면, 먼저 데이터베이스에 저장된 이미지 중에서 하나 이상의 질의 키워드를 포함한 것들을 검색한다. 다음으로, 검색된 이미지들을 질의 키워드 집합에 대한 신뢰도 합을 기준으로 정렬한 후 사용자에게 보여준다. 질의 키워드의 집합을 Q라고 하면 Q에 대한 이미지 I_i 의 신뢰도 합 $ConfidenceSum(Q, I_i)$ 은 아래 식 2를 이용하여 계산한다.

$$ConfidenceSum(Q, I_i) = \sum_{kw \in Q} I_i.Confidence_{kw}$$

식 2. 질의 키워드의 집합 Q에 대한 이미지 I_i 의 신뢰도 합

3.4. 적합성 피드백

이미지에 연결된 키워드의 정확도가 높으면 3.3절의 과정만으로도 사용자가 원하는 이미지를 얻을 수 있다. 하지만 일반적으로 자동 키워드 연결 방식을 통한 키워드 연결은 낮은 정확도를 보인다. 따라서 본 논문에서는 적합성 피드백의 정보를 누적하여 이미지에 연결된 키워드의 정확도를 높이는 방법을 사용한다.

적합성 피드백은 질의 결과로 주어진 이미지 집합의 순위를 사용자의 피드백을 적용해 재정렬하는 것이다. 사용자의 피드백은 찾고자 하는 이미지를 나타내는 긍정적 이미지와 질의와 전혀 관련성이 없는 이미지를 나타내는 부정적 이미지로 구분된다. 이러한 피드백 정보를 분석해서 질의와 이미지간의 유사도를 재계산하는 과정을 통해서 이미지 검색의 정확도를 향상시킬 수 있다.

3.4.1. 피드백에 사용된 시각적 특성

본 논문에서는 질의 키워드에 따라서 결과로 주어진 이미지 중에서 긍정적 이미지와 부정적 이미지를 찾는데 사용되는 이미지의 특성이 다르다는 것을 이용해 사용자의 피드백을 분석하고 그 결과를 키워드의 신뢰도에 반영하고자 한다. 예를 들어 ‘숲’이라는 키워드를 질의로 사용하는 경우 사용자는 모양이나 무늬보다는 색상이라는 특성을 통해서 이미지가 긍정적 이미지인지 부정적 이미지인지 판단할 것이다. 이런 피드백 정보를 분석해 보면 색상이라는 특성이 사용자가 이미지를 구분하는 중요한 특성으로 사용되었다는 것을 알 수 있다. 이를 통해 긍정적 이미지의 색상과 유사한 색상을 가지고 있는 이미지들을 찾아서 이미지에 연결되어 있는 ‘숲’이라는 키워드의 신뢰도를 높임으로써 이미지 검색 결과의 정확도를 높일 수 있다.

사용자의 피드백을 키워드의 신뢰도에 반영하기 위해서는 먼저 피드백 내용을 분석하여 어떠한 시각적 특성이 긍정적 이미지와 부정적 이미지를 구분하는데 중요하게 사용되었는가를 판단해야 한다. 이를 위해 본 논문에서는 시각적 특성의 분별력(Discrimination power)이라는 개념을 정의하여 사용한다. 시각적 특성 $Feature_j$ 의 분별력이란 1차 검색 결과로 주어진 이미지들을 $Feature_j$ 를 기준으로 정렬하였을 때 긍정적 이미지들의 순위와 부정적 이미지들의 순위가 얼마나 차이가 나는가를 정량적으로 나타낸 것이다. 즉, 긍정적 이미지들이 가지는 시각적 특성 $Feature_j$ 의 평균값과 1차 검색 결과에 포함된 각 이미지가 가지는 $Feature_j$ 값의 차이를 계산한 후, 두 값의 차이가 작은 순으로 1차 검색 결과를 정렬한 다음에 아래 식 3을 이용하여 $Feature_j$ 의 분별력 DP_j 를 계산한다.

$$DP_j = \frac{Po_j + Ne_j}{N_p + N_n}$$

식 3. 시각적 특성 $Feature_j$ 의 분별력

위의 식 3에서 N_p 와 N_n 은 각각 사용자에게 의해 선택된 긍정적 이미지의 수와 부정적 이미지의 수를 나타낸다. 또한 Po_j 와 Ne_j 는 각각 $Feature_j$ 를 기준으로 정렬된 1차 검색 결과 이미지 중에서 상위 N_p 순위에 포함된 긍정적 이미지의 수와 하위 N_n 순위에 포함된 부정적 이미지의 수를 나타낸다. 위의 예를 다시 살펴보면, ‘숲’이라는 키워드를 질의로 사용하는 경우에는 색상을 나타내는 시각적 특성이 모양이나 무늬를 나타내는 시각적 특성에 비하여 상대적으로 높은 분별력을 가지게 됨을 알 수 있다.

3.4.2 이미지의 재정렬

위와 같은 방법으로 각 시각적 특성 $Feature_j$ 의 분별력을 계산한 후 이를 이용하여 1차 검색 결과로 주어진 이미지들을 재정렬하여 사용자에게 보여준다. 이를 위해 먼저 각각의 시각적 특성에 대해 긍정적 이미지들이 가지는 평균값을 이용하여 가상의 질의 이미지 I_{avg} 를 작성한다. 이 때, 가상의 질의 이미지 I_{avg} 의 j 번째 시각적 특성은 긍정적 이미지들의 가지는 j 번째 시각적 특성 값을 모두 더한 후 이를 긍정적 이미지의 수로 나눈 값이 된다. 다음으로 1차 검색 결과에 포함된 각 이미지 I_i 와 가상의 질의 이미지 I_{avg} 사이의 유사도를 함수 $WeightedFeatureSimilarity(I_{avg}, I_i, \{DP_1, DP_2, \dots, DP_N\})$ 를 이용하여 계산한다. 이 유사도 함수는 시각적 특성의 분별력을 이용하여 해당 특성의 가중치를 아래 식 4와 같이 구한 후 이를 두 이미지의 유사도 계산에 반영한다. 아래 식 4에서 N 은 전체 시각적 특성의 수를 나타내며, DP_j 와 w_j 는 각각 j 번째 시각적 특성의 분별력과 가중치를 나타낸다.

$$w_j = \frac{DP_j}{\sum_{k=1}^N DP_k}$$

식 4. j 번째 시각적 특성의 가중치

시각적 특성의 가중치를 반영한 위의 유사도 함수를 기반으로 1차 검색 결과에 포함된 이미지들을 재정렬하면 사용자가 긍정적으로 평가한 이미지의 시각적 특성과 비슷한 시각적 특성을 갖는 이미지들은 상위에 배치되고 상이한 시각적 특성을 갖는 이미지들은 하위에 위치하게 된다. 이를 통해 사용자는 질의 키워드를 포함하고 있는 이미지 중에서 자신이 긍정적인 피드백으로 주었던 이미지들과 비슷한 이미지들을 검색 결과로 얻게 된다.

3.5. 키워드의 신뢰도 조정

본 논문에서 제안한 이미지 검색 시스템에서는 사용자의 피드백 정보를 이용하여 1차 검색 결과에 포함된 이미지들의 키워드 신뢰도를 조정한다. 먼저, 긍정적 이미지에 대해서는 질의로 주어진 각 키워드의 신뢰도를 일정 단위 증가시킨다. 만약 증가된 신뢰도가 $MAXCONF$ 를 초과할 경우에는 신뢰도를 $MAXCONF$ 로 설정한다. 만약 긍정적 이미지에 질의 키워드가 연결되어 있지 않은 경우에는 그 키워드를 $MINCONF$ 의 신뢰도로 해당 이미지에 연결한다. 다음으로, 부정적 이미지에 대해서는 질의로 주어진 각 키워드의 신뢰도를 일정 단위 감소시킨다. 만약 감소된 신뢰도가 $MINCONF$ 보다 작아지는 경우에는 그 키워드를 해당 이미지로부터 삭제한다. 마지막으로, 1차 검색 결과에는 포함되어 있지만 사용자의 피드백을 받지 못한 이미지 중에서, 가상의 질의 이미지 I_{avg} 와의 가중치 유사도(즉, $WeightedFeatureSimilarity$)가 시스템에 의해 미리 정의된 임계값(Threshold) T 보다 크거나 같은 이미지만을 선택하여 긍정적 이미지의 경우와 동일하게 처리한다.

4. 결론

본 논문에서는 적합성 피드백을 키워드 기반 검색에 적용하는 기존 방식에 내용 기반 검색을 결합하는 모델을 제안하였다. 제안된 모델에서는 피드백을 받은 이미지들의 키워드뿐 아니라 긍정적 피드백을 받은 이미지들을 구분하는데 사용된 시각적 특성과 유사한 시각적 특성을 갖는 다른 이미지들의 키워드까지도 신뢰도 조정의 대상이 되도록 한다. 이를 통해 작은 피드백으로도 많은 이미지의 키워드 신뢰도를 조정할 수 있게 되므로, 궁극적으로는 좀 더 빠른 시간 내에 검색 결과의 정확도를 높일 수 있다는 장점을 가지게 된다. 본 논문의 주요 공헌을 요약하면 다음과 같다. 첫째, 키워드 기반 검색, 적합성 피드백, 내용 기반 검색을 모두 사용하여 빠른 시간 내에 이미지 검색 결과의 정확도를 높일 수 있는 새로운 검색 모델을 제안하였다. 둘째, 적합성 피드백 과정에 의해 선택된 긍정적

혹은 부정적 이미지들로부터 내용 기반 검색을 위한 최적의 가중치 유사도 함수를 자동적으로 결정할 수 있는 방안을 제시하였다. 현재 제안된 시스템의 구현 작업을 진행하고 있으며 구현이 완료되는 대로 실험을 통해 제안된 모델의 성능 및 정확성을 검증하려고 한다.

참고 문헌

- [1] O. Marques and N. Barman, "Semi-Automatic Semantic Annotation of Images Using Machine Learning Techniques," In Proc. International Semantic Web Conference, 2003.
- [2] S. Deb and Y. Zhang, "An Overview of CBIR Techniques," In Proc. the 18th International Conference on Advanced Information Networking and Applications, 2004.
- [3] M. Flinker, H. Samhey, W. Niblack et al., "Query by Image and Video Content: The QBIC System," IEEE Computer, Vol. 28, pp. 23-32, 1995.
- [4] J. R. Smith and S. F. Chang, "VisualSeek: A Fully Automated Content-Based Image Query System," In Proc. ACM International Conference on Multimedia, pp. 87-93, 1996.
- [5] X. S. Zhou and T. S. Huang, "Edge Based Structural Feature for Content-Based Image Retrieval," Pattern Recognition Letters, Vol. 22(5), pp. 457-468, 2001.
- [6] B. M. Mehtre, M. S. Kankanhahi, and W. F. Lee, "Shape Measures for Content Based Image Retrieval: A Comparison," Information Processing and Management, Vol. 33(3), pp. 319-337, 1997.
- [7] J. R. Bach, C. Fuller, A. Gupta, A. Hampapur, B. Horowitz, R. Humphrey, R. Jain, and C. Shu, "The Virage Image Search Engine: An Open Framework for Image Management," In Proc. Storage and Retrieval for Still Image and Video Databases IV, SPIE, 1996.
- [8] P. J. Cheng and L. F. Chien, "Effective Image Annotation for Search Using Multi-Level Semantics," In Proc. International Conference of Asian Digital Libraries, 2003.
- [9] J. Jeon, V. Lavrenko, and R. Manmatha, "Automatic Image Annotation and Retrieval Using Cross-Media Relevance Models," In Proc. the 26th Annual International ACM SIGIR Conference, 2003.
- [10] H. Feng and T. Chua, "A Learning Based Approach for Annotating Large Online Image Collection," In Proc. 10th International Multimedia Modeling Conference, 2004.
- [11] Y. Lu, C. Hu, X. Zhu, H. J. Zhang, and Q. Yang, "A Unified Framework for Semantics and Feature Based Relevance Feedback in Image Retrieval Systems," In Proc. ACM Multimedia, 2000.
- [12] Y. Rui, T. S. Huang, M. Ortega, and S. Mehrotra, "Relevance Feedback: A Power Tool for Interactive Content-Based Image Retrieval," IEEE Transition Circuits System Video Technology, Vol. 8, pp. 644-655, 1998.
- [13] X. Zhu and T. S. Huang, "Relevance Feedback in Image Retrieval: A Comprehensive Review," Multimedia Systems, Vol. 8(6), pp. 536-544, 2003.
- [14] W. Liu, S. Dumais, Y. Sun, H. Zhang, M. Czerwinski, and B. Field, "Semi-Automatic Image Annotation," In Proc. Human Computer Interaction, pp. 326-333, 2001.
- [15] J. Zachar, S. S. Iyengar, J. Barhen, "Content Based Image Retrieval and Information Theory: A General Approach," Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2001.