

# 사진의 시간 색인 트리를 이용한 사진 시각화 툴 개발

## Photo Visualization Tool Development Using Its Time Index Tree

류동성

Ryu Dong-Sung

부산대학교 컴퓨터공학과

dsryu99@pusan.ac.kr

### ABSTRACT

최근들어 디지털 카메라가 일반화되고 휴대가 보편적이됨에 따라, 수많은 사진이 촬영되고 있으며, 각 사진들을 효율적으로 관리하고 시각화하는 방법에 관심이 집중되고 있다. 일반적으로 디지털 사진기에 의해 촬영된 디지털 사진은 촬영될 당시의 정보를 EXIF 형태로 사진 파일에 저장함으로써, 사진 관리에 유용한 정보를 제공한다. 그 중, 사진의 촬영 시각은 각 행사일에 따라 사진을 구별하는 기준이 되며, 촬영된 사진의 이벤트와 사람의 기억을 연상한다는 점에서 중요하다. 본 보고서에서는 촬영 시각 정보를 활용하여, 각 사진들이 촬영된 시간차에 따라 사진의 시간 색인 트리를 구성함으로써, 촬영 시간이 유사한 일련의 후보 사진들을 검색하기에 적합한 자료 구조를 제시한다. 다수의 사진을 시각화하고 배열하는 대부분의 툴들은 하나의 사진을 배치하기 위해서, 수많은 사진들과 비교해야 하는데, 본 보고서에서 제안한 자료 구조는 시간에 따라 각 사진들을 배열하거나 시각화 할 때 유용하게 활용될 것이다.

KEYWORDS Photo Visualization, Layout Algorithm, EXIF, Time Index Tree

## 1 서론

최근 몇년 사이에 보급형 디지털 카메라의 확산과 저장 매체인 플래쉬 메모리의 발전으로 인해 사용자들이 손쉽게 수백장 이상의 사진을 촬영할 수 있게 되었다. 그러므로 필름 카메라 시절과는 달리 불과 몇년 만에 사람의 일상 생활에서 수백 수천장의 사진을 개인이 관리하게 되었으며, 이 작업은 결코 간단한 작업이 아니다. 대부분의 일반인들은 사진을 관리할 때, 각 사진들을 인물 혹은 이벤트 단위로 분류하게 되는데[1], 이러한 작업은 수백 수천장의 사진을 일일이 찾아보면서 사진 정리를 수행해야 하는 불편함이 존재한다. 따라서 이러한 작업을 도와주기 위한 다양한 연구가 표 1과 같이 수행되었으며, 그 결과 많은 양의 사진들을 시각화하기 위한 프로그램들이 개발되었다.

현재 진행된 사진 시각화와 관련된 연구들은 대부분 많은 양의 사진들을 제한된 2D 공간에서 표현하기 위해서, 유사한 속성을 가진 사진들은 기하학적으로 서로 인접하게 배치하고 다른 속성을 가진 사진들은 서로 멀리 배치하는 방법을 연구한다. 이를 위해 대표적으로 사용되는 레이아웃은 사진의 썸네일을 각각 노드와 셀로 처리하는 스프링과 그리드 시스템이다, 수백에서 수천장의 대용량 사진 데이터들을 서로 유사한 속성끼리 인접되게 배치하는 레이아웃 알고리즘에 있어서, 특정 사진의 추가는 현재 배치된 모든 사진들과의 비교 연산을 수행하게 되는 작업이며, 이 때 비교해야하는 후보 리스트를 선별하는 작업은 알고리즘 수행 성능 측면에서 중요한 문제이다.

본 보고서에서는 시간 정보에 따라 비교할 후보 리스트를 선택하기 용이한 시간 색인 트리(Time Index Tree)를 제안한다. 앞서 언급했듯이 사진 관리에 있어서 시간 정보는 사용자의 기억과 사진을 연결하고 구분짓는 중요한 정보이기 때문에, 각 사진의 시간차에 따라 사진 인덱싱이 가능한 트리를 구현한다면 앞서 언급한 레이아웃 알고리즘의 후보 리스트를 선별하는데 유용하게 활용될 것이다. 각 사진의 촬영 시간 정보는 사진 파일에 저장된 EXIF (Exchangeable Image File Format)에서 추출하였으며[2], 각 트리의 노드마다 자식노드들의 평균 시간차와 최대 최소 시간차등의 시간 정보를 저장하였다. 향후에는 시간 색인 트리를 활용한 그리드 기반의 사진 시각화 툴을 개발할 예정이며, 본 보고서에서는 구현할 기능과 개발 현황에 대해 논의한다.

## 2 관련 연구

최근까지 많은 수의 사진들을 효율적으로 관리하고 시각화하기 위해 많은 연구가 이루어졌다. 각 사진들을 시각화하기 위한 연구로써, Benjamin은 영상 줌인 브라우저인 PhotoMesa를 개발하였다[3]. PhotoMesa는 Quantum Treemap과 Bubble map을 사용하여, 사용자가 지정한 특성(년도,달,서랍)에 따라 그룹별 시각화 기능과 설정한 각 그룹을 폴더로 나누어 정리해주는 기능을 제공한다. Quantum Treemap은 공간을 재귀적으로 사분면으로 분할하고 분할된 공간을 접근하기에 용이한 트리 자료 구조이며, Quantum Treemap의 2D 평면의 공간 낭비를 최소화하기 위해 Bubble map을 사용하였다. Kerry는 각 사진들을 유사한 속성에 따라 시각화함으로써, 유사한 사진들을 쉽게 찾을 수 있는 인터페이스를 제안하였다[4, 5]. Kerry는 코사인 계수나 색상 텍스처와 같은 시각적인 유사특성을 기준으로 Multi-Dimensional Scaling(이하, MDS)으로 사진들을 재배열하였다. 그리고 제안한 방식을 평가하기 위해서, 디자이너들을 대상으로 특정 상황을 설정한 후 상황에 맞는 사진을 쉽게 선택하는지를 평가하는 Simulated work task situation을 수행하였다.

사진의 촬영 시간을 우선시하여 트리형태의 클러스터링 방법이 Graham에 의해 제안되었다[6]. Graham의 방법은 최초로 분할되는 초기 클러스터들을 루트 밑에 추가하고 촬영 시각 정보에 따라 재귀적인 형태로 각 클러스터들을 자식으로 추가하면서 트리를 구성하는 방법을 사용한다. 이 때 실제 사진들은 트리의 리프노드 형태로 저장된다. 이 방법은 실제 촬영되는 사진들은 특정 시간에 집중적으로 촬영되기 때문에, 각 사진 클러스터들을 고르게 분산하기 위해서 동적인 시간 단위를 적용하였다. 그림 1은 Graham이 제안한 두가지 사진 클러스터링 뷰어를 보여준다. Graham의 방법은 시간 정보를 중요하게 고려하여, 트리형태의 자료 구조를 사용한다는 면에서 본 보고서에서 제안한 시간 색인 트리와 유사한 점이 많다.

사진을 포함한 다양한 데이터들을 유사한 속성에 따라 사용자에게 시각화하기 위해서 레이아웃을 생성하는 기술 또한 많은 연구가 이루어졌다. Matthew는 각 데이터들의 불일치성을 정의하고 이에 따라 각 데이터들의 레이아웃을 스프링 시스템으로 생성하였다[7]. 스프링 시스템에서는 각 데이터의 힘 변화가 모든 데이터들에게 영향력을 행사하기 때문에 한번의 힘 계산으로 인해  $N(N-1)$  반복 계산이 필요하기 때문에, Matthew는 비교해야할 후보 데이터 개수의 선형성을 유지함으로써, 레이아웃 생성 시간을 단축하였다. Roberto는 각 입력 데이터들의 유사한 정도를 그리드 좌표에서 정의(Chebyshev Distance Measure)하고 유사한 데이터들을 가까운 거리에 배치함으로써, 사용자에게 유



그림 1. 트리를 이용한 사진 클러스터링[6]. (a) Calander View - 일년 단위의 사진 뷰어. (b) 계층화된 사진 뷰어. (c) 실제 시간 정보에 따라 클러스터링된 트리 자료 구조. 리프노드에 각 사진들이 저장된다.

사한 데이터들을 편리하게 시각화할 수 있는 Incremental Board 를 제안하였다[8]. Incremental Board 또한 Matthew 의 시스템과 마찬가지로 제한된 2D 그리드 공간에서 유사함에 의한 데이터의 응집력을 유지하기 위해서,  $N(N - 1)$  반복 계산이 필요하다. Roberto 는 이를 해결하기 위해, Matthew 가 해결한 것과 유사한 방법으로 각 후보 데이터의 개수에 대한 선형성을 유지하였다.

본 보고서에서는 관련 연구를 표 1과 같이 정리하였다. 정리 결과 유사한 데이터들을 응집되게 배치하여 사용자에게 편리한 인터페이스를 제공하는 레이아웃 관련 연구들은 대부분 다음과 같은 흐름에 따라 레이아웃을 생성하는 것을 알 수 있었다.

1. 각 데이터의 유사한 정도를 정의하고 이를 기반으로 오차율을 정의한다.
2. 각각 정의한 배치 알고리즘을 기반으로 에너지의 변화가 발생할 경우, 비교할 대상을 이웃노드로 선정한다.
3. 선정한 이웃 노드들과 에너지를 비교하면서 가장 에너지가 최소화 되는 레이아웃으로 결정한다.

### 3 사진의 시간 색인 트리

일반적으로 사진 시각화 툴들은 많은 수의 사진들을 실시간으로 처리해야 하기 때문에, 많은 시간이 소요된다. 그러므로 대부분의 레이아웃 알고리즘들 중 새로운 사진이 추가될 때 비교해야 할 이웃 노드들의 리스트를 선정하는 작업은 중요한 이슈가 된다.

그림 2는 본 보고서에서 제안한 시간 색인 트리이다. 각 노드는 시각화될 사진의 포인터를 가지고 있으며, 각 사진의 EXIF에서 추출한 정보를 활용하여 새로운 노드가 추가될 경우, 먼저 부모 노드(처음 탐색시는 Root)의 자식 노드들과 촬영 시간의 차이를 비교한다. 그 후 부모 노드의 자식 노드들 중에서 사용자가 입력한 시각 차이보다 작은 시각 차이를 가지는 노드를 찾게 되는데, 만약 부모 노드의 자식 노드들 중에서 찾지 못한다면 새로 추가되는 노드는 부모 노드의 또 다른 자식 노드로

표 1. 사진 시각화와 관련된 연구들.

Study	Layout	Algorithm	Explanation
Photo Mesa[3]	Grid	Quantom Treemap. Bubble map.	- 영상 줌인 기능. - 사용자 지정 특성에 따른 그룹별 시각화 기능.
Kerry [4, 5]	Grid and Overlap	MDS.	- 사진의 시각적인 유사성에 따른 그룹화. - Simulated work task situation 을 이용한 평가.
Graham [6]	Grid	Clustering by time	- 동적인 시간 간격에 따른 트리 구조의 클러스터링 - Calander View 와 계층화된 사진 뷰어
Incremental Board [8]	Grid	Energy Minimization Model	- Chebyshev Distance Measure 의 데이터 유사성 정의 - stochastic mode 와 full mode 지원. - 각 셀의 상태를 레이아웃 상황에 맞게 unstable 과 stable 로 구분하여 계산 비용 절감.
Metthew[7]	Spring	3D.	- 각 데이터의 불일치성을 정의. - 힘 변화에 따라 계산해야할 후보 데이터 개수의 선형성 유지.

설정되어, 형제 노드가 된다. 그 반대의 경우라면, 부모 노드들 중 최소 시각 차이를 가지는 노드를 부모 노드로 설정하여, 새노드 추가 작업을 재귀적으로 수행한다. 이를 정리하면 알고리즘 1과 같다.

앞서 언급하였듯이 Graham은 이러한 비교 연산 비용을 절약하기 위해서, 촬영 시각에 따라 트리가 생성되는 사진 클러스터링 방법을 제안하였다[9]. Graham의 방법은 클러스터를 시간 정보에 따라 트리 자료 구조로 구현하면서, 리프 노드에 각 사진들의 집합을 구성하는 방법이지만 본 보고서에서는 시간 정보에 따라 색인 트리를 구성한 후, 실제 사진의 레이아웃을 생성할 때, 비교할 각 사진들의 후보를 재빨리 선별하기 위해 생성되는 자료 구조이다.

#### 4 사진 시각화 툴 개발 현황

수많은 사진들을 사용자에게 효율적으로 시각화하기 위해서, 본 보고서에서는 그림 3과 같은 인터페이스의 사진 시각화 툴을 구현하고 있다. 현재 개발중인 사진 시각화 툴은 (a) 제어탭, (b) 썸네일 뷰어 그리고 (c) 공통 제어탭과 같이 크게 3가지로 나누어진다. 사진의 시각화 작업은 먼저 그림 (a)의 제어 탭에서 (b)의 썸네일 뷰어 초기화 작업을 수행하여, 시각화될 사진의 썸네일 크기에 따라 (b) 썸네일 뷰어의 그리드 영역을 분할한다. 그 후, EXIF에서 추출한 사진의 촬영 시간 정보에 따라 보고서에서 제안한 시간 색인 트리를 구성하면서 동시에 각 비교될 사진의 후보 리스트에 있는 유사 사진들과 비교한 후, 가장 작은 에러율을 가진 셀에 새로운 사진을 추가하게 된다. 이 때, 비교될 사진의 후보



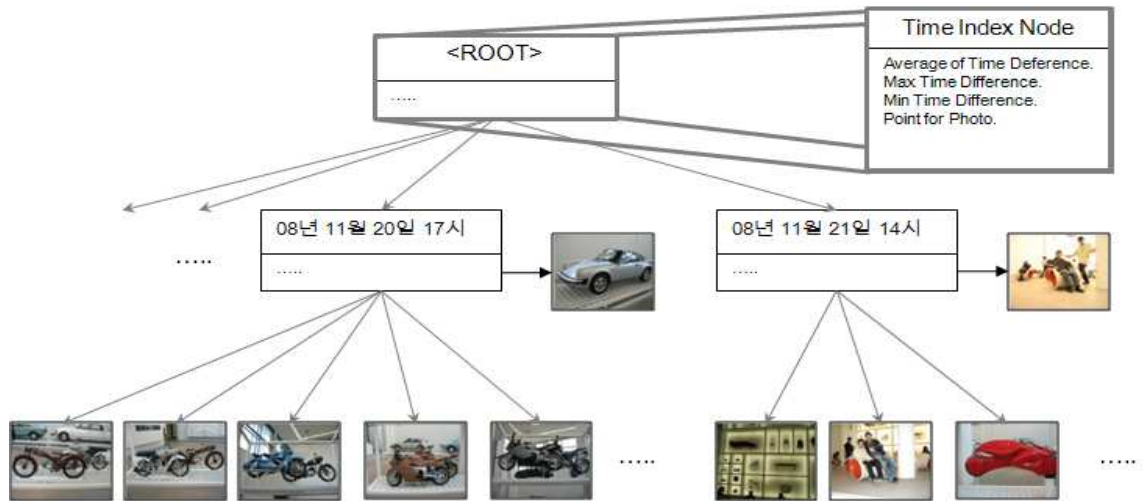


그림 2. 사진의 시간 색인 트리. 각 노드는 사진의 포인터와 각 자식 사진들의 촬영 시간 차이의 평균, 촬영 시간차이의 최소 최대값 등의 정보를 저장하고 있다.

리스트는 추가될 사진의 시간 정보와 사진의 유사도를 고려하여, 사진 색인 트리에 의해 적은 탐색 비용으로 선별된다. 현재 구현된 사진 시각화 툴 개발 현황은 다음과 같다.

1. EXIF 정보를 로드한 후, 사진의 썸네일 구성과 그리드에 배치하는 기능.
2. 촬영 시각 정보에 따라 사진의 시간 색인 트리 구성.

현재 개발중인 사진 시각화 툴은 개발의 초기 단계이며, 현재는 사진에 대한 기본적인 기능과 사진의 시간 색인 트리만 구현된 상황이다. 앞으로 구현하고 고려해야할 연구들은 다음과 같이 크게 3 가지로 분류할 수 있다.

1. 각 사진들을 비교할 수 있는 사진의 유사한 정도를 정의하고 이 특성을 사진의 시간 색인 트리에 반영하는 방법.
2. 사진의 시간 색인 트리를 이용하여 비교 가능한 사진들의 후보 리스트를 선별하는 작업.
3. 시간과 사진의 유사 특성에 따라 사용자에게 편리한 레이아웃을 시각화 하는 작업.

이미지 추출 분야의 연구자인 Rodden은 첫번째 문제에 대해서 사진의 시각적인 효과를 픽셀 수준의 레벨에서 비교 가능한 시각적인 효과를 선별하였다[5, 10]. 물론 이 문제는 사용자가 어떻게 평가하고 정의하는지에 따라 달라지는 어려운 문제이지만, 사용자의 주관을 최대한 배제하기 위해서, 색상 히스토그램과 텍스처 그리고 세그멘테이션된 영역의 색상과 형태 등과 같이 전반적으로 저레벨의 비교 가능한 시각적 효과를 제시하였다.

두번째 문제는 첫번째 문제가 결정되고 시각적인 요소들의 측정 방법이 정해진다면, 시간 색인 트리에서 사진의 유사한 정도를 사용자가 지정한 시간차에 대한 임계값을 벗어 나지 않는 수준에서 반영하면 된다. 예를 들어 사용자가 수백 수천장의 사진들을 하루 시간 단위로 시각화를 수행하고 싶다고 가정한다. 이 때, 각 사진의 시각적인 평가 기준이 유사하여, 부모와 자식 노드의 위치를 변경하는

---

**Algorithm 1** 본 보고서에서 제안하는 사진의 시간 색인 트리의 노드 추가 방법.

---

```

1: procedure ADDNODEONTIMEINDEXTREE( TimeIdxNode NewNode, TimeIdxNode Parent,
   Tgap )
2:   Input
3:     NewNode: 새로 추가될 노드.
4:     Parent : NewNode 가 자식으로 추가되기 위한 부모 노드.
5:     Tgap : NewNode 를 형제 노드로 추가할지 자신의 자식 노드로 추가할지를 결정하기 위한
   시간 차이
   ▷ 모든 자식 노드들을 대상으로
6:   for all Child ∈ Parent do
7:     if |Child.GetAvgTime() – NewNode.GetTime()| > Tgap then
   ▷ 형제 노드로 설정한다.
8:       Parent.AddChild(NewNode);
9:       NewNode.AdjustParentTimeGapRecursive();
   ▷ 새로 추가된 노드의 부모 노드들을 재귀적인 방법으로의 평균, 최대, 최소 시간 차이를
   보정한다.
10:    else ▷ Child 의 자식 노드들 중에서, 재귀적으로 다시 자리를 탐색한다.
11:      AddNodeOnTimeIndexTree(NewNode,Child, $\alpha \cdot T_{gap}$ );
12:    end if
13:  end for
14: end procedure
15:
16: NewNode 를 Root 가 RootNode 인 트리에 노드를 추가한다.
17: AddNodeOnTree(NewNode, RootNode, Tgap)
18:

```

---

것은 가능하지만, Root의 직속 자식 노드들은 서로의 시간 차이가 사용자가 지정한 하루라는 시간 단위에 의해 분기 되어 있는 상태이기 때문에 이러한 상하관계를 변경하지 않는 제약조건을 설정하면 해결될 것이다.

세번째 문제는 시간 영역 뿐만 아니라 사용자가 고려한 사진의 유사한 정도를 조절하여 사용자가 원하는 수준의 클러스터링과 이에 따른 LOD(Level Of Detail) 인터페이스를 제공하는 것이다. 시각화 해야할 수백 수천개의 사진 데이터는 제한된 2차원 모니터 상의 그리드 레이아웃에 시각화하기에는 상당히 많은 양이며, 시간과 이미지가 유사한 정도에 따라 각 영역을 클러스터링 하고 이를 대표하는 이미지를 제시하여 사용자가 유사한 이미지를 계층별로 탐색할 수 있는 인터페이스를 제공해야 한다.

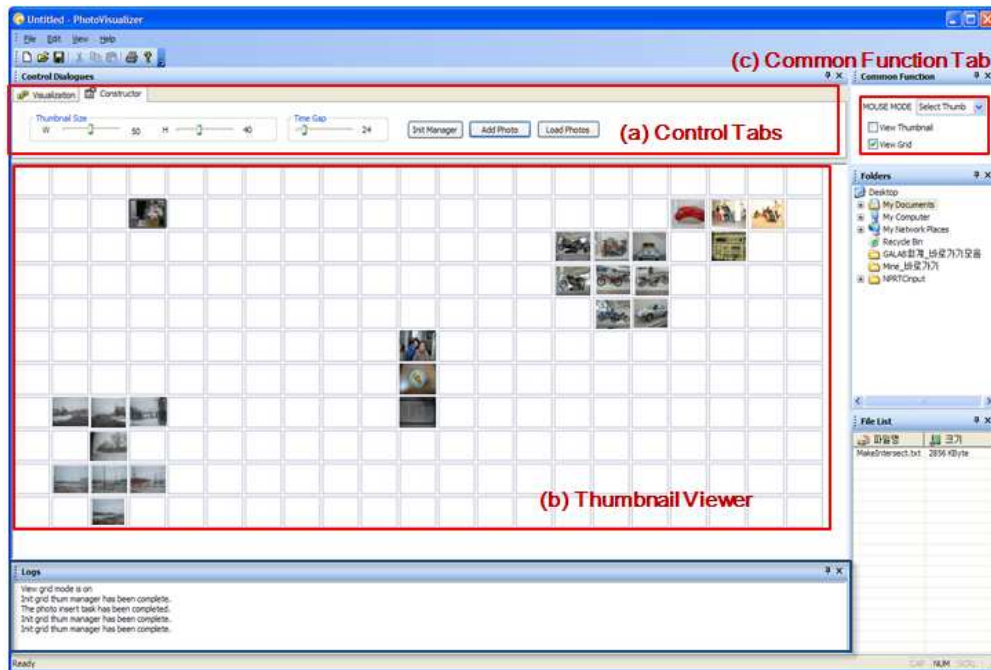


그림 3. 현재 개발중인 Photo Visualizer의 인터페이스. (a) Control Tabs : 썸네일의 크기와 시간 색인 트리를 구성하기 위해 시간차를 지정하는 인터페이스. (b) Thumbnail Viewer : 실제 사진의 레이아웃을 시각화하는 그리드 기반의 뷰어. (c) Common Function Tab : 공통적으로 사용하기 위한 기능을 제어하기 위한 인터페이스.

### 5 결론 및 향후 연구과제

최근들어 디지털 카메라의 보급으로 인해 일반 사람들이 수백 수천장의 사진들을 촬영하는 빈도가 많아졌기 때문에, 수많은 사진들을 효율적으로 관리하고 시각화하는 방법에 대해 많은 연구가 이루어지고 있다. 일반적으로 디지털 사진기에 의해 촬영된 디지털 사진은 촬영될 당시의 정보를 EXIF 형태로 사진 파일에 저장하게 되며, 그 중 촬영 시각 정보는 각 행사일에 따라 사진을 구별하는 역할을 하며, 촬영된 사진의 이벤트와 사람의 기억을 연결한다는 점에서 사진 관리의 중요한 정보이다. 본 보고서에서는 이러한 촬영 시각 정보를 트리구조의 시간 색인 트리를 제안하였으며, 이를 그리드 기반의 사진 시각화 틀에 적용할 예정이다. 보고서에서 제안한 시간 색인 트리는 사진의 레이아웃 생성 알고리즘에 있어서, 새로운 사진이 추가할 때 비교해야 하는 후보 사진 리스트를 구성하는데 유용하게 활용될 수 있으며, 시간별로 클러스터링을 수행하고 이미지의 유사한 특성에 따라 LOD 인터페이스를 제공하는데 많은 역할을 수행할 것이다.

시간 색인 트리를 이용한 사진 시각화 틀의 현재 구현 단계는 구현 시작 단계이며, 현재 사진의 EXIF 정보 추출과 시간 색인 트리 기능을 구현한 상황이다. 본 보고서에서는 4장에서 언급한 시간 색인 트리 기반의 사진 시각화 틀 개발을 향후 연구과제로 제시한다.

## 참고 문헌

1. Kerry Rodden and Kenneth R. Wood, "How do people manage their digital photographs?," in *CHI '03: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, New York, NY, USA, 2003, pp. 409–416, ACM Press.
2. 장철진, "EXIF 정보를 가진 디지털 카메라 사진의 새로운 클러스터링 방법," Technical Report SUR07004GRA, Graphics Application Lab. CS Dept., March 2007.
3. Benjamin B. Bederson, "Photomesa: a zoomable image browser using quantum treemaps and bubblemaps," in *UIST '01: Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology*, New York, NY, USA, 2001, pp. 71–80, ACM Press.
4. Kerry Rodden, Wojciech Basalaj, David Sinclair, and Kenneth Wood, "Does organisation by similarity assist image browsing?," in *CHI 01: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, New York, NY, USA, 2001, pp. 190–197, ACM.
5. Sinclair David Rodden Kerry, Basalaj Wojciech and Wood Kenneth, "Evaluating a visualization of image similarity as a tool for image browsing," in *INFOVIS '99: Proceedings of the 1999 IEEE Symposium on Information Visualization*, Washington, DC, USA, 1999, p. 36, IEEE Computer Society.
6. Adrian Graham, Hector Garcia-Molina, Andreas Paepcke, and Terry Winograd, "Time as essence for photo browsing through personal digital libraries," in *Joint Conference on Digital Libraries (JCDL 2002)*, 2002.
7. Matthew Chalmers, "A linear iteration time layout algorithm for visualising high-dimensional data," in *VIS '96: Proceedings of the 7th conference on Visualization '96*, Los Alamitos, CA, USA, 1996, pp. 127–ff., IEEE Computer Society Press.
8. Alneu de A.Lopes Roberto Pinho, Maria Cristina F. de Oliveira, "Incremental board," in *SAC '09: Proceedings of the 24th Annual ACM Symposium on Applied Computing 2009*. 2009, pp. 1757–1764, ACM.
9. Adrian Graham, Hector Garcia-Molina, Andreas Paepcke, and Terry Winograd, "Time as essence for photo browsing through personal digital libraries," in *Joint Conference on Digital Libraries (JCDL 2002)*, 2002.
10. K. Rodden, *Evaluating user interfaces for image browsing and retrieval.*, Ph.D. thesis, University of Cambridge Computer Laboratory, 2001.