

Mobile Crowd Photographing における類似度に基づくキャッシュ置換

Cache Replacement Based on Similarity in Mobile Crowd Photographing

鄧 千宜

上山 憲昭

Qianyi Deng

Noriaki Kamiyama

立命館大学 情報理工学部 情報理工学科

College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

1. はじめに

近年, Twitter や Facebook などの SNS (Social Network Service) の普及に伴い, スマホからアップされた写真を様々なサービスに活用する MCP (Mobile Crowd Photographing) が広く用いられている。MCP においては, ネットワーク上に数千万枚以上の画像がアップされる一方, ユーザの要求する画像に厳密に一致する画像を配信する必要性は低いいため, いかにして所望の画像に近い画像を配信できるかが重要である。画像の配信には CDN やエッジキャッシュなど, キャッシュサーバから配信される機会が多い。キャッシュの容量は限られているため, 容量を超過するとき, キャッシュに残す画像を選択するキャッシュ置換法が必要である。そこで本稿では, キャッシュ内に存在する他の画像との類似度が最大の画像から優先的に削除するキャッシュ置換法を提案する。キャッシュ内における画像の類似度に基づいて画像データをグループ分けすることで, 類似度計算に要する時間を抑制し, また人気度も考慮することでキャッシュヒット率の向上を目指す。代表的なキャッシュ制御法である LRU (Least Recently Used) と FIFO (First In First Out) と性能を比較し, 提案方式の有効性を示す。

2. 提案方式

SIFT (Scale-invariant feature transform) アルゴリズム [1] を用いて画像の特徴点を抽出し, Bloom filter (BF) に入力して得られた BF ビットマップ画像の特徴ベクトルとして用いる。そして特徴ベクトルを用いて, E2LSH (Exact Euclidean locality sensitive hashing) [2] アルゴリズムによって画像データを類似度に基づき複数のグループに分ける。ユーザからの配信要求に対して, 要求データの特徴ベクトルとキャッシュ内に存在する各画像データの特徴ベクトルとの距離が最小となるキャッシュ内の画像データを要求ユーザに配信する。

次にキャッシュの置換方法について述べる。キャッシュ内に存在する画像データ間の距離が大きい方が, 多様な画像データをキャッシュに持たせ, ユーザの要求に対して, 要求データと距離 (類似度) が近い画像をキャッシュから送信できる可能性が向上する。そこで各画像に対しキャッシュ内の他画像との距離に関するコスト (C_d) を定義する。挿入画像の特徴ベクトルと, グループの特徴ベクトルの平均値との距離が最も小さいグループに, 挿入画像を加え, このグループの中心点を更新する。グループの中心点はグループ内の画像の平均値である。そして中心点からグループ内の各画像の距離を計算する。中心点からの距離に近いほうが画像の冗長性が高いため, m 個の画像が存在するときに, k 番に冗長性が高い画像の C_d を次式で定義する。

$$C_d = \frac{k-1}{m-1} \quad (1)$$

またキャッシュヒット率の向上ためには人気の高い画像を優先的にキャッシュに残すことが望ましいことから, キャッシュ内の k 番目に人気の高い画像データに関するコスト C_p を次式で定義する。

$$C_p = \frac{k-1}{m-1} \quad (2)$$

そしてこれら, 二つのコスト C_p と C_d を組み合わせて, 画像の総コスト (C_{total}) を次式で定義する。

$$C_{total} = \omega * C_p + (1 - \omega) * C_d \quad (3)$$

ただし ω は C_p の重みである。画像を置換する際は, C_{total} が最大の画像を削除する。

3. 性能評価

提案方式の有効性を確認するため, キャッシュヒット距離 (cache hit distance) とキャッシュ平均距離 (cache average distance) を評価する。

提案方式では要求画像と類似度が最大のキャッシュ内の画像をユーザに送る。ユーザに送信した画像と要求画像の特徴量の距離の平均値をキャッシュヒット距離と定義する。キャッシュヒット距離が小さい方がユーザにとって望ましい。

一方, キャッシュ平均距離は, キャッシュ内のすべての各画像の特徴量と, キャッシュ内の全画像の特徴量の平均値 (中心) までの距離の平均値である。キャッシュ平均距離が高いほうが, キャッシュの中により多様な画像が含まれるため, キャッシュヒット距離の低減が期待できる。

三つのデータセットを用いてシミュレーションを行い, それらの平均値で評価する。ユーザから 1 万回の要求を発生させ, 各要求に対し Zipf (パラメータは 0.8 に設定) 分布に従う確率でランダムに要求画像を選択する。図 1 に, キャッシュ容量に対し, 提案方式, LRU, FIFO のキャッシュヒット距離とキャッシュ平均距離をプロットする。

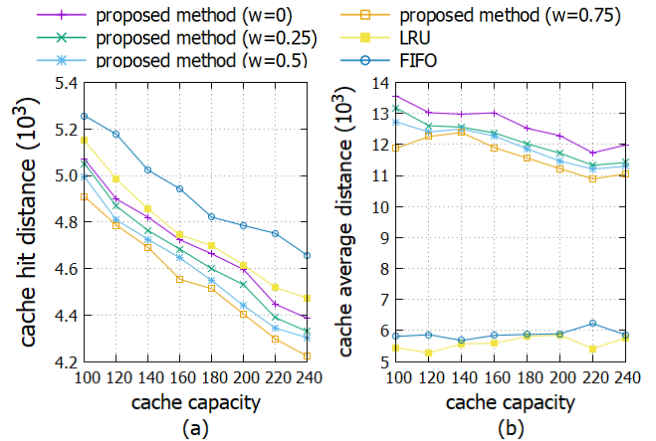


図 1: (a) Cache hit distance and (b) cache average distance against cache capacity

提案方式は他のキャッシュ画像と類似度が高い画像を優先的に削除する結果, キャッシュ内のデータの多様性を向上させ, 提案方式のキャッシュ平均距離は LRU と FIFO と比較して大きく増加する。人気度の重み ω が増加すると距離の重みが減少し, キャッシュに冗長な画像が存在する確率が増加し, キャッシュ平均距離が減少する。LRU は人気度を考慮しているため, 似たような写真がキャッシュに残る可能性が FIFO より高く, LRU のキャッシュ平均距離は最も低い。

その結果, 提案方式のキャッシュヒット距離は LRU と FIFO より大きい。提案方式は人気度の重み ω が増加するほどキャッシュ内のデータの多様性が減少する半面, 特定の人気コンテンツに類似したデータが多くキャッシュに残る結果, キャッシュヒット距離は減少する。

謝辞 本研究成果は JSPS 科研費 21H03436 の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] D.Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints", International Journal of Computer Vision, 60, 2, 2004
- [2] A.Andoni, et al., Practical and Optimal LSH for Angular Distance, NIPS 2015