

ICN におけるキャッシュ制御方式 CDO の 最適なキャッシング閾値に関する一検討

A Study on Optimal Caching Threshold of Caching Method CDO in Information-Centric Networking

東野 洸太
Kota Tohno

中村 遼
Ryo Nakamura

上山 憲昭
Noriaki Kamiyama

福岡大学 工学部 電子情報工学科
Department of Electronics Engineering and Computer Science, Faculty of Engineering, Fukuoka University

1 はじめに

近年、データを送受信するホストではなくデータそのものを中心としたネットワークである情報指向ネットワーク (ICN: Information-Centric Networking) が注目を浴びている。

これまで、ICN のための様々なキャッシュ制御方式が提案されているが、キャッシュ制御方式の設計では、高いネットワークレベルの性能 (例: スループット) だけでなく高いルータレベルの性能 (例: キャッシュヒット率) を達成することが求められる。

文献 [1] では、ICN におけるネットワーク障害時の高可用性を実現する、ルータにおけるキャッシュ制御方式 CDO (Caching based on Distance to Originals) が提案されている。CDO において、ルータは、コンテンツのオリジナルからのホップ距離がキャッシング閾値以上の場合にのみコンテンツをキャッシュする。文献 [1] では、コンテンツのオリジナルからキャッシュされたコンテンツの複製までの最大ホップ距離の平均値 (AMDC: Average Maximum hop Distance to Caching copies) に着目し、AMDC を最大化するようにキャッシング閾値を設定している。

ただし、文献 [1] では、ネットワークレベルの性能であるコンテンツ可用性につながる AMDC のみに着目しており、キャッシュヒット率などのルータレベルの性能は十分に考慮されていない。

本稿では、AMDC およびネットワーク全体の平均キャッシュヒット率と、CDO の最適なキャッシング閾値の関係を明らかにすることを目指す。具体的には、文献 [1] における最適閾値設計の目的関数を AMDC およびキャッシュヒット率の重み付け和として定式化する。さらに、目的関数における重み付けパラメータが最適なキャッシング閾値に与える影響を実験により調査する。

2 重み付け和を利用した最適なキャッシング閾値設計

本稿では、AMDC およびネットワーク全体の平均キャッシュヒット率の両方を考慮した目的関数を用いて、キャッシング閾値の最適化問題を定式化する。

まず、キャッシング閾値 T に対する AMDC およびネットワーク全体の平均キャッシュヒット率を $\phi(T)$ および $H(T)$ とそれぞれ表記する。

本稿では、重み付けパラメータ α ($0 \leq \alpha \leq 1$) を導入し、キャッシング閾値の最適化問題における目的関数を以下のように定式化する。

$$\begin{aligned} \max \quad & (1 - \alpha) \frac{\phi(T)}{J} + \alpha H(T) \\ \text{subject to} \quad & 1 \leq T \leq J \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、 J はネットワークにおけるルータペア間の最大ホップ距離であり、AMDC $\phi(T)$ を正規化するために J を用いた。上式は、 $\alpha = 0$ の場合には、文献 [1] と同様に AMDC を最大化し、 $\alpha = 1$ の場合には、ネットワーク全体の平均キャッシュヒット率を最大化することを表している。

表 1 実験に用いた条件

ネットワークトポロジ	At Home Network Allegiance Telecom
コンテンツ数	10,000 [content]
コンテンツの要求比率	パラメータ 0.8 の Zipf 分布
キャッシュサイズ (CS)	10, 50, 100 [content]

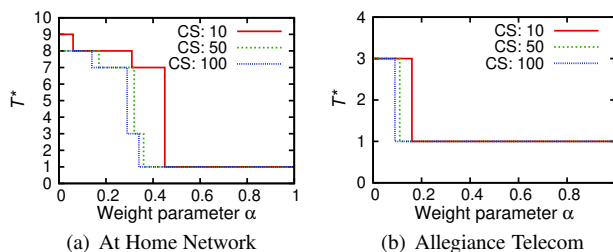


図 1 重み付けパラメータが最適なキャッシング閾値に与える影響

3 実験

文献 [1] の性能評価と同一の条件を用いて、目的関数における重み付けパラメータが最適なキャッシング閾値に与える影響を調査した。実験に用いた条件の要約を表 1 に示す。条件などの詳細な説明は文献 [1] を参照されたい。

本稿では、与えられた条件下で、キャッシング閾値 T ($1 \leq T \leq J$) を変化させながら、AMDC $\phi(T)$ および平均キャッシュヒット率 $H(T)$ をシミュレーションにより求め、式 (1) を満たす最適なキャッシング閾値 T^* を取得した。

At Home Network および Allegiance Telecom における、重み付けパラメータ α と最適なキャッシング閾値 T^* の関係を図 1 に示す。これらの図中には、ルータのキャッシュサイズを 10, 50, 100 [content] と変化させた時の結果を示している。

これらの結果から、最適なキャッシング閾値 T^* は重み付けパラメータ α に大きく影響を受けていることがわかる。さらに、ネットワークトポロジが At Home Network である場合 (図 1(a)) には、最適なキャッシング閾値はキャッシュサイズにも影響を受けていることもわかる。つまり、CDO によって、高い AMDC と高いキャッシュヒット率を達成するためには、ネットワークの条件に応じて、重み付けパラメータを用いた上で適切にキャッシング閾値を決定する必要があると言える。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 18K11283 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 濱田 凜, 上山 憲昭, “ICN の高可用性を実現するキャッシュ制御方式,” 電子情報通信学会技術研究報告 (ICM2018-62), pp. 71–76, Mar. 2019.