

コンテンツ指向型ネットワークにおける協調キャッシュに基づく 効率的なコンテンツ管理手法

青木 美帆† 重安 哲也†

† 県立広島大学経営情報学部

1 はじめに

映像配信をはじめとする大容量コンテンツの配信はネットワーク内のトラフィック量を急激に増加させる。従来形のホストセントリックなネットワークではサーバに負荷が集中し、サーバダウンや処理遅延が生じる可能性がある。近年、サーバ以外のノードにコンテンツのキャッシュを保持させることでユーザリクエストに対応するコンテンツ指向型ネットワーク CCN (Content-Centric Networking) [1] が注目されている。CCN では IP アドレス等の位置依存性の強いものではなく、コンテンツそのものを識別子として通信を開始する。

CCN を実現する手法の 1 つとして NDN (Named Data Networking) [2] が提案されている。NDN では、一度配信されたコンテンツは中継ルータ CR (Content Router) にキャッシュされる。キャッシュのネットワーク位置がユーザに近いほどその後再利用された際のネットワーク性能向上効果が高くなる。

本稿では、CR の中でもユーザと隣接する ER (Edge Router) にキャッシュされるコンテンツを重要なキャッシュとみなし EC (Edge Cache) とする。EC がオーバーフローによってキャッシュスペースから破棄される場合には、周辺の CR と協調し、空き容量を持つ CR に該当する EC を転送することで、ER のキャッシュ容量を仮想的に増加させキャッシュヒット率を向上させる手法について提案する。

2 関連研究

2.1 NDN (Named Data Networking)

NDN ではコンテンツを識別するための name prefix を含み、コンテンツを要求する Interest と、要求されたコンテンツを返送する Data の 2 種類のパケットを用いて通信を行う。CR は、Interest 転送のためのルーティングテーブルである FIB (Forwarding Information Base), Data を Interest の逆順に返送するために使用する PIT (Pending Interest Table), コンテンツのキャッシュ

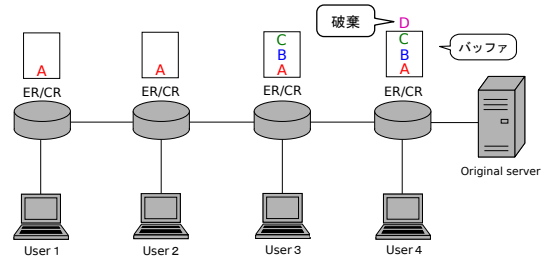


図 1: LRU キャッシュ

スペース CS (Content Store) の 3 つのテーブルで制御されている。

Interest を受け取った CR は自身の CS に当該コンテンツがキャッシュしているかを確認し、されている場合は、キャッシュを Data として返送する。そうでない場合は、PIT を参照し当該コンテンツに対するエントリが存在しているかを確認する。存在している場合は、すでに同一コンテンツに対する Interest が次ホップへ転送されていると判断し face 番号のみを追加する。存在しない場合は新たにエントリを作成し、FIB に従って Interest を次ホップへと転送する。さて、Data 返送時は、PIT に記載された face へ Data を返送し、PIT の該当するエントリを削除する。また、キャッシュポリシーに従って CS にキャッシュする。

2.2 NDN のキャッシング手法

キャッシング手法は、Data を返送する際にキャッシュするかどうかのキャッシュ判断と、バッファを管理するキャッシュ置換の 2 つを定義する。一般的に、キャッシュ判断では、コンテンツ転送上のすべてのルータでキャッシュを行う LCE (Leave Copy Everywhere) が、キャッシュ置換では、バッファに空きがない場合に最終参照時刻から最も時間が経過したキャッシュを破棄する LRU (Least Recently Used) がそれぞれ採用される。

したがって、リクエスト頻度が高いコンテンツほどネットワーク内の多くの CR 上に存在することになるため、人気コンテンツは相対的に短いホップでユーザに転送することが可能となる。

ここで、ユーザ 1, 2, 3, 4 へ返送された相違コンテンツを A, B, C, D とした場合のキャッシュ状態を示し

A study on effective content management for cooperative caching on Content-Centric Networking

†Miho AOKI †Tetsuya SHIGEYASU

†Faculty of Management and Information System, Prefectural University of Hiroshima

表 1: シミュレーション諸元

Parameter	Value
User	5
Original Server	1
CR/ER	2
CR	10
Interest 生成間隔	1-10 [pkt / sec]
キャッシュ容量	5
キャッシュ判断	LCE
シミュレーション時間	100 sec

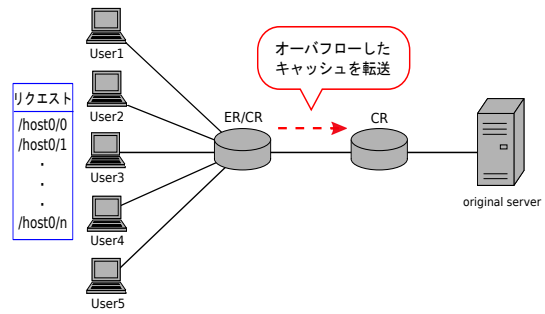


図 2: シミュレーショントポロジ

た図 1 を参照されたい。この時 Data はユーザ 4, 3, 2, 1 の順に返送されてきたものとする。同図より、オリジナルサーバからネットワーク的に離れた位置のユーザのリクエストしたコンテンツのキャッシュほど、ネットワーク内に多く分布することがわかる。つまり、単純な LRU によるキャッシュ置換では、ユーザのネットワーク上の位置によってコンテンツキャッシュの分布の多様性に不公平状態を生じる。

さらに、オリジナルサーバに近い CR ではキャッシュ更新が何度も発生することで、必要のないコンテンツが多くキャッシュされる。その結果オーバーフローを引き起こし、自身にとって本当に必要なキャッシュが破棄されてしまう。

3 提案手法

NDN では、キャッシュヒット率が向上するほど、サーバの負荷が分散され、トラフィック量や RTT の削減効果が高くなる。また、任意のコンテンツを要求したユーザに隣接する CR である ER にキャッシュされるコンテンツ EC は、その後再利用される可能性が高い。

そこで本稿では、EC を重要なキャッシュとみなす。EC がオーバーフローによって ER から破棄される場合は、自身の上位に位置する中継 CR に該当する EC を転送し、保持を依頼する。このようにして、ER のキャッシュ容量を仮想的に増加させることで、再度同一コンテンツのリクエストが発生した際のキャッシュヒット率を向上させる。

4 シミュレーション評価

提案手法の有効性を検証するためにシミュレーションを行った。シミュレーション諸元を表 1、シミュレーショントポロジを図 2 に示す。

Interest の生成間隔を変動させた結果を図 3 に表す。同図より、Interest の生成間隔に関わらず、ER ならびに CR で溢れたキャッシュをそれらの上位 CR でキャッシュすることでキャッシュヒット率の向上が見られた。これにより、協調キャッシュを行うことの有効性が確認

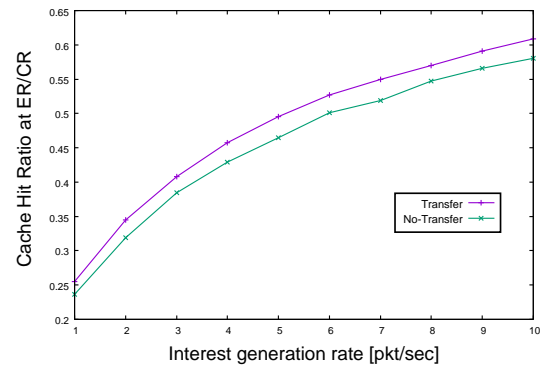


図 3: キャッシュヒット率

できる。

5 まとめ

本稿では、EC を重要とみなし周辺の CR と協調的にキャッシュを行うことで、仮想的に ER のキャッシュ容量を増加させキャッシュヒット率を向上させる手法を提案した。

今後は、溢れた EC を受け渡す CR のバッファの空き状態を考慮したり、コンテンツに人気度を付与した時の有効性を確認したりする予定である。

参考文献

- [1] 阿多信吾, "現実味を帯びてきた ICN/CCN の研究動向," <http://www.ieice.org/ia/archives/20130906-ICNCCN.pdf> 電子情報通信学会技術報告招待講演, 2013
- [2] V. Jacobson, D. K. Smetters, J. D. Thornton, M. F. Plass, N. H. Briggs, and R. L. Braynard, "Networking Named Content," Proc. 5th International Conference on Emerging Networking Experiments and Technologies, CoNEXT '09, pp. 1-12, 2009.