

# ICNにおける過去のコンテンツアクセスを参考にした 近傍キャッシュへのルーティング手法の検討

佐藤 和也<sup>†</sup> 森 研太<sup>‡</sup> 重野 寛<sup>‡</sup>

慶應義塾大学理工学部<sup>†</sup> 慶應義塾大学大学院理工学研究科<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

Information-centric Networking (ICN)とは、IP アドレスを用いずにコンテンツ名によってコンテンツ (Data) を取得するコンテンツオリエンテッドネットワーク [1] の一つである。ユーザはコンテンツ名を含んだリクエスト (Interest) を送信し、ネットワーク上のルータは自身の持つ経路表に従って Interest のフォワーディングを行う。Interest を受け取ったサーバは Data を返し、Interest の辿った経路を戻ってユーザへ到達する。また、ICN のルータは通過した Data をキャッシュ [2] する機能を持つ。リクエストを受け取るとルータのキャッシュストレージ (CS) から Data を返す。キャッシュの取得が ICN の利点であるが、IP アドレスを用いないため、キャッシュを持つルータの特定が困難である。

本稿では、Data が通過したルータに通過情報を残し、それを用いてキャッシュへの Interest の転送を行う Breadcrumbs [3] を応用し、キャッシュ取得率を向上させる手法について検討する。

## 2. キャッシュルーティング手法

キャッシュを持つルータへ Interest のルーティングを決定する手法として、Breadcrumbs とそれを応用した Chunk Caching Location and Searching scheme (CLS) [4] がある。

### 2.1. Breadcrumbs

Breadcrumbs は、Data の通過情報をルータに残すことでキャッシュを取得可能にする手法である。この通過情報を Breadcrumbs と呼び、コンテンツ名、Data の転送元インタフェース、転送先インタフェースといった情報を含む。Breadcrumbs を持たないルータに到達した Interest はサーバ方向へフォワーディングされ、Breadcrumbs を持つルータに到達した Interest は、コンテンツの通過方向へフォワーディングされ

る。コンテンツの通過方向へフォワーディングを続けることでキャッシュの取得を可能にする。

しかし、ルータに Data の通過情報が残されていても、コンテンツの通過方向にあるルータの CS からキャッシュがなくなっており、Breadcrumbs を辿ってもキャッシュを取得できない可能性がある点や、Breadcrumbs を辿る場合とサーバから Data を得る場合とどちらが早いかわからないといった問題点がある。

### 2.2. Chunk Caching Location and Searching Scheme (CLS)

CLS はキャッシング手法と Breadcrumbs を組み合わせることで、Breadcrumbs の示す通過方向でのキャッシュの存在を保証する手法である。

以下では親ノードと子ノードをそれぞれ、あるノードから見てソース方向のノード、ユーザ方向のノードと定義し、動作を説明する。CLS では、あるノードでキャッシュがヒットすると、リクエストのあった方向の子ノードへキャッシュを移動させる。CS に容量がない場合 CS からキャッシュを選択し、親ノードにキャッシュを移す。また、各ルータはコンテンツをキャッシュした際に Breadcrumbs を生成し、親ノードにキャッシュを移動した際に Breadcrumbs を削除する。これらの動作によって、キャッシュノードとサーバの経路上には必ず Breadcrumbs が存在し、キャッシュが親ノードへの移動を繰り返し、サーバまで戻った際はユーザとサーバの間には Breadcrumbs が残らない。このように Breadcrumbs の示す通過方向の先におけるキャッシュの存在を保証する。

また、CLS における Breadcrumbs にはサーバからのホップ数  $H_s$  が記録され、ISP からユーザとサーバ間のホップ数  $H_t$  によって、以下の条件でフォワーディング方向を決定する。

$$\begin{cases} \text{Forwarding to Source,} & H_s < H_t/2 \\ \text{Forwarding to Cache,} & H_s \geq H_t/2 \end{cases} \quad (1)$$

しかし、この条件ではサーバ付近のノードが持つキャッシュに対して Breadcrumbs によるフォワーディングを行うことができない。

### Study of Routing to the Nearest Cache by Reference of Past Contents Access for ICN

Kazuya SATO<sup>†</sup>, Kenta MORI<sup>‡</sup> and Hiroshi SHIGENO<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Department of Science and Technology, Keio University

<sup>‡</sup> Graduate School of Science and Technology, Keio University

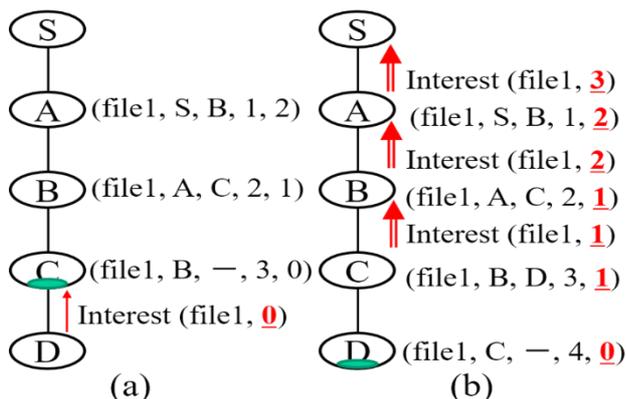


図 1. 提案手法における Breadcrumbs の更新

### 3. 提案手法

本稿では、Breadcrumbs にさらにキャッシュまでのホップ数を加え、ネットワーク全体のキャッシュの取得を可能にする手法を提案する。

#### 3.1. フォワーディング

サーバ付近でのキャッシュの取得を可能にするため、Breadcrumbs にキャッシュまでのホップ数を追加し、サーバからのホップ数と比較して近い方向へフォワーディングを行う。

#### 3.2. キャッシュまでのホップ数の更新

キャッシュ発見後も Interest をサーバ方向へフォワーディングし、Breadcrumbs を発見後に通過したノードの数をカウントすることでキャッシュまでのホップ数の更新を行う。

図 1. を用いて更新手順を説明する。図 1. (a) では、ノード C にキャッシュがあり、ノード A, ノード B は Breadcrumbs を持ち、以下の情報を持つ。コンテンツ名、転送元インタフェース、転送先インタフェース、ソースからのホップ数、キャッシュまでのホップ数である。このときノード D の方向から Interest があった場合を考える。ノード C でキャッシュヒットすると、キャッシュはノード D に移動するのでノード A, B, C の持つ Breadcrumbs を更新する必要がある。通常、Interest はキャッシュ取得後フォワーディングされないが、本提案手法ではサーバ S までフォワーディングを行う。Breadcrumbs に含まれるキャッシュまでのホップ数は Interest が Breadcrumbs 発見後に通過したノード数に 1 を足したものに更新することでキャッシュまでのホップ数を表すことができる。(図 1. (b) 参照)

### 4. 評価

実験は ndnSIM を用いて行う。また、比較対象に Breadcrumbs, CLS を用い、キャッシュヒット率とキャッシュ取得までの平均ホップ数について評価を行う予定である。

### 5. おわりに

本稿ではコンテンツの通過情報 Breadcrumbs を残り Interest のキャッシュへのフォワーディングを可能にする手法を応用してキャッシュ取得率を向上する手法を提案した。既存手法ではキャッシュヒット時にキャッシュを子ノードに移動し、CS に容量がない場合にキャッシュを親ノードに移す。また、コンテンツをキャッシュした際に Breadcrumbs を生成し、キャッシュを親ノードに移したときに削除することで Breadcrumbs の示す転送先ノードにおけるキャッシュの存在を保証するが、Breadcrumbs から得たサーバまでのホップ数をユーザ・サーバ間のホップ数と比較してフォワーディング方向を決定する。サーバ付近のノードでは Breadcrumbs を発見してもサーバ方向へフォワーディングを行うために、サーバ付近のノードが持つキャッシュを取得できないことに着目した。

本提案手法では、Breadcrumbs にキャッシュまでのホップ数を追加し、Breadcrumbs を参照してキャッシュまたはソースの近い方向へフォワーディングを行う。キャッシュヒットの際にキャッシュは移動するが、キャッシュ発見後も Interest のサーバ方向へのフォワーディングを継続し、Breadcrumbs の発見後に通過したノード数をカウントすることで、Breadcrumbs が持つキャッシュまでのホップ数を更新する。

今後、キャッシュ取得率とキャッシュ取得までの平均ホップ数について評価を行う予定である。

### 参考文献

[1] 山本幹, コンテンツオリエンテッドネットワーク, 電子情報通信学会誌 Vol.95, No.4, 2012  
 [2] Meng Zhang; Hongbin Luo; Hongke Zhang, "A Survey of Caching Mechanisms in Information-Centric Networking," in Communications Surveys & Tutorials, IEEE, vol.17, no.3, pp.1473-1499, thirdquarter 2015  
 [3] Rosensweig, E. J.; Kurose, J., "Breadcrumbs: Efficient, Best-Effort Content Location in Cache Networks," in INFOCOM 2009, IEEE, pp.2631-2635, 19-25 April 2009  
 [4] Yang Li; Tao Lin; Hui Tang; Peng Sun, "A Chunk Caching Location and Searching Scheme in Content Centric Networking," in International Conference on Communications (ICC) 2012, IEEE, pp.2655-2659, 10-15 June 2012