

촬영시각 차이를 고려한 우선순위 큐 기반의 사진 클러스터링

류동성, 김광휘, 조환규
부산대학교 컴퓨터공학과
e-mail : dsryu99, kwanghwi, hgcho@pusan.ac.kr

A Priority Queue-Based Photo Clustering Method Using Temporal Information

Dong-Sung Ryu, KwangHwi Kim, Hwan-Gue Cho*
Dept. of Computer Engineering, Pusan National University

요 약

이전 필름 카메라 시대에는 한 필름에 촬영 가능한 사진의 수가 제한되고 인화와 현상에 대한 비용과 시간 소모로 인해, 꼭 필요하거나 중요한 순간에 사진을 촬영하였다. 그러나 최근에는 디지털 카메라의 보급과 대용량화된 메모리로 인해, 이전의 필름 카메라 시대와는 달리 일반 사람들도 한번에 많은 양의 사진을 촬영하는 일이 많아졌다. 이와 같이 관리해야 할 사진의 수가 많아질수록 사진을 분류하고 관리하는 작업에 많은 노력과 비용이 소모된다. 본 논문에서는 윈도우와 우선순위 큐를 이용하여, 촬영시각 문맥 (temporal context)의 흐름이 약한 순서대로 사진들을 클러스터링하는 방법을 제안한다. 제안한 방법의 평가를 위해서, Cooper 가 제안한 이벤트 클러스터링 방법과 정확도와 재현율을 비교하였으며, 사진 촬영 시각 차이의 분포의 편차가 작을수록, 제안한 클러스터링 방법이 높은 정확도를 보였다. 본 논문에서 제안한 촬영 시각 클러스터링은 많은 수의 사진들을 이벤트 기반으로 자동 분류하는데 활용될 수 있으며, 클러스터링된 정보들을 그룹별로 시각화하기 위한 인터페이스를 개발하는 것을 향후 연구과제로 제시한다.

1. 서론

이전 필름 카메라 시대에는 한 필름에 촬영 가능한 사진의 수가 제한되고 인화와 현상에 대한 비용과 시간 소모로 인해, 꼭 필요하거나 중요한 순간에 사진을 촬영하였다. 그러나 최근에는 디지털 카메라의 보급과 대용량화된 메모리로 인해, 이전의 필름 카메라 시대와는 달리 일반 사람들도 한번에 많은 양의 사진을 촬영하는 일이 많아졌다. 즉, 카메라의 사진 촬영에 대한 부담감이 감소됨에 따라 사진 촬영에 대한 빈도수가 증가하였으며, 대부분의 디지털 카메라 사용자들도 대용량 (4 박 5 일 정도의 여행 : 500 장 ~ 1,000 장)의 사진을 관리해야 하는 일이 일반화되었다.

일반적으로 사진 관리를 위해 수행하는 작업들 중, 사진을 분류하는 작업은 분류해야 할 사진의 개수가 많아질수록 많은 시간과 노력이 소모된다. 대부분의 사진 촬영자가 사용하는 사진 분류 방법은 사진 촬영 직후에 자신이 촬영한 사진들을 이벤트나 내용에 맞게 디렉토리를 만들어 분류하고 분류된 디렉토리를 촬영 연도와 같이 구체적인 기간으로 정리하는 방법을 사용한다[1]. 사진 분류 작업에 있어서 소모되는 시간과 작업량은 관리해야 할 사진들의 수에 비례하며, 관리해야 할 사진의 수가 많아질수록 많은 시간과 노력이 소모된다[2,3]. 그러므로 사진을 관리할 여유가 없거나 컴퓨터 사용에 익숙치 않은 사용자들은

위에서 언급한 사진 분류 작업을 생략하고, 임의의 디렉토리에 촬영한 사진을 복사하고 방치해버리는 경향이 있다. 이러한 경우, 일정 시간이 흐른 뒤, 사진 촬영 당시의 기억이 희미해진 상황에서 친구들과 공유하기 위해 사진 분류 작업을 수행할 경우, 많은 시간과 노력이 소모된다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서, 많은 수의 사진을 촬영 시각에 따라 클러스터링하는 기법에 대해 논의한다.

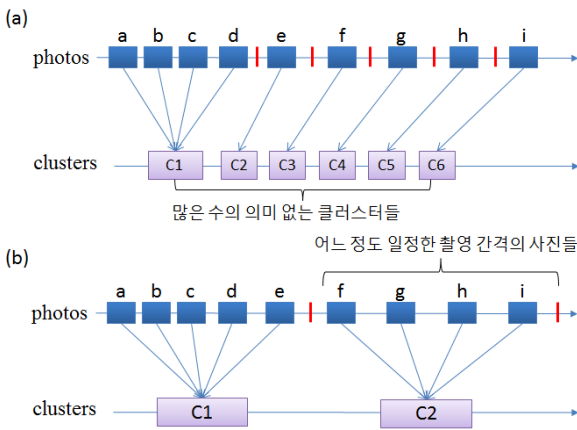
2. 관련 연구

사진을 체계적이고 효율적으로 관리하기 위한 작업들 중에서 가장 힘든 작업들 중 하나가 많은 수의 사진을 분류하는 작업이다. 이를 해결하기 위해서, 예전부터 사진 클러스터링에 대한 많은 연구가 진행되었다. 대부분의 사진 클러스터링에 사용되는 분류 기준은 촬영 시각이나 색상 정보이다. 사진에 내재된 GPS 정보의 경우, 촬영된 장소가 각 사진에 포함되기 때문에, 아주 유용하게 활용될 수 있다. 그러나, 현재 GPS 가 내장된 카메라는 배터리 소모량이 많아 잘 보급되어 있지 않기 때문에, GPS 정보가 EXIF 에 내재된 사진은 스마트폰에서 촬영된 사진이 대부분이다.

대부분 이벤트 단위로 촬영된 사진들은 촬영 시각 문맥(temporal context)의 흐름이 약한 부분에서 분할되게 된다. 촬영 시각에 따라 각 사진들을 클러스터링

하는 대표적인 연구는 Cooper 가 제안한 이벤트 기반의 클러스터링 기법이다[2]. 이 방법은 Logistic 함수를 이용하여 촬영 시각 차이로 인해 촬영시각 문맥이 약한 사진들을 분류하여, 이벤트 클러스터로 분류하였다. Platt 은 촬영 시각을 기준으로 Hidden Markov Model 기반의 확률적인 클러스터링 기능을 제공하는 AutoAlbum 시스템을 개발하였다[4]. 이 시스템은 먼저 촬영 시각 문맥에 따라 클러스터링한 후, best first probabilistic model merging 기법을 사용하여 유사한 내용의 사진들을 재결합하여 의미있는 사진 집합을 사용자에게 제공한다. Boutell 은 촬영 시각과 내용 기반의 문맥을 결합하기 위해서, 1 차원의 Hidden Markov Model 을 이용한 클러스터링 기법을 제안하였다[5]. 마지막으로, Jang 은 Max-Flow 와 Min-cut 을 이용하여 다중 카메라에 의해 촬영된 사진들의 클러스터링 기법을 제안하였다[6].

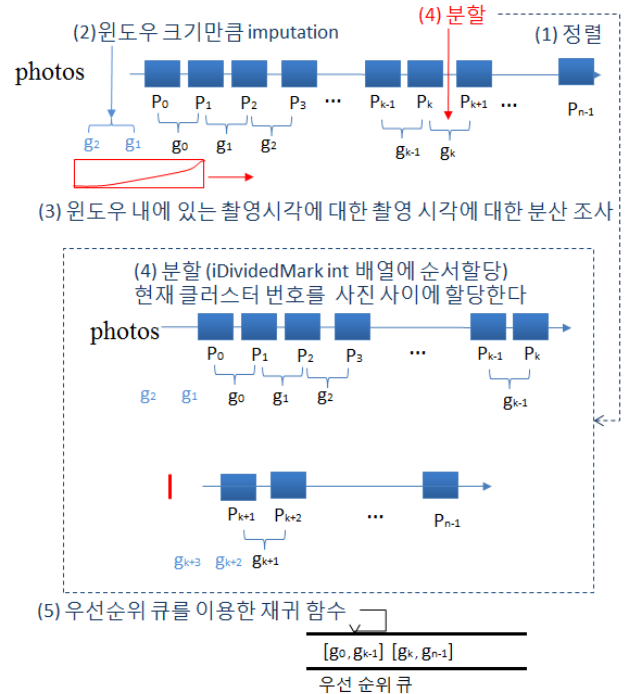
3. 촬영 시각을 고려한 클러스터링 기법



(그림 1) 촬영 시각을 이용한 사진 클러스터링 예시. (a) 단순히 촬영 시각의 차이로 클러스터링한 결과. 그림에서 e, f, g, h, i 사진의 경우, 촬영 시각 간격이 커서 각각 다른 클러스터(C2 ~ C6)로 분류된다. (b) 본 논문에서 목표하려는 촬영 시각 클러스터링. 같은 간격의 f, g, h, i 사진의 경우 동일한 클러스터 C2로 분류된다.

사진의 촬영 시각은 각 사진들이 촬영될 당시의 시각을 의미한다. 그리고, 촬영 시각은 각 이벤트의 시점에서의 이벤트 내용을 촬영하기 때문에, 촬영 당시의 이벤트와 밀접한 관계가 있다[2]. 그러므로 대부분의 사진 클러스터링 연구에서는 촬영 시각 문맥(temporal context) 흐름이 약한 부분을 분류하여, 각 사진 그룹들을 생성한다. 그림 1의 (a)의 사진 분류 방법은 촬영 시각 순서대로 각 사진들을 정렬한 후, 단순히 일정 시간 간격을 기준으로 사진들을 분류하는 방법을 사용하였다. 이 방법의 경우, 촬영 시각 문맥 흐름을 파악하지 못했기 때문에, 그림의 C2 ~ C6 과 같이 많은 수의 의미 없는 클러스터들이 생성된다. 본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서,

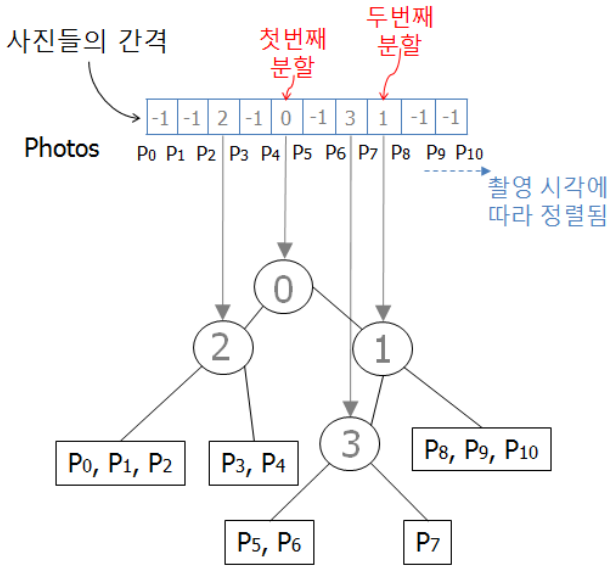
사용자가 지정한 크기의 윈도우 기반의 클러스터링 방법을 제안한다. 이 방법은 사용자가 지정한 윈도우 크기 안에 포함된 사진들을 대상으로 가장 분산이 큰 부분을 우선적으로 분할하여 그림 1의 (b)와 같은 사진 집합을 형성하는 것을 목표로 한다.



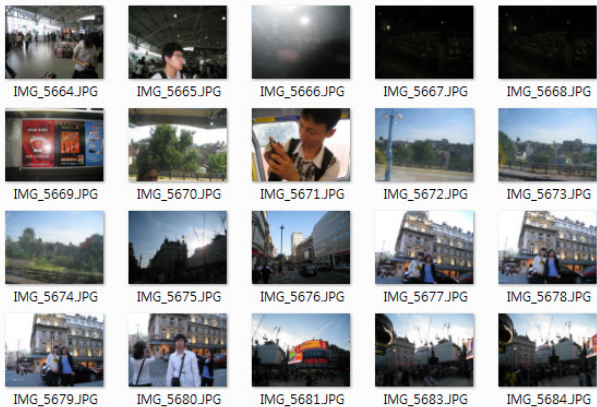
(그림 2) 논문에서 제안한 촬영 시각 차이를 이용한 사진 분할 방법. 제안한 방법은 가우시안 분포의 가중치가 적용되는 윈도우와 우선 순위 큐에 의해 호출되는 재귀함수를 이용한다.

그림 2는 논문에서 제안한 클러스터링 방법을 도식화한 것이다. 먼저 각 사진들을 촬영시각 순서로 정렬한 뒤, 각 사진들의 촬영 시각 차이 g_i 를 추출한다. 그 후, 사용자가 지정한 크기의 윈도우가 첫번째 촬영 시각 차이 g_0 를 포함하게 imputation 을 수행한다. 해당 윈도우는 좌측에서 우측으로 진행하면서, 윈도우 내에 있는 촬영 시각 차이의 분산을 계산하여, 편차가 가장 큰 부분을 기준으로 두 사진을 분할한다. 이 때, 윈도우 내에 있는 촬영 시각 차이의 분산을 계산함으로써, 촬영 시각에 대한 문맥이 가장 약한 곳을 찾을 수 있다. 분할된 두 사진 집합은 각 사진들의 촬영 시각 편차가 큰 집합을 우선 순위로 추출하는 우선순위 큐에 할당되며, 각 수행 시점에서, 가장 편차가 큰 집합 순서로 앞서 언급한 분할작업이 재귀적으로 반복된다.

본 논문에서 제안한 클러스터링 방법은 편차가 큰 사진 집합을 먼저 분할하기 때문에, 그림 3 과 같이 계층적인 클러스터링 작업이 수행 가능하다. 즉, 촬영 시각 간격에 분할된 순서가 할당되며, 각 사진들은 촬영 시각에 따라 정렬되었기 때문에, 그림과 같은 트리 구조의 계층적인 사진 클러스터링이 가능하다.



(그림 3) 촬영시각 클러스터링 결과. 각 사진들은 촬영시각에 따라 정렬할 수 있고, 우선순위 큐에 의해 촬영 시각 문맥이 약한 곳에 분할되기 때문에 그림과 같이 계층적인 클러스터링을 수행할 수 있다.



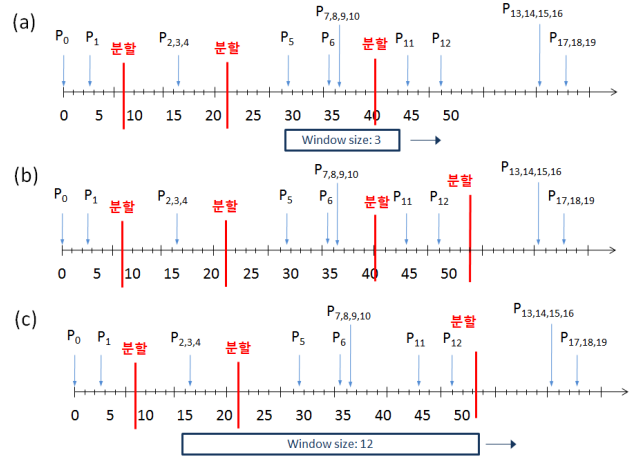
(그림 4) 클러스터링을 위한 입력 데이터 사진들

그림 4 와 5 는 제안한 클러스터링 기법을 통해서, 20 장의 사진을 클러스터링한 결과를 보여준다. 사용자가 지정한 분할될 레벨(클러스터 개수)은 4 와 5 를 지정하였는데 지정한 레벨에 따라 계층적인 구조로 분류됨을 알 수 있다.

그림 6 은 그림 4 사진들의 촬영 시각 간격 분포를 로그스케일로 시각화한 것이다. 사용자가 지정한 윈도우 크기에 따라 분할될 시점을 찾는데 고려되는 사진의 개수가 달라진다. 그러므로 윈도우의 크기가 크게 지정될수록 분할 시점을 찾을 때, 보다 많은 수의 촬영 시각 분포가 고려되기 때문에, 그림 6 의 (a)와 그림 6 의 (c)와 같이 다른 시점에서 분할된다.



(그림 5) 그림 4 의 입력 사진 데이터를 클러스터링한 결과. 사용자가 지정한 레벨에 따라 계층적으로 사진들이 분할되며, 지정한 윈도우 크기가 클수록 분할되는 클러스터에 포함된 사진 수가 균등해지는 현상이 발생한다. (a) 윈도우 크기: 3, 분할 레벨: 4. (b) 그림 (a)에서 분할된 클러스터. 윈도우 크기: 3, 분할 레벨: 5. (c) 윈도우 크기: 12, 분할레벨: 4



(그림 6) 그림 4 사진들의 촬영 시각의 분포와 분할 결과. 수평선의 숫자는 로그스케일화된 촬영시각 간격(분)을 의미하며, 제안한 클러스터링에 의해 분할된 간격을 붉은색 직선으로 도식화하였다. (a) 윈도우

우 크기: 3, 분할레벨: 4. (b) 윈도우 크기: 3, 분할레벨: 5. (c) 윈도우 크기: 12, 분할레벨: 4

4. 실험 결과 및 분석

본 논문에서 제안한 클러스터링 방식의 성능을 입증하기 위해서, 3 가지의 사진 집합을 이용하여, Cooper 가 제안한 촬영시각 클러스터링 방법 [1]과 정확성과 재현율을 비교한다. Cooper 의 방식은 로지스틱 함수를 이용하여 두 사진 사이의 촬영시각 유사도를 정의하고, 가장 유사하지 않는 부분을 분할하여, 전반적으로 촬영시각 문맥이 약한 부분을 찾는 방법이다. Cooper 는 이벤트 기반 클러스터링을 위해서, 내용기반의 클러스터링 방법과 결합하여 이벤트 클러스터링 방법을 제안하였지만, 본 논문에서는 촬영 시각 문맥만을 고려한 이벤트 클러스터링 방법과 비교하였다.

<표 1> 클러스터링 정확도와 재현율 평가 결과. 제안한 시스템의 경우, 촬영 시각 차이 편차가 작은 경우, Cooper 의 촬영시각 클러스터링 방법보다 우수한 성능을 보였다. 표준편차는 촬영 시각 간격을 분단위로 환산한 후, 로그 스케일된 값으로 측정하였다.

입력 사진 (장수/표준편차)	클러스터링	정확도	재현율
A (82/240.3 분)	Cooper	0.806	0.832
	Ours	0.852	0.841
B (145/ 250.2 분)	Cooper	0.800	0.828
	Ours	0.823	0.832
C (279/ 325.4 분)	Cooper	0.782	0.812
	Ours	0.740	0.792

제안한 방법을 평가하기 위한 Ground Set 은 각 사진 집합 A (82 장), B (145 장), C (279 장) 의 촬영자가 직접 수작업으로 분류하여 생성하였으며, 정해진 클러스터의 개수에 따라 각 사진들을 분류하였다. 분류된 사진에는 EXIF 의 커스텀 태그에 분류된 클러스터 번호를 삽입해서, 정확도와 재현율을 평가하기 편리하게 실험 환경을 구축하였다. 표 1 은 평가 결과를 보여주는데, 촬영시각 간격의 편차가 특정 패턴이 없는 경우, 제안한 방법이 좀 더 우수함을 보였다.

5. 결론

본 논문에서는 사용자가 지정한 윈도우 크기와 분할된 사진 집합의 우선 순위 큐를 이용한 촬영 시각 기반의 사진 클러스터링 방법을 제안하였다. 제안한 방법의 성능 평가를 위해서, Cooper 가 제안한 촬영시각 기반의 클러스터링 방법과 비교하였다. 그 결과, 사진들의 촬영시각 간격이 균일한 경우, Cooper 의 방법보다 좋은 성능을 가진 것으로 평가되었다. 제안한 방법의 장점을 요약하면 다음과 같이 정리된다.

1. 사진들의 촬영 시각 차이 분포를 고려한 계층적인 클러스터링이 가능하다.
2. 사용자가 지정한 윈도우의 크기에 따라 클러스터링에 반영될 사진 단위를 조절할 수 있다.

본 논문에서는 사진 관리에 있어서, 사진의 분류작업을 돕기 위한 자동화된 클러스터링 방법을 제안하였다. 그러나 분류 작업 이외의 사진 관리 작업에 있어서 중요한 것은 클러스터링된 결과를 효율적으로 시각화하는 것이다. 향후 연구 과제로써, 그룹화된 사진들을 사용자의 인터랙션을 고려하여 효율적으로 시각화할 수 있는 레이아웃 개발하는 것을 향후 연구 과제로 제안한다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부, 문화체육관광부 및 정보통신연구진흥원의 IT 산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [KI001820, 영상 및 비디오 콘텐츠를 위한 계산사진학 기술 개발]

참고문헌

- [1] Kerry Rodden and Kenneth R. Woo, "How do people manage their digital photographs?," Proc. of ACM SICCHI, pp. 409-416, 2010.
- [2] Matthew Cooper and Jonathan Foote and Andreas Gergensohn and Lynn Wilcox, "ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications," ACM Temporal event clustering for digital photo collections, pp. 269-288, 2005.
- [3] Adrian Graham and Hector Garcia-Molina and Andreas Paepcke and Terry Winograd, "Time as essence for photo browsing through personal digital libraries," Proc. of the 2nd ACM JCDL, pp. 326-335, 2002.
- [4] John C. Platt, "AutoAlbum: Clustering digital photos using probabilistic model merging," Proc. of IEEE CS CBAIVL, pp. 96-100, 2000.
- [5] Matthew Boutell and Jiebo Luo and Christopher Brown, "A generalized temporal context model for classifying image collections," Multimedia Systems, pp. 82-92, 2005.
- [6] Chul-Jin Jang and Taijin Yoon and Hwan-Gue Cho, "A smart clustering algorithm for photo set obtained from multiple digital cameras," Proc. of the 24th ACM SAC, pp. 1784-1791, 2009.