

NDN におけるコンテンツ複製配置の効果持続に関する一検討

A study on sustained effect of advanced content replica placement on NDN

中田 有哉[†] 重安 哲也[‡]
Yuya Nakata[†] Tetsuya Shigeyasu[‡]

1 はじめに

ネットワークトラフィックの大半がコンテンツ配送に起因することから、近年、NDN (Named Data Networking) が注目を集めている [1]。NDN では、配送経路となったルータにコンテンツをキャッシュすることで効率的なコンテンツ配送を可能とする。これまで、我々はあらかじめコンテンツを複製しキャッシュとしてルータに先行配信することでコンテンツ取得に要する RTT (Round Trip Time) を短縮する手法を提案した [2]。しかし、同手法では、コンテンツを先行配信しても一定の時間が経過すると、新規到着コンテンツとの入れ替えによって先行配信の効果が減少する。本稿では、コンテンツ先行配信からの時間経過によって、先行配信効果がどのように変化するのかについて調査した結果を報告する。

2 既存研究

2.1 NDN[1]

NDN はコンテンツ発見とコンテンツ転送をコンテンツオリエンテッドに行う。コンテンツを転送するルータは CR (Content Router) とよばれ、中継したコンテンツの複製を自身にキャッシュする。コンテンツ要求を受信した CR は対応するキャッシュがあればこれを返送することで、コンテンツ取得時間を短縮する。

さて、サーバまでの経路を共有する複数のユーザ群が異なるコンテンツを要求した場合、NDN では、その経路の CR には、それぞれのグループが要求したコンテンツのキャッシュが混在することになる。そのため、任意のユーザ群に着目した場合、経路上の CR のキャッシュのうち、そのユーザ群に由来するものは一定の割合以下になる。結果として、キャッシュヒットによる大きな RTT 短縮効果は得られなくなる。図 1 では、ユーザ群 A, B の隣接ルータを CR_A , CR_B でそれぞれ示す。ここで A, B はグループ毎にそれぞれ異なる種類のコンテンツを要求する。さて、同図から明らかなように、両グループのコンテンツ配送経路は重複しているため、コンテンツ配送が継続すれば、やがてサーバに近い B の要求に由来するキャッシュは CR_B からオーバフローする。そのため、B

のユーザが高い頻度で要求するコンテンツのキャッシュ量が減少することで、B のキャッシュヒット率は低下する。

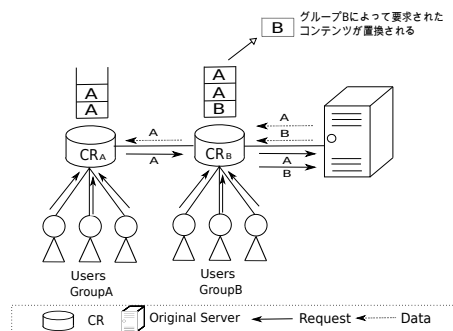


図 1: NDN の問題点

2.2 コンテンツマイグレーション手法 [2]

要求するコンテンツの傾向が異なるユーザ間でのコンテンツ配送経路の重複を避け、どのユーザも平均的に近傍の CR からコンテンツを取得可能にするため、あらかじめ適切なコンテンツをユーザ群近傍の CR に先行配信するコンテンツマイグレーション手法を提案した (図 2 参照) [2]。図 2 では、それぞれのグループは傾向の似通ったコンテンツを要求するものとする。コンテンツをマイグレーションしない同図 (a) ではユーザ群 B が要求するコンテンツの返送経路は必ず A, あるいは C のそれと重複する。対して、コンテンツをマイグレーションする同図 (b) では任意のユーザ群と他のユーザ群との経路重複なく自身から近いノードのキャッシュを取得することで、RTT が向上する。

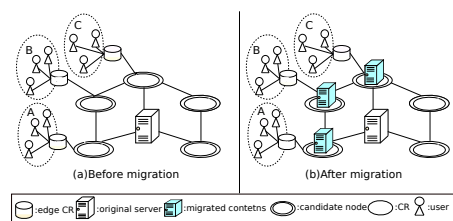


図 2: コンテンツマイグレーションの概要

さて、NDN では、新たなコンテンツの到着により CR のキャッシュは常に入れ代わる。そこで、実際に同手法を導入するためには、コンテンツマイグレーションを行なった場合にその先行配信効果がどの程度持続するかについての議論が不可欠である。

[†] 県立広島大学大学院 総合学術研究科

Graduate School of Comprehensive Scientific Research, Prefectural University of Hiroshima

[‡] 県立広島大学 経営情報学部

Faculty of Management and Information Systems, Prefectural University of Hiroshima

3 コンテンツ複製配置の効果持続評価

3.1 シミュレーションモデル

同手法の評価に、BA (Barabasi Albert) モデルを用いる [3]。BA モデルはスケールフリー性を有する現実的なネットワークトポロジを作成できる。本評価ではノード数を 1,000 としたため、ユーザからサーバまでの平均経路長は 4 となった。評価に用いた諸元を表 1 に示す。サーバ保有コンテンツに対して、各ユーザは Zipf の法則 [4] に従ってコンテンツを要求する。ここで、人気度の偏りは文献 [5] に従って 0.7 とした。また、あらかじめ先行配信するコンテンツキャッシュは人気度の上位 10 個とする。

表 1: シミュレーション諸元

Parameter	Value
Number of nodes	1,000
Number of contents	100
Interest 生成間隔	5[msec]
Data Rate	1[Mbps]
Interest Packet size	1024[bytes]
Data Packet size	1024[bytes]
回線遅延時間	1[msec]
CS size	10
CS キャッシュ管理手法	LRU

4 性能評価

図 3 にシミュレーション時間に差がある場合のコンテンツの先行配信ノード数とキャッシュヒット率の関係を示す。横軸はコンテンツの先行配信ノード数、縦軸はキャッシュヒット率を示す。同図に示す結果から、コンテンツの先行配信ノード数が増加すると、キャッシュヒット率が向上することが分かる。しかし、シミュレーション時間が増加すると同効果が減少することも分かる。これは、先行配信直後はネットワーク内キャッシュに人気コンテンツが多く存在するため、キャッシュヒット率が高くなるが、時間の経過により先行配信したコンテンツが後にキャッシュされるコンテンツと入れ替わるため、シミュレーション時間が長くなった場合はコンテンツ先行配信効果が得られにくくなるためであると考えられる。

コンテンツの先行配信ノードの一つであるノード 2 におけるシミュレーション時間の経過とキャッシュヒット期待値の関係を図 4 に示す。横軸はシミュレーション経過時間、縦軸はキャッシュヒット期待値を示す。同図の結果から、時間の経過にともない、キャッシュヒット期待値はマイグレーションの有無によらず一定の値に収束することが分かる。これは、前述の通り、先行配信直後に多く存在する人気コンテンツのキャッシュが時間の経過により後から到着したコンテンツのキャッシュと入れ替わるためであると考えられる。

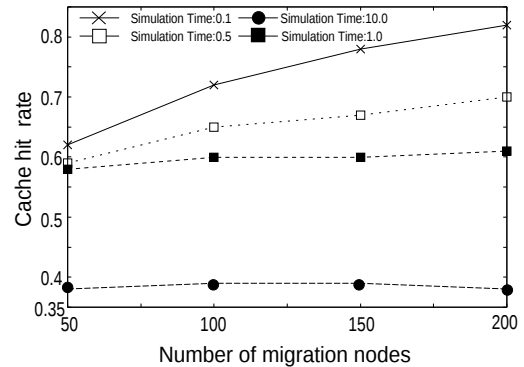


図 3: 先行配信ノード数とキャッシュヒット率の変化

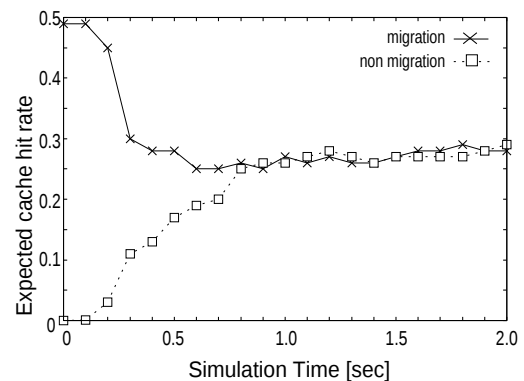


図 4: 時間経過とキャッシュヒットする期待値の関係性

5 まとめ

本稿では、人気度の高いコンテンツをあらかじめ先行配信しても、そのままでは時間の経過に伴い、後にキャッシュされるコンテンツと入れ替わるため、その効果が減少することを示した。今後は、この問題に対して、先行配信効果の減少を抑制するキャッシュ管理手法を開発する予定である。

参考文献

- [1] M. Soniya and K. Kumar, "A survey on named data networking," Proc. of 2015 2nd International Conference on Electronics and Communication Systems (ICECS), Coimbatore, pp. 1515–1519, 2015.
- [2] Y. Nakata and T. Shigeyasu, "A new contents migration method for reducing network traffic and improving cache hit rate on NDN," Proc. of The 13th International Conference on Broad-Band Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA 2018), pp. 204–212, Taiwan, 2018.
- [3] S. Dorogovtsev, J. Mendes, and A. Samukhin, "Structure of growing networks with preferential linking," Physical Review Letters, vol. 85, pp. 4633–4636, Apr. 2000.
- [4] L. Breslau, P. Cao, L. Fan, G. Phillips and S. Shenker, "Web caching and Zipf-like distributions: evidence and implications," Proc. of IEEE Infocom 99, pp. 126–134, New York, 1999.
- [5] A. Afanasyev, I. Moiseenko and L. Zhang, "ndnSIM NDN simulator for NS-3, Technical report," NDN Technical Report NDN-0005, Revision 2, Oct. 2012.