

NDN における AS 間トラフィック削減のための動的ミラー構成法

Dynamic Mirror Placement for Reducing Inter-AS Traffic in NDN

曹 栩珩^{*1}

上山 憲昭^{*2}

Xuheng Cao

Noriaki Kamiyama

立命館大学 情報理工学研究科^{*1}

Graduate School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

立命館大学 情報理工学部^{*2}

College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

1. はじめに

インターネットは TCP/IP により、ホストとホストとの通信要求を満たすよう設計された。しかし近年、SNS やストリーミングなどの発展に伴い、ネットワークに求める役割が変化し、コンテンツ指向の要求が主流になっている。またコンテンツの品質向上に伴いサイズが増加し、コンテンツの数も爆発的に増えている。そのためネットワークのトラフィック量が飛躍的に増加し続けており、コンテンツを提供するパブリッシャの負担も大きくなっている。

これら問題の解決策として、CCN (Content-Centric Networking) の一種 NDN (Named Data Networking) が注目されている。NDN ではパケットをコンテンツ名で転送し、さらにルータでコンテンツをキャッシュし、ルータからコンテンツを発見的に配信することで、ネットワーク負荷と遅延の削減が期待される。しかし NDN のルータは高速性が要求されるため容量の増加が難しく、キャッシュのヒット率の向上が難しい。そこで本稿では、特に ISP にとっては他の AS にパブリッシャが存在するコンテンツを自 AS 内にキャッシュすることが有効なことに着目し、CDN で一般的な、コンテンツのオリジナルをネットワーク上の複数の箇所に用意するアイデアを NDN に拡張する。すなわち外部の高人気コンテンツを自 AS 内にミラー化することを提案する。

2. 関連研究

文献 [2] では、ISP 内部のノードの協調により、キャッシュの再配置を行い、コストの高い ISP 間トラフィック量を削減する手法を提案している。しかし文献 [2] では、ISP 内部のキャッシュ配置の最適化を実現しているが、キャッシュの置き換えが頻繁に発生しストレージコストが高い。またゲートウェイが一つしかないツリー型トポロジのみに適用対象が限定される。

また、文献 [1] では、ISP ごとに集中型の追跡サーバを設けて、内部のキャッシュ位置を収集する。そして、要求が発生するたびに、まず ISP 内部の追跡サーバに問い合わせ、ルーティングの転送先を決める。追跡サーバは最寄りのキャッシュを探し、もし近場にキャッシュを所持しているノードが存在すれば、経路を計算して、そのノードを新しい転送先にする。本方式はトポロジに制限がないが、最新のキャッシュ情報を収集するためのオーバヘッドが大きい上に、NDN における自律分散という長所が損なわれる。

3. 提案方式の概要

本節では、本稿で提案する方式の概要を述べる。キャッシュの利用効率を高める方法は大きく2つ挙げられる。要求コストの高いコンテンツを要求コストが低いところにキャッシュすること、そしてキャッシュを見つけやすくすることである。

1つ目の方法について本研究では、アクセスコストの高い ISP 外部に存在する外部コンテンツに対し、ISP 内部でミラーを立てることで、外部へ転送される要求を内部で解決しアクセスコストを削減する。

2つ目の方法について、文献 [2] では再配置の手法を提案しているが、いくつかの前提条件が必要であり、適応性が低くなる。本研究では、ミラーとなったノードが自ら周辺の要求を誘導するという適応性の高い方式を提案する。

4. 性能評価

計算機シミュレーションにより提案方式の性能を評価する。提案方式では ISP 外部のコンテンツのみをミラー化の対象とするため、着目する ISP 外部のパブリッシャのみを考慮する。また各ノードのキャッシュサイズはコンテンツ数の 1% に設定し、シミュレーションに用いる ISP 内部のトポロジはアメリカの At

Home Network のトポロジを用いる。なお、ISP 外部の各オリジンサーバまでのホップ長の分布としては、公開されている ISP 間トラフィックのホップ長分布を用いる。

キャッシュ制御ポリシーとしては LCE, PROB, UNIPROB を各々用いた場合で評価する。LCE ではデータパケットが経由する全ノードにキャッシュし、PROB では配信ノードから離れるほど、キャッシュする確率が低くなる。UNIPROB は一定の確率で各経由ルータにおいてキャッシュする。またキャッシュ置換ポリシーとして LRU もしくは FIFO を用いる。

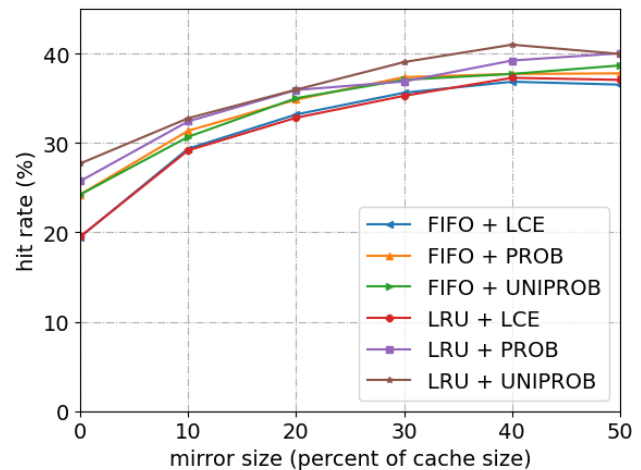


図 1: 様々なキャッシュポリシーにおける提案方式のキャッシュヒット率

図 1 に、様々な各キャッシュポリシーにおける、提案方式を用いた場合のキャッシュヒット率を、着目 ISP 内の総ミラーサーバ容量に対して示す。なお、横軸が 0 のときは提案方式を用いない場合に相当する。また、縦軸のヒット率とは、ミラーかキャッシュのいずれかから配信できた割合のことである。提案手法を用いることで、ISP 内部のキャッシュヒット率が大きく向上できることが確認できる。ミラーサイズの増加に伴いヒット率は向上するが、40% を超えたあたりから増加の度合いは小さく、逆に低下する場合もみられる。これは、キャッシュとして用いることができるメモリのサイズが小さくなることが要因と思われる。

5. まとめ

本稿では NDN における動的ミラー構成法を提案し、性能評価により ISP 内のキャッシュヒット率の向上を確認した。今後は、ミラーのライフタイム管理や複雑トポロジへの適用性の検証や、他方式との性能やオーバヘッドの比較評価を行う予定である。

謝辞 本研究成果は、JSPS 科研費 18K11283 と 21H03437 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] J. Cao, et al., "Fetching popular data from the nearest replica in NDN," IEEE ICCCN 2016.
- [2] J. Li, et al., "Popularity-driven coordinated caching in named data networking," ACM/IEEE ANCS 2012.