

# 위치 정보를 갖는 사진집합의 계층적 탐색 인터페이스

이승훈<sup>o</sup>                      이강훈

광운대학교

{lsh,kang}@kw.ac.kr

## Hierarchical Browsing Interface for Geo-Referenced Photo Database

Seung Hoon Lee<sup>o</sup>

Kang Hoon Lee

Kwangwoon University

### 요약

디지털 카메라가 널리 보급되면서 사람들은 언제, 어디서나 사진을 찍고 값싼 저장장치에 많은 수의 사진을 저장할 수 있게 되었다. 하지만 많은 수의 사진 중 원하는 사진을 효율적으로 탐색하는 것은 어려운 문제로 남아 있다. 본 논문은 위치 정보를 갖는 대규모 사진집합을 신속하고 직관적으로 탐색하는 새로운 방법을 제안한다. 전체 사진집합을 구조화하기 위해 지리적 거리가 가장 근접한 사진들을 묶어 군집화하고, 이러한 과정을 반복하여 최종적으로 모든 사진이 하나의 군집으로 병합되는 계층적 군집화를 수행한다. 또한 모든 군집의 컨벡스 헐과 넓이를 미리 계산하여 사진 탐색 시에는 미리 계산된 데이터와 현재 탐색 중인 지리 영역에 포함되는 군집들의 넓이를 비교해 적절한 넓이의 군집들을 선택적으로 시각화한다. 이 때 군집은 포함되는 모든 사진의 위치를 보여주는 대신 컨벡스 헐로 시각화하여 군집의 정확한 공간적 범위를 쉽게 파악할 수 있다. 사용자는 관심 군집을 클릭하여 해당 군집으로 신속하게 이동할 수 있으며, 시스템은 관심 군집을 지도 영역에 정확히 채워 보일 수 있도록 자동적으로 지도 이동과 축척 조절을 하고 적절한 넓이의 하위 군집들로 분할하여 시각화한다. 특정 주제 검색, 사진 분류 등의 일반적인 사진 탐색 예제를 통하여 제안된 방법의 유용성을 확인하였다.

### Abstract

With the popularization of digital photography, people are now capturing and storing far more photos than ever before. However, the enormous number of photos often discourages the users to identify desired photos. In this paper, we present a novel method for fast and intuitive browsing through large collections of geo-referenced photographs. Given a set of photos, we construct a hierarchical structure of clusters such that each cluster includes a set of spatially adjacent photos and its sub-clusters divide the photo set disjointly. For each cluster, we pre-compute its convex hull and the corresponding polygon area. At run-time, this pre-computed data allows us to efficiently visualize only a fraction of the clusters that are inside the current view and have easily recognizable sizes with respect to the current zoom level. Each cluster is displayed as a single polygon representing its convex hull instead of every photo location included in the cluster. The users can quickly transfer from clusters to clusters by simply selecting any interesting clusters. Our system automatically pans and zooms the view until the currently selected cluster fits precisely into the view with a moderate size. Our user study demonstrates that these new visualization and interaction techniques can significantly improve the capability of navigating over large collections of geo-referenced photos.

키워드: 사진 탐색, 위치 정보를 갖는 사진, 계층적 군집화, 데이터 시각화, 지리 정보 시스템

Keywords: photo browsing, geo-referenced photos, hierarchical clustering, data visualization, geographic information system

\*투고일: 2010-04-30 / 심사일: 2차 2010-11-11 / 게재확정일: 2010-11-12

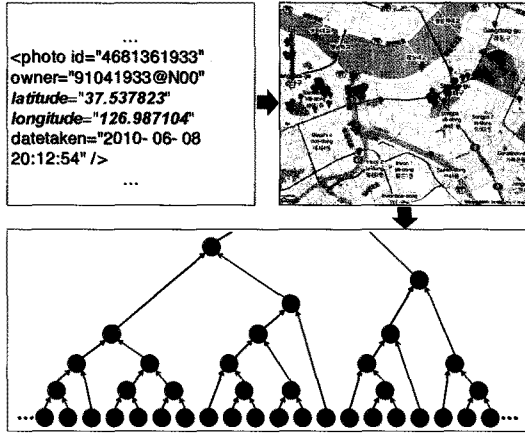


그림 1: 전처리 과정에서는 전체 사진 데이터베이스에 속한 사진을 계층적으로 구조화한다. (좌상) 사진의 메타데이터. (우상) 사진의 공간적 배치. (하) 계층 구조를 나타내는 덴드로그램 (dendrogram).

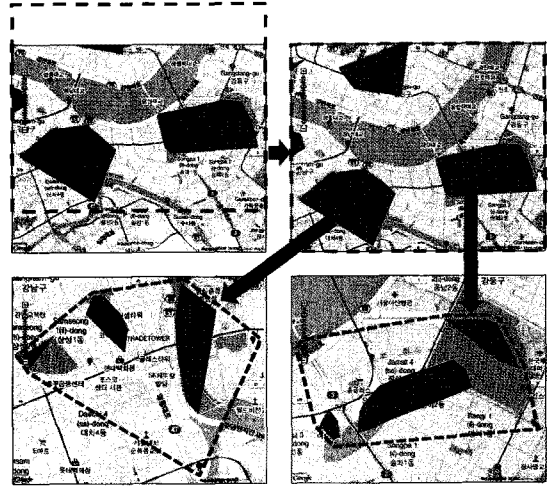


그림 2: 실시간 사진 탐색 인터페이스. (상) 지도 패닝 시 군집의 시각적 뒨 현상이 발생하지 않는다. (하) 지도에서 특정 군집을 선택하면 해당 군집이 화면의 중앙에 확대되어 나타나도록 자동적으로 패닝과 줌을 수행한다.

## 1. 서론

디지털 카메라의 품질이 향상되고 대중화되면서 지금은 누구나 쉽게 많은 수의 사진을 촬영하고 보관할 수 있게 되었다. 이에 따라 전문가뿐 아니라 일반인들까지도 사진 데이터베이스의 효율적인 관리와 검색에 대한 관심이 증가하고 있다. 구글의 피카사(Picasa) [1], 야후의 플리커(Flickr) [2], 애플의 아이포토(iPhoto) [3] 등 다양한 상업적 제품들은 이와 같은 새로운 수요를 만족시키면서 많은 주목을 받고 있다.

특히 최근에는 GPS (global positioning system)와 카메라 기능을 모두 갖춘 이동형 단말기의 확산 덕분에 디지털 사진에 위치 정보를 기록하는 지오타깅(geo-tagging)이 용이해졌고, 이는 사진 데이터베이스의 직관적인 시각적 표현과 효율적인 탐색 인터페이스를 제공하는 데 중요한 역할을 하고 있다. 예를 들어, 구글의 피카사는 위치 정보가 기록된 사진들을 위성 사진이나 간략화된 지도 이미지 위에 위치에 따라 배치하여 보여줌으로써 사용자가 전체 사진의 지리적 분포를 파악하거나 관심있는 지역의 사진을 쉽게 찾을 수 있도록 도와준다. 하지만 사진 데이터베이스의 규모가 증가하면 이와 같은 단순한 접근방식은 다음 두 가지 측면에서 사용자의 편의성에 큰 어려움을 야기한다.

- 인지 부담의 증가: 매우 많은 수의 사진 혹은 그 위치를 동시에 표현하면 한 번에 전달되는 정보의 양이 지나치게 커져서 이로부터 유용한 정보를 파악하는 것이 쉽지 않다. 사용자는 스스로 정보를 축약하기 위한 상당한 양의 인지적 노력을 기울여야 하거나 혹은 너무 많은 양의 정

보에 압도당하여 아무런 정보도 얻지 못하게 될 수 있다.

- 탐색 효율성의 저하: 오늘날 디지털 지도에서 흔히 제공하는 기본적인 패닝과 줌-인/아웃 인터페이스는 일반적인 지리적 정보를 탐색하기에는 적합하지만, 임의의 분포로 배치된 사진 집합을 탐색하는 특수한 용도에는 최적화되어 있지 않다. 예를 들어, 대한민국의 서울과 미국의 로스앤젤레스에 집중적으로 사진이 분포되어 있을 경우 사용자는 이들 사진을 확인하기 위하여 매우 많은 횟수의 패닝과 줌-인/아웃을 수행하는 번거로움을 겪게 된다.

본 논문은 사진 데이터베이스의 위치 정보에 따른 계층적 군집화를 통하여 이들 두 가지 문제점을 동시에 해결하는 방법을 제안한다. 전처리 과정에서 사용자가 제공한 일련의 사진들은 위치의 근접성에 따라 병합적으로 군집을 형성한다(그림 1). 그 결과로 생성된 트리 구조에서 최상위 노드의 군집은 전체 사진 집합을 포괄하고, 각 하위 노드의 군집은 부모 노드의 군집이 포괄하는 사진들을 배타적으로 나누어 갖게 된다. 이러한 계층 구조는 실행 시간에 군집 단위의 시각화 및 탐색을 가능하게 하여 사용자의 인지 부담을 감소시키고 탐색 효율성을 증대하는 효과를 가져온다.

보다 구체적으로, 전처리 과정에서는 각 군집마다 그 안에 속한 사진들의 위치로부터 컨벡스 쉘(convex hull) 및 그 다각형의 넓이를 미리 계산하여 둔다. 실행 시간에는 화면에 표시되는 지도 영역이 바뀔 때마다, 계층 구조의 깊이 우선 탐색 순서로 지도 영역에 포함되는 군집 중 일정 비율 이하의 넓이

를 차지하는 군집만 식별하여 그것의 컨백스 헬 다각형을 지도 위에 겹쳐 그린다(그림 2). 이때 특정 군집을 시각화하기로 결정하면, 그 자식 노드에 해당되는 모든 군집은 부모의 컨백스 헬 다각형에 포함되기 때문에 시각화에서 배제한다. 결과적으로 어떤 축척에서든 사용자는 화면에 표시된 지도 영역을 적절한 비율로 차지하는 적은 개수의 군집만을 인지하게 되어 쉽게 사진의 분포를 확인할 수 있다. 만약  $k$ -평균 군집화와 같은 단일 계층 군집화 기법을 사용한다면 축척 변화에 유연하게 대응하기 어려우므로, 대개의 경우 화면에 표시되는 군집의 크기도 축척에 비례하여 커지거나 작아져서 정보 전달력이 크게 감소된다(그림 3).

컨백스 헬이 기재된 계층적 군집 구조는 단순화된 시각적 표현뿐 아니라 군집 단위의 효율적인 탐색 인터페이스를 가능하게 한다. 본 연구에서 구현한 시스템은 사용자가 화면에 표시된 일련의 군집 중 하나를 선택할 경우, 자동적으로 해당 군집의 컨백스 헬 다각형이 화면의 중앙에 오도록 패닝한 후 줌-인하여 일련의 자식 군집들로 분할되도록 한다. 이를 통하여 사용자는 일일이 지도의 패닝과 줌-인/아웃을 수행할 필요 없이 임의의 분포로 배치된 군집들을 신속하게 탐색할 수 있다. 이는 계층 구조를 갖는 파일 시스템을 다루는 탐색기에서 특정 폴더를 열면 그 자식 폴더와 파일들이 나타나도록 하는 방식과 매우 유사하다. 반대로 이야기하면, 개별적인 사진 단위로 지도 위에 표시하여 탐색하도록 하는 기존의 인터페이스는 마치 매우 많은 수의 파일을 하나의 폴더 안에 넣고 스크롤바를 이동시켜가며 원하는 파일을 찾는 것과 유사하다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 제안하는 방식의 유용성을 확인하기 위하여 정량적, 정성적 사용자 평가를 수행하였다. 정량적 평가를 위하여, 목표 사진 검색과 주제별 사진 분류의 두 가지 현실적인 시나리오에 따라 기존의 인터페이스와 제안된 인터페이스의 작업 달성도를 비교 분석하였다. 또한 정성적 평가의 방법으로서 설문 조사를 수행하여 사용자가 실제로 느끼는 장점 및 문제점에 대한 의견을 취합하고 분석하였다. 정량적 평가를 통하여 제안된 방법이 탐색 시간을 약 21% 단축시키고 분류 가짓수를 약 58% 향상시킴을 확인하였고, 정성적 평가에서는 전반적으로 매우 긍정적인 평가를 얻었다. 이러한 평가 결과는 본 연구에서 제안하는 탐색 인터페이스가 향후 더욱 일반화될 위치 정보가 기록된 사진 데이터베이스의 공유와 관리에 매우 효과적으로 활용될 수 있음을 보여준다.

## 2. 관련 연구

일반 사용자의 입장에서 데이터의 내용을 쉽게 파악할 수 있도록 데이터를 지도 위에 배치하여 효율적으로 탐색하는 연구는 비교적 최근에 이르러 활발히 이루어지고 있다. 구글의 피카사와 야후의 플리커 등은 위치 정보를 담고 있는 사진을 지도 위에 공간적으로 배치하여 사진을 탐색하는데 널리 사용

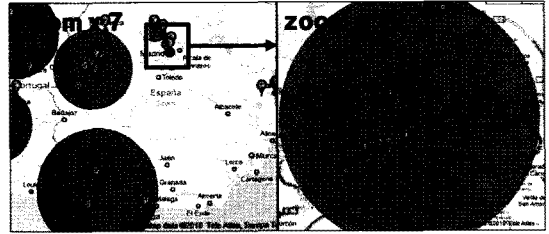


그림 3: 지도의 축척을 고려하지 않은 시각화의 예. 원은 군집을 의미하며, 마커는 각 사진의 위치를 표시한다.

되는 소프트웨어로서 많은 주목을 받고 있다. 컴퓨터 그래픽스와 HCI 연구 분야에서도 이러한 주제가 활발히 연구되어 왔다. Wu 등은 지도를 격자로 분할하고 각각의 격자 안에 포함되는 사진의 수에 따라 셀의 밝기를 조절함으로써 데이터의 대략적인 분포를 시각적으로 전달하는 방법을 제안하였다 [4]. 지도 위에 태그 구름(tag cloud)을 보여주는 시각화 방법도 연구되었다 [5]. 태그 구름은 메타 데이터에서 얻어진 태그들을 분석하고 중요도를 고려하여 시각적으로 늘어놓아 지도 위에 표시한다. Pongnumkul 등은 여행 비디오의 촬영 경로를 지도 형식의 스토리보드 위에 시각화함으로써 사용자에게 비디오의 시공간을 탐색하는 인터페이스를 제안하였다 [6].

많은 수의 사진을 제한된 공간 내에 효과적으로 표현하기 위한 방법으로서 군집화를 수행하여 탐색하는 방법이 널리 사용되고 있다. 촬영 시간의 인접성 [7, 8], 시공간 정보의 결합 [9, 10] 등 다양한 군집화 방식이 연구되었다. 특히 본 논문과 유사하게 위치정보를 갖는 사진 데이터베이스로부터 위치 기반의 군집화를 수행함으로써 사용자가 지도 위에서 군집을 효율적으로 탐색하는데 도움을 주고자 하는 연구도 있었다. Jaffe 등은 군집에 포함되는 모든 사진의 위치를 보여주는 대신 각 군집마다 한 장의 대표 사진만을 시각화하는 방법을 제안하였다 [11]. 이 방법은 사용자가 각각의 지역을 한눈에 파악하는데 도움을 주었지만 해당 군집 내의 사진들이 높은 다양성을 가질 경우 대표 사진의 요약성이 감소하는 한계가 있다.

군집화 외에도 사진 데이터베이스의 효과적인 구조화를 위한 다양한 방식이 탐구되어 왔다. Kandel 등은 생물학 사진에 대하여 시간과 위치, 그리고 생물학적 속성들을 기초로 스프레드시트의 형식으로 구조화 하는 방식을 제안하였다 [12]. Snavely 등은 동일한 물체를 여러 각도로 탐색할 수 있는 3차원 인터페이스를 소개하였다 [13]. Anabuki 등은 화면의 좌, 우로 이동하는 사진 슬라이드 쇼 방법을 개선하여 사진들의 공간적 관계에 따라 상, 하, 좌, 우로 사진이 이동하는 독특한 시각화 방법을 제안하였다 [14]. Jo 등은 지도를 구성하는 지역 명과 도로 등의 정보 중 사용자의 사진 데이터베이스와 관련이 없는 부분을 제거한 후 지도를 인지하기 쉬운 그래프 형태로 재구성하였다 [15]. 사용자는 복잡한 지도를 탐색하는 대신

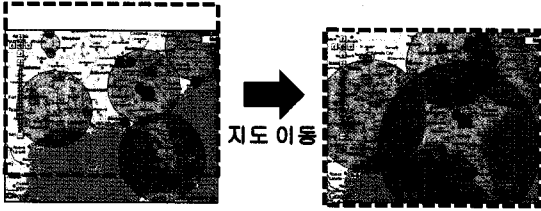


그림 4: 군집의 시각적 팝 현상에. 화면 상의 지도 표시영역이 변경될 때마다 군집화를 다시 수행할 경우 이전 프레임과 전혀 다른 군집들을 생성한다.

데이터가 있는 노드만 탐색함으로써 소모적인 줌-인/아웃, 패닝 등을 간소화한다는 점에서 본 연구와 매우 유사하다. 하지만 본 연구에서는 본래의 지리적 공간을 그대로 보존하면서도 탐색 대상인 사진 군집에 기초한 효율적인 탐색 인터페이스를 제공한다는 점에서 차이가 있다.

### 3. 전처리 과정

전처리 과정에서는 전체 사진 데이터베이스를 계층적으로 군집화하고 각 군집의 모양과 넓이를 계산한다. 사진 데이터베이스가 커질수록 계층적 군집화의 수행시간이 급격히 늘어나고 탐색 중인 지리적 영역에 포함되는 모든 군집들의 모양과 넓이를 실시간으로 계산하기에는 수행속도가 느리므로 본 연구에서는 이러한 데이터를 미리 계산하여 저장한 후 사진 탐색 시에는 이 데이터를 이용하여 적은 계산 비용만으로 군집 기반의 탐색을 가능케 한다.

#### 3.1 계층적 군집화

지도 기반의 인터페이스는 일반적으로 사용자가 줌-레벨을 조절하여 전 세계를 한눈에 볼 수도 있고, 반대로 아주 좁은 지역을 상세하게 관찰할 수도 있도록 한다. 따라서 군집의 범위가 미리 특정한 크기로 고정되어 있을 경우 축척 변화에 유연하게 대응하기 어렵다. 즉, 많이 확대하였을 때에는 군집이 지나치게 커 보여 군집을 통해 사용자가 얻는 정보가 적고, 조금 확대하였을 때에는 군집이 지나치게 작아 보여 인식이 떨어진다. 이에 대한 간단한 해결방법으로 지도의 축척이 바뀔 때마다 현재 지도 영역에 포함되는 사진들 간 군집화를 수행하고, 군집의 넓이가 현재 지도 영역에 비해 너무 크거나 작지 않은지를 판단하여 적합할 때까지 반복적으로 군집화를 수행할 수 있다. 하지만 이와 같은 방법은 사용자가 실시간으로 지도를 조작하는 환경에서는 수행속도가 느려 적합하지 않으며, 약간의 줌-인/아웃이나 패닝이 군집의 시각적 팝 (visual popping) 현상을 유발하여 사용자에게 혼란을 줄 수 있다(그림 4). 우리는 이러한 군집의 팝 현상을 방지하고 지도의 축척에 알맞은

넓이의 군집을 선택적으로 시각화하기 위하여 계층적 군집화 방법을 이용한다.

사진 데이터베이스를 계층적으로 구조화하기 위해 우리는 병합적 방법을 사용한다. 이 방법은 가까운 개체들끼리 묶어 감으로써 군집을 만들어가며, 마지막에는 하나의 군집으로 병합되는 특징이 있다. 병합적 방법은 군집간의 거리를 정의 하는 방법에 따라서 최단연결법 (single linkage method), 최장연결법 (complete linkage method), 중심연결법 (centroid linkage method) 으로 구분된다. 우리는 유클리드 (Euclid) 거리에 따른 최단 연결법을 이용하여 군집화를 수행하였다. 최단연결법을 이용한 계층적 군집화 방법은 최소 비용 신장 트리 (minimum cost spanning tree)를 찾는 크루스칼 (Kruskal) 알고리즘을 이용하여 수행할 수 있다 [16].

생성된 구조는 덴드로그램을 통해 직관적으로 파악할 수 있다 (그림 1). 계층구조에서 부모 군집은 공통원소가 없는 두 개의 자식군집으로 이루어지며 중단 군집은 사진 한 장으로 이루어지고 최상위 군집은 모든 사진을 포함하는 군집으로 구조화 된다.

#### 3.2 군집의 모양과 넓이 계산

제한하는 사진 탐색 시스템은 컨벡스 쉘의 모양으로 군집을 시각화한다. 컨벡스 쉘은 군집의 정확한 공간적 범위를 단순한 형태로 표현할 수 있으므로 군집을 시각적으로 신속하게 전달하는 장점을 제공한다. 실시간 조작과정에서 현재 탐색 중인 지도영역에 알맞은 넓이의 군집을 빠르게 탐색하여 시각화하기 위해 전처리 과정에서 모든 군집의 컨벡스 쉘과 그 넓이를 미리 계산한다. 군집에 포함되는 사진 중 컨벡스 쉘을 찾기 위해 그라함 스캔 (Graham's Scan) 알고리즘을 이용하였다 [16].

### 4. 실시간 사진 탐색

본 연구에서 구현한 실시간 사진 탐색 시스템은 지도 컴포넌트와 사진 갤러리 컴포넌트로 구성된다 (그림 5). 지리 정보를 담고 있는 사진을 지도나 위성사진 위에 표시하여 공간적으로 열람하도록 하는 인터페이스는 플리커, 피카사 등의 지도 기반 서비스에서 널리 사용되고 있는 방법이다. 촬영 위치에 따라 사진을 배치하면 사용자는 특정 지역의 사진을 쉽게 둘러볼 수 있고 전체적인 사진의 지리적 분포를 신속하게 파악할 수 있다. 지도 컴포넌트는 줌-인/아웃, 패닝 등의 대화형 인터페이스를 사용하여 자유롭게 탐색이 가능하다. 현재 지도영역을 기준으로 상/하/좌/우의 인접한 영역에 몇 장의 사진이 분포하는지를 알려주는 지도 네비게이션 인터페이스는 지도의 상/하/좌/우에 배치하여 사진 탐색 시 불필요한 지도이동을 줄이고자 하였다. 이미지 갤러리는 전체 사진 데이터베이스 중 탐색 중인 지리 영역에 포함되는 사진들을 시간 순으로 정렬

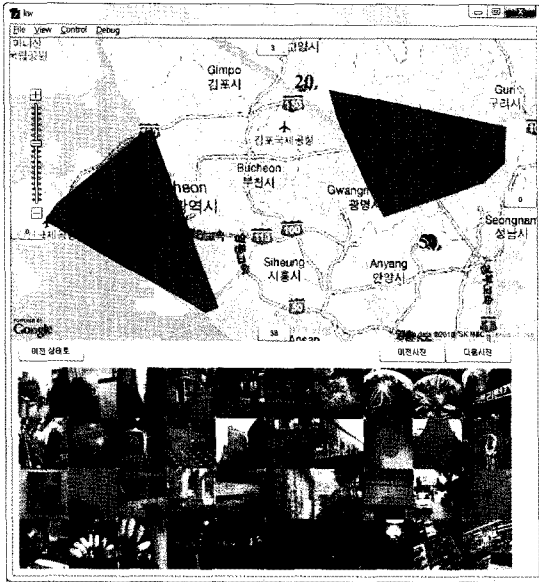


그림 5: 구현된 사진 탐색 인터페이스 시스템.

하여 보여준다. 만약 사진 갤러리에서 보일 수 있는 사진의 수보다 포함되는 사진의 수가 많다면 '이전 사진' 과 '다음 사진' 버튼을 클릭하여 전체 사진 목록을 열람 할 수 있게 하였다.

#### 4.1 군집 시각화

군집의 넓이를 고려한 시각화는 지도의 축척 변경, 지도 이동 시마다 반복적으로 수행된다. 현재 탐색 중인 지리적 영역에 포함되는 군집 중 적절한 넓이의 군집을 선택적으로 시각화 하기 위해 시스템은 미리 계산된 군집들의 넓이 데이터와 화면에 표시되는 현재 지도 넓이를 비교한다. 실험적으로 각 군집의 최대 넓이는 현재 지도 넓이의 10%로 설정하였다. 군집은 포함되는 모든 사진의 위치를 보여주는 대신 앞서 계산한 컨벡스 헐로 시각화하여 정확한 공간적 범위를 단순한 형태로 표현한다. 군집의 넓이가 임계값 이하로 좁은 경우에는 마커로 표시하여 사진의 위치 정보만을 표시하였다.

현재 지도를 기준으로 모든 군집은 '포함', '불포함', '교차' 된다. 우리는 이 중 포함되지 않는 군집은 시각화하지 않음으로써 계산 비용을 감소시키고, 완전히 포함되는 군집과 교차하는 군집은 모두 시각화 대상으로 식별한다. 교차하는 군집을 시각화하지 않으면 사용자가 지도를 패닝 시 앞서 설명한 군집의 땀 현상을 부분적으로 겪게 되어 시각적 혼란을 야기할 수 있다.

군집은 그 넓이와 관계없이 포함되는 사진의 수가 다양하다는 점에 주의할 필요가 있다. 사용자는 시각적으로 좀 더 큰 넓이의 군집에 많은 사진이 포함되어 있을 것으로 기대하기 때



그림 6: 실험 참가자들은 기존의 마커 기반 인터페이스(좌)와 본 논문에서 제안하는 계층적 군집 기반 인터페이스(우)를 이용하여 동일한 작업을 수행하도록 하였다.

문에 각 군집에는 포함되는 사진의 개수를 표기하여 혼동을 줄였다.

#### 4.2 관심군집 탐색

지도 위의 여러 개의 군집 중 사용자는 특정 군집을 관심 있게 보고 싶을 것이다. 기존의 사진 탐색 시스템은 일일이 줌-인/아웃, 패닝을 하여 해당 군집으로 접근할 수 있지만 이는 지도에 의존적인 탐색 방법으로 사진을 탐색하는데 적합하지 않다. 제안하는 시스템은 관심 군집에 대해 간단한 마우스 클릭으로 신속하게 이동할 수 있으며, 이때 시스템은 관심 군집을 지도영역에 정확히 채워 보일 수 있도록 자동적으로 지도 이동과 축척 조절을 수행한다. 이러한 과정은 사용자가 혼란을 겪지 않도록 연속적인 애니메이션으로 보이게 된다.

지도 영역이 관심 군집에 알맞게 변경되면 군집은 다시 적절한 넓이의 자식 군집들로 분할되어 시각화되며 사용자는 반복적으로 세부 군집을 선택함으로써 관심 영역을 신속하게 좁힐 수 있다. 또한 '이전 상태' 버튼을 추가하여 관심 군집을 클릭하기 전 상태로 즉각 이동할 수 있어 군집 단위 탐색을 가능하도록 하였다.

### 5. 실험 결과

위치 정보를 갖는 사진 탐색 시스템을 구현하기 위해 어도비 플래시 CS3와 플래시용 Google Maps API를 메시업(mesh-up)하였다. 무료로 제공되는 Google Maps API는 지도를 가시화하고 탐색하는 다양한 기능을 제공하고 있기 때문에 이를 기초로 하여 본 연구의 프로토타입을 신속하게 구성할 수 있었다. 실험을 위한 사진 데이터는 플리커 API를 이용하여 플리커에 등록된 사용자 중 지리정보를 갖는 사진을 활발히 등록된 개인 사용자의 사진 데이터베이스 1,575장을 사용하였다. 사진 데이터는 서울에 1,281장, 그 외 지역에 294장이 분포되어 있었다. 사진에 대한 메타데이터는 플리커에 REST방식으로 요청

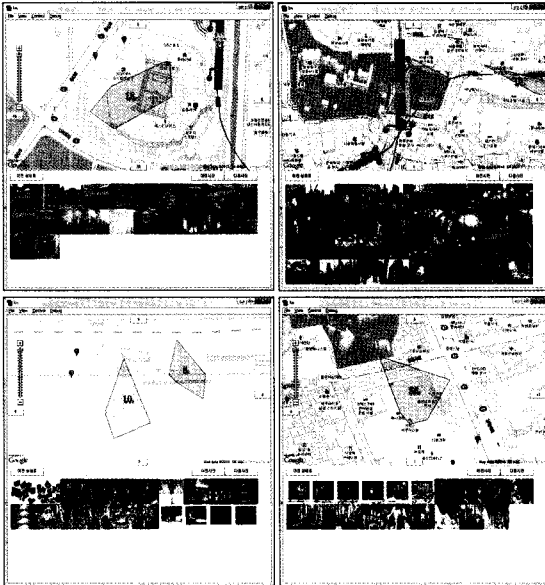


그림 7: 주제별 사진 검색의 결과 장면. (상) 축구경기를 주제로 한 사진의 검색 결과로 선택된 상암 월드컵 경기장과 시청 거리응원에서 촬영된 사진들. (하) 모터쇼를 주제로 한 검색에서 선택된 킨텍스와 코엑스에서 촬영된 사진들.

하여 사진소유자, 사진 ID, 비밀번호, 위도, 경도, 위치정확도, 촬영 시간, 태그 등이 저장된 XML문서를 받았다(그림 1).

비교를 위하여 일반적으로 사용되는 마커 기반의 사진 탐색 시스템 프로토타입을 구현하였으며, 실험 참가자는 마커방법과 제안방법을 번갈아 가며 실험을 진행하였다(그림 6). 실험은 특정 주제 검색 2회, 사진 분류 1회를 수행하였으며, A, B 그룹으로 나누어 피험자 간 실험 (between-subject) 방식으로 진행하였다.

실험 참가자는 대학교육을 받은 9명의 남성과 1명의 여성으로 구성되었고, 연령은 23살에서 31살로 분포되었다(평균 28.2살, 표준편차 2.29). 참가자들은 모두 컴퓨터를 능숙하게 사용할 수 있었고, 설문조사 결과 위치 정보를 이용한 사진 탐색 서비스를 접해보기만 하거나 경험이 없는 것으로 조사되어 실험을 위한 교육을 약 30분간 진행하였다.

## 5.1 주제별 사진 검색

참가자들은 사진 데이터베이스에서 다음의 주제를 검색하였다(그림 7).

- 서울 지역에서 촬영된 축구경기 관련 사진.
- 수도권 지역에서 촬영된 모터쇼 관련 사진.

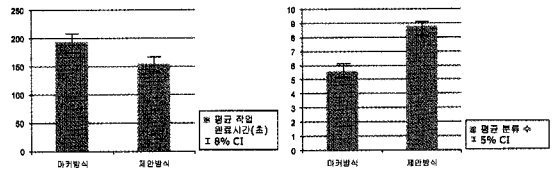


그림 8: 마커 방법과 제안 방법의 실험 결과 분석. (좌) 평균 작업 완료 시간. (우) 평균 분류 수.

A 그룹은 첫 번째 주제를 마커방법으로 실험한 후 두 번째 주제는 제안방법으로 실험하였다. B 그룹은 첫 번째 주제를 제안방법으로 실험한 후 두 번째 주제는 마커방법으로 실험하였다. 참가자가 제한시간 5분 안에 수행을 완료하지 못할 경우에는 실험을 종료하고 페널티 1분의 시간을 추가하여 6분의 작업 완료시간으로 기록하였다. 실험 결과 마커방법은 10회 평균 193.9초의 작업완료 시간을 보였으며, 제안방법은 10회 평균 154.85초의 작업 완료시간을 보여 약 21% 정도 향상된 결과를 보였다( $p < 0.08$ )(그림 8). 작업을 완료하지 못한 경우는 마커 방식은 3회, 제안방식은 2회로 나타났다.

## 5.2 사진 분류

참가자들은 제한시간 7분 동안 전체 사진 데이터베이스를 시청 앞 거리응원, 코엑스 모터쇼와 같은 여러 개의 주제들로 분류하도록 하였다. 이 때 주제는 적어도 5장 이상의 사진들로 구성하도록 하였으며, 실험 1에서 진행한 주제는 제외하도록 하였다. A그룹은 마커방법으로 수행하였으며, B그룹은 제안방법으로 수행하였다. 실험 결과는 마커방법은 5회 평균 5.6개의 주제로 분류하였으며, 제안방법은 5회 평균 8.8개의 주제로 분류하여 제안방법이 약 58% 향상된 결과를 보였다( $p < 0.05$ )(그림 8). 분류된 주제로는 난지도 하늘공원, 어린이 대공원, 63빌딩 불꽃놀이, 수원 화성, 보성 녹차밭, 내장산 국립공원 단풍여행 등 약 40여 개의 주제가 검색되었다.

## 5.3 설문 조사

실험을 마친 참가자들은 미리 준비된 설문지의 답안을 작성하도록 하였다(그림 9). 설문 조사 결과 실험참가자의 80%는 제안방법이 유용하다고 평가하였다(그림 10-좌). 제안방법은 마커방법에 비해 사진 탐색에 유용한 정보가 많았으며, 군집 내 사진들이 어느 정도 유사하여 사진 탐색에 도움이 되었다고 답하였다(그림 10-중). 군집의 넓이는 대부분 적절하다고 평가하였다(그림 10-우). 기타 의견으로는 군집의 넓이는 적절하지만 일정 수준 미만(이상)의 축척에서는 군집을 분할하지 않는 것이 사진 탐색에 도움이 될 것 같다고 하였다.

도움이 된 기능을 평가하는 항목에서 대부분의 실험 참가자는 전반적인 기능들이 모두 사진 탐색에 도움이 되었다고 답

1. 위치정보를 이용한 사진 탐색 서비스를 사용해 보았습니까?  
 ① 경험 없음 ② 검색보기만 하였음 ③ 가끔 이용 ④ 적극적으로 활용함
2. 각 사진의 위치만 표시한 방법과 위치가 비슷한 사진끼리 묶어주는 방법 중 어느 방법이 사진 탐색에 도움을 주었습니까?
3. 다음 중 사진 탐색에 도움이 된 기능에 별점을 주세요. (0~5점)  
 ① 다각형 모양으로 군집 표현  
 ② 지도의 축척에 따른 군집 모양의 변화  
 ③ 군집을 클릭 했을 때 줌-인  
 ④ 이전 화면으로 되돌리기  
 ⑤ 군집에 포함되는 사진 개수 표시  
 ⑥ 지도 네비게이션  
 ⑦ 지도에 포함되는 사진만 표시
4. 군집의 크기가 적절하였습니까?  
 ① 너무 작다 ② 작다 ③ 적절하다 ④ 크다 ⑤ 너무 크다 ⑥ 잘 모르겠다
5. 위치가 유사한 사진끼리 묶어주는 방법이 유사한 주제로 묶어졌다고 생각하십니까?  
 ① 그렇지 않다 ② 어느 정도 유사하다 ③ 매우 유사하다 ④ 잘 모르겠다

그림 9: 설문조사 분항.

하였다. 다각형 모양으로 군집 표현, 지도의 축척에 따른 군집 모양의 변화, 군집에 포함되는 사진 개수 표시, 지도에 포함되는 사진만 표시하는 기능이 특히 도움이 된 것으로 조사되었다. 군집을 클릭 했을 때 줌-인, 이전화면으로 되돌리기, 지도 네비게이션은 상대적으로 낮은 평가를 받았는데 그 이유로는 사진 탐색 시스템의 수행속도가 느려 군집 단위 탐색 기능을 활용하기 부담스럽다고 답하였다. 또한 지도 네비게이션 기능은 특정 사진을 검색하는 데에는 큰 도움이 되지 않았다고 말했다.

참가자들은 마커방법의 경우 “광범위한 위치는 알 수 있었으나 특정 위치에 어느 정도의 사진이 있는지는 알기 어렵다”, “사진이 많아질수록 원하는 사진과 위치를 찾기가 더욱 어려워진다.”고 답하였다. 반면 제안방법의 경우는 “다각형 모양으로 범위를 표시해주어 특정 위치의 사진을 찾는데 도움이 되었다”, “군집된 이미지의 다각형 클릭 시 마다 세분화되는 것이 마음에 들었고, 다각형이 지도를 가리지 않고 투명해서 지도를 파악하기 편하였다.”고 답하였다. 하지만 지도를 이동할 때마다 프로그램 속도가 느린 점, 너무 작은 군집의 경우 표시가 눈에 잘 띄지 않는 점 등은 본 연구에서 개발된 시스템에서 개선해야 할 부분으로 지적하였다.

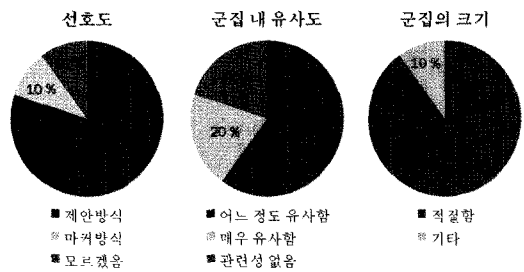


그림 10: 설문조사 결과.

## 5.4 결과 분석

실험 결과 제안하는 사진 탐색 방법은 마커 방법보다 사진을 탐색하는데 도움을 주는 것으로 나타났다. 촬영 위치가 유사한 사진들을 묶어서 제공함으로써 사용자는 군집 단위의 간략화된 사진 분포를 쉽게 파악할 수 있었다. 또한 축척을 고려하여 화면 상에 적절한 크기의 군집만을 시각화 함으로써 사용자는 비교적 적은 개수의 군집만을 제공받기 때문에 인지 부담을 현저히 줄일 수 있었다. 관심 군집을 선택하고 이전 화면으로 되돌리는 기능을 이용한 군집 단위 탐색은 의도한 것보다 낮은 평가를 받았는데, 이는 사진 탐색 시스템에 불필요한 계산량이 많아 실시간으로 탐색 시 불편함을 초래하여 사용자의 선호도가 떨어지는 것으로 분석하였다.

군집을 컨벡스 헐로 그릴 때 길이가 매우 길지만, 그 넓이가 작은 경우 시스템의 군집 시각화 조건에 만족하기 때문에 지도 위에는 매우 길쭉한 선 모양의 군집이 나타나기도 하였다. 이런 군집은 시각적으로 보기 불편하였으며 클릭을 하여도 군집을 지도에 꽉 채우는 조건 때문에 지도가 군집의 중앙으로 이동만 할 뿐 더 이상의 줌-인도 일어나지 않았다. 향후에는 사진간 거리의 유사성뿐만 아니라 군집의 시각적 형태를 함께 고려하는 계층적 군집화를 수행하여 이와 같은 문제를 해결해 나갈 것이다.

## 6. 결론

본 논문은 위치 정보를 갖는 사진집합에 대해 계층적 군집화를 수행하고 생성된 구조를 이용하여 군집의 모양과 넓이를 고려한 시각화를 함으로써 기존의 군집 시각화 방법을 개선하였다. 군집은 정확한 공간적 범위를 단순한 형태로 표현하기 위해 컨벡스 헐의 모양으로 시각화를 하였으며, 사용자가 지도의 축척을 변경 시 계층적 구조에서 적절한 넓이의 군집을 선택하여 사용자에게 제공함으로써 군집을 통해 의미 있는 정보를 얻는데 도움을 주고 인식을 높였다. 또한 사용자가 특정 군집을 선택 시 해당 군집을 인지하기 적합한 축척과 위치로 자동적으로 이동하여 시각화함으로써, 군집 단위 탐색

을 제공하였다. 제안된 방법은 특정 주제 검색, 사진 분류 등의 일반적인 사진 탐색 예제를 통하여 유용성을 확인하였다.

현재 구현된 사진 탐색 프레임워크에서 계층적 군집화를 수행하고, 군집의 컨벡스 헐과 넓이를 계산하는 전처리 과정은 사용자의 사진 데이터베이스가 빈번하게 업데이트되는 경우 번거로울 수 있다. 또한 생성된 군집을 컨벡스 헐로 그릴 때 매우 길쭉한 선 모양의 군집이 나타나 시각적으로 불편을 초래하기도 하였다. 향후에는 이와 같은 문제점을 해결하여 동적으로 변화하는 대규모 사진 데이터베이스를 효율적으로 관리하고 더욱 직관적인 방식으로 표현하는 방법에 대한 연구를 진행하고자 한다.

## 감사의 글

이 논문은 2009년도 광운대학교 교내학술연구비 지원에 의하여 수행된 연구임.

## 참고 문헌

- [1] Picasa, <http://picasa.google.com>.
- [2] Flickr, <http://www.flickr.com>.
- [3] iPhoto, <http://www.apple.com/iphoto>.
- [4] F. Wu and M. Tory, "Photoscope: Visualizing spatiotemporal coverage of photos for construction management," in *In Proceedings of the 27th international Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2009, pp. 1103–1112.
- [5] J. Wood, J. Dykes, A. Slingsby, and K. Clarke, "Interactive visual exploration of a large spatio-temporal dataset: Reflections on a geovisualization mashup," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 13, no. 6, pp. 1176–1183, 2007.
- [6] S. Pongnumkul, J. Wang, and M. Cohen, "Creating map-based storyboards for browsing tour videos," in *In Proceedings of the 21st Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 2008, pp. 13–22.
- [7] A. Graham, H. G.-Molina, A. Paepcke, and T. Winograd, "Time as essence for photo browsing through personal digital libraries," in *In Proceedings of the 2nd ACM/IEEE-CS Joint Conference on Digital Libraries*, 2002, pp. 326–335.
- [8] D. F. Huynh, S. M. Drucker, P. Baudisch, and C. Wong, "Time quilt: scaling up zoomable photo browsers for large unstructured photo collections," in *In CHI '05 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 2005, pp. 1937–1940.
- [9] M. Naaman, Y. J. Song, A. Paepcke, and H. G.-Molina, "Automatic organization for digital photographs with geographic coordinates," in *In Proceedings of the 4th ACM/IEEE-CS Joint Conference on Digital Libraries*, 2004, pp. 53–62.
- [10] Y. A. Lacerda, H. F. de Figuerirêdo, C. de S. Baptista, and M. C. Sampaio, "Photogeo: A self-organizing system for personal photo collections," in *In Proceedings of the 10th IEEE international Symposium on Multimedia*, 2008, pp. 258–265.
- [11] A. Jaffe, M. Naaman, T. Tassa, and M. Davis, "Generating summaries for large collections of geo-referenced photographs," in *In Proceedings of the 15th international Conference on World Wide Web*, 2006, pp. 853–854.
- [12] S. Kandel, E. Abelson, H. G.-Molina, A. Paepcke, and M. Theobald, "Photospread: A spreadsheet for managing photos," in *In Proceedings of the 26th international Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2008, pp. 1749–1758.
- [13] N. Sanvely, S. M. Seitz, and R. Szeliski, "Photo tourism: Exploring photo collections in 3d," *ACM Transactions on Graphics*, vol. 25, no. 3, pp. 835–846, 2006.
- [14] M. Anabuki and H. Ishii, "3d and sequential representations of spatial relationship among photos," in *In CHI '06 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 2006, pp. 472–477.
- [15] H. Jo and J. Ryu, "Placegram: A diagrammatic map for personal geotagged data browsing," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 16, no. 2, pp. 221–234, 2010.
- [16] T. H. Cormen, *Introduction to algorithms*. MIT Press, 2001.



### 〈저자 소개〉



이승훈

- 2008년 2월 강남대학교 컴퓨터공학과 (학사)
- 2010년 8월 광운대학교 임베디드SW공학과 (석사)
- 2010년 8월~현재 한국공간정보통신 u-솔루션개발팀 연구원
- 관심분야 : 인간-컴퓨터 상호작용, 지리정보시스템, 유비쿼터스 컴퓨팅 등



이강훈

- 2000년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과 (학사)
- 2002년 2월 서울대학교 컴퓨터공학부 (석사)
- 2007년 8월 서울대학교 컴퓨터공학부 (박사)
- 2007년 10월~2008년 2월 서울대학교 컴퓨터공학부 박사후연구원
- 2008년 3월~현재 광운대학교 컴퓨터소프트웨어학과 조교수
- 관심분야 : 컴퓨터 그래픽스, 캐릭터 애니메이션, 컴퓨터 게임, 인간-컴퓨터 상호작용 등