

Named Data Networkingのための コンテンツ更新問い合わせに基づくキャッシュ更新方式

三和 雄俊[†] 木村 成伴[‡]

[†]筑波大学情報学群情報科学類 [‡]筑波大学システム情報系情報工学科

1 はじめに

Information Centric Networking (ICN) では、コンテンツ識別子を用いてコンテンツ取得要求を行い、近隣のルータが当該コンテンツのキャッシュを保持していた場合は、そのキャッシュからコンテンツをユーザに転送する。しかし、ICNでは、音声や動画といった、大容量で内容が頻繁に書き換わらないコンテンツを対象としており、Web ページ等の頻繁に更新されるコンテンツに関する研究はほとんど行われていなかった。そこで本論文では、ICNの実装の一つである Named Data Networking (NDN) [1] において、ネットワーク内キャッシュを更新する方式を提案する。

NDNではInterestパケットとDataパケット[1]を用いて通信を行う。前者は、ユーザ(受信側)がコンテンツを要求するためのものであり、コンテンツ識別子(Content Name)などを含む。コンテンツ識別子は、階層的に構造化された名前であり、その末尾にバージョン番号を含む。但し、バージョン番号を含めない名前を指定すると、最新のコンテンツが指定されたことになる。Dataパケットは、要求されたコンテンツを配信するためのものであり、コンテンツの名前(Content Name)やコンテンツのメタ情報(MetaInfo)、コンテンツの内容(Data)などを格納している。このうち、MetaInfoの要素に、FreshnessPeriodがあり、ここにコンテンツの有効期限を格納することができる。到着してからFreshnessPeriodで示された時間以上経過したコンテンツは有効期限切れとなる。以下では、FreshnessPeriodの設定によるキャッシュ置換方式を従来方式と記載する。

2 提案方式

提案方式では、以下の手順で、ルータがコンテンツの更新を定期的に確認する。

Cache Update Method Based on Content Update Queries for Named Data Networking

[†]Takatoshi Miwa, College of Information Science, University of Tsukuba

[‡]Shigetomo Kimura, Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

1. ルータは、一定時間毎に、キャッシュしたコンテンツの配信元サーバへ、更新確認のためのInterestパケットを送信する。
2. ルータからのInterestパケットを受け取ると、配信元サーバは、DataパケットのContent Nameフィールドに、当該コンテンツのバージョン番号を含んだ名前を格納し、コンテンツの内容は含めずに、これを返信する。
3. 配信元サーバからDataパケットを受け取ると、ルータは当該コンテンツのバージョン番号を確認する。更新されていれば、ルータは当該コンテンツのキャッシュを削除する。そうでなければ、キャッシュを保持する。

提案方式を有効性を確認するため、NDNアプリケーション実装のためのC++ライブラリndn-cxx[2]を用い、クライアント、サーバ、ルータを実装した。そして、ルータで従来方式と提案方式の動作をさせたときの通信実験を行う。

本実験では、頻繁に更新が行われるWebページとして一般的なニュースサイトを想定する。その例として、Yahoo!ニュースを参照し、コンテンツ数はカテゴリ数として20個とする。コンテンツサイズは広告により大きく変動するが、実測して最も多かった3Mバイトとする。また、コンテンツは相互にリンクされているため、更新は一斉に行われるものと仮定する。それ以外の実験条件を、表1に示す。

2017年12月25日にYahoo!ニュースのRSSを取得し、この日に新しいニュースが公開された時刻を本実験におけるコンテンツの更新時刻とした。但し、時刻は5分刻みで近い側(刻みの中央の場合は未来側)に丸め、実験時間を短縮するため、これを0.01倍して、3秒刻みとした。また、従来方式のFreshnessPeriodと、提案方式の問い合わせ間隔は一定とし、その値は5分、15分、30分、60分(実験ではその0.01倍の3秒、9秒、18秒、36秒)に変更して、実験を行った。実験は5回

表 1: 実験条件

OS	Ubuntu 16.04LTS
CPU	Intel Core2 Duo
ノード数	3ノード (クライアント・ルータ・配信元サーバ)
伝送遅延・パケットロス率	考慮しない
コンテンツ要求頻度	1秒に1回 (計864回の要求が行われる)
コンテンツ人気度	Zipf分布に従う
キャッシュ置換ポリシー	Least Recently Used
ルータのキャッシュ容量	15 M バイト
計測時間	864 秒 (0.01 日)

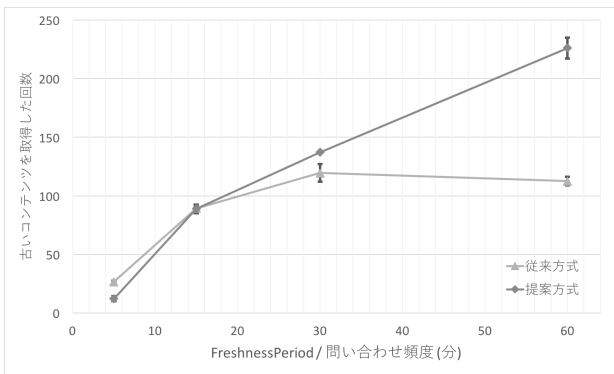


図 1: 古いコンテンツを取得した平均回数

行い、その時の平均値と信頼レベル 95%の信頼区間を求めた。

図 1 に、従来方式と提案方式における、有効期限が切れた古いコンテンツを取得した平均回数を示す。FreshnessPeriod と問い合わせ間隔を 5 分、並びに 15 分と設定した場合において、提案方式は従来方式と同等の回数となったことが分かる。しかし、30 分と 60 分の場合、提案方式は従来方式より、それぞれ 17.6 回、113.6 回多くなった。提案方式では、更新問い合わせがないと、ルータのキャッシュは LRU により削除されない限り残るため、特に人気のあるコンテンツにおいて、従来方式よりも古いコンテンツを取得した回数が増える結果となった。このことから、提案方式で、従来方式よりも問い合わせ間隔を適切に設定しなければならないことが分かった。

図 2 に、クライアントとルータ間、及びルータとサーバ間で送信された総通信量の平均値を示す。いずれの場合においても、提案方式の方が従来方式より総通信量を 625M バイトから 3187M バイト抑えることが出来たことが分かる。従来方式では、FreshnessPeriod の設

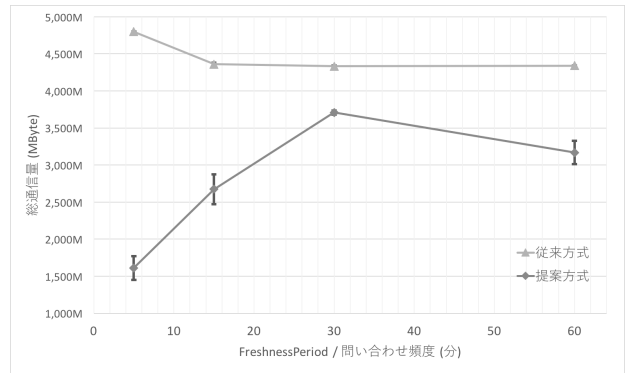


図 2: 平均総通信量

定が短いほど、キャッシュの有効期限が切れやすくなる。このため、更新されていないコンテンツの有効期限が切れても、クライアントからの要求に応じて、このコンテンツをサーバからルータに送信することとなり、総通信量が増加する。しかし、問い合わせ間隔の多少に関わらず、提案方式におけるルータからサーバへの問い合わせでは、コンテンツ名がやり取りされるだけで、有効期限が切れているかどうかに関わらず、コンテンツの実データは送られない。従って、一旦ルータにキャッシュされたコンテンツは、LRU により削除されない限り、サーバからルータへ送られることはない。このため、従来方式よりもサーバからルータへ不要なコンテンツの実データが送信される機会が少なくなり、総通信量は増えなかった。

3 まとめ

本論文では、ICN の実装の 1 つである NDN のための、コンテンツ更新問い合わせに基づくキャッシュ更新方式を提案した。この方式では、ルータからの問い合わせ頻度を固定としたため、この頻度が少なすぎると、ルータがコンテンツの更新に気づかず、クライアントに古いコンテンツを送ることとなった。また、頻度が多すぎると、サーバに無駄な問い合わせが行われるため、サーバやルータの台数が多くなると問題にある。今後は、過去の問い合わせ結果の履歴から、問い合わせ頻度を自動的に変更することを検討する。

参考文献

- [1] NDN Packet Format Specification 0.2-2 documentation. <https://named-data.net/doc/ndn-tlv/index.html>
- [2] ndn-cxx: NDN C++ library with eXperimental eXtensions. <https://named-data.net/doc/ndn-cxx/current/>