

コンテンツ指向ネットワーク(CCN)におけるコンテンツ配信者の移動に伴う経路管理とキャッシュ管理の方式提案

夏川 清 湯 素華 小花 貞夫

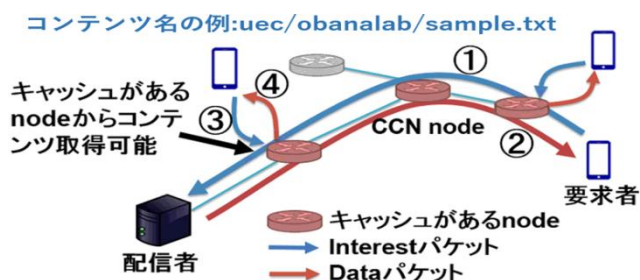
電気通信大学 大学院情報理工学研究科

1. はじめに

近年、効率的なコンテンツ配信のための新たなネットワークアーキテクチャとしてコンテンツ指向ネットワーク(Content Centric Network, CCN)[1]が注目されている。オリジナルのCCNではコンテンツ要求者の移動に対する考慮はされているが、コンテンツ配信者の移動については考慮されていない。本稿では、CCNにおけるコンテンツ配信者の移動に伴うコンテンツアクセスのための経路情報、ならびにコンテンツキャッシュの管理方式を提案する。

2. コンテンツ指向ネットワーク(CCN)の概要

図1に示すように、コンテンツの要求者は、コンテンツ配信者(以下、配信者)のアドレスではなくコンテンツ名を指定したInterestパケットを発行する(①)。配信者からは要求されたコンテンツがDataパケットにより返送される(②)。その際、途中の中継ノードにコンテンツがキャッシュされ(③)、同じコンテンツが要求された際に活用され、配信の効率化が図られる(④)。これらの機能を提供するため各nodeは、キャッシュを格納するCS(Content Store)、Interestパケットを提供者に届けるためのルーティング情報FIB(Forwarding Information Base)およびDataパケット返送のための返送リストPIT(Pending Interest Table)を持つ。



3. 先行研究とその課題

CCNにおいて配信者が移動すると、nodeのFIBにある経路情報の変更が必要となる。PMC方式[2]では、配信者が最初に登録されたnodeをHome

nodeとし、移動先の配信者への最新の経路情報を常にHome nodeのFIBに反映する。配信者は、移動のたびに直前の移動先nodeとHome node両方にMobility report要求(MR要求)を送信し、それに対するMobility report応答(MR応答)を受信する。その際、中継nodeではFIBを更新する。しかし、PMC方式では以下の2つが課題となる。

■ 課題1: 通信オーバーヘッドの発生

短距離の移動でも、直前の移動先nodeとHome nodeの両方にMR要求を送信しその応答を受信する必要がある、通信オーバーヘッドが大きい。

■ 課題2: キャッシュ空間の圧迫

人気コンテンツを持つ配信者が連続的に移動すると、多くのnodeにキャッシュが残るため、それほど人気のないコンテンツのCSにおけるキャッシュ空間が圧迫され、要求がヒットし難くなる。

4. 提案手法

PMC方式の課題を解決するため、以下の経路管理とキャッシュ管理の機能をCCNに拡張する。D

4.1 経路管理(課題1の解決)

nodeをグループ化し、グループ毎にHead Node(HD)を設置する。グループ間の送受信は必ずHDを経由するようにネットワーク全体のnodeのFIBを設定する。配信者がグループ内を移動する際は、グループ内部のnodeの経路情報だけを変更し、Home nodeへのMR要求とMR応答のオーバーヘッドを削減する。図2に経路管理の例を示す。

- 1) 配信者Aがグループ2内のNode IIに移動すると、直前のNode IにMR要求を送信し(①)、またNode IからMR応答が返送(②)される途中のnodeではFIBが更新される(③)。
- 2) 配信者Bがグループ1からグループ2に移動すると、それぞれHome node、移動先グループ2のHDと直前にいたNode IVにMR要求を送信する(④⑤)。Home nodeとNode IVからMR応答が返送される際(⑥⑦)、途中のnodeのFIBが更新される。

4.2 キャッシュ管理(課題2の解決)

配信者が移動した際に直前の経路上のnodeに残されるキャッシュが優先的に削除されるようにする(以下、優先削除)。図3にその例を示す。

- 1) 配信者Aが移動すると、Aから直前の移動先node IにMR要求を送信する(①)。
- 2) 古い経路上のnodeがMR要求を受信すると、配信者のコンテンツのキャッシュがあればCS内のLRU配列の最末端に移動させる(②)。

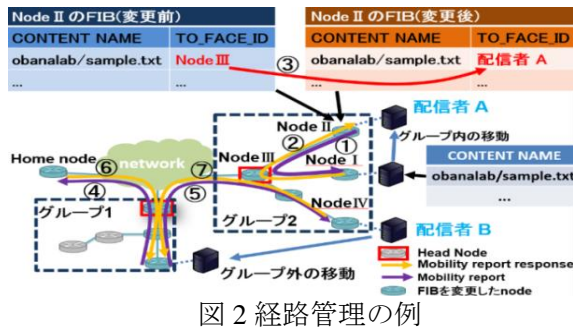


図2 経路管理の例

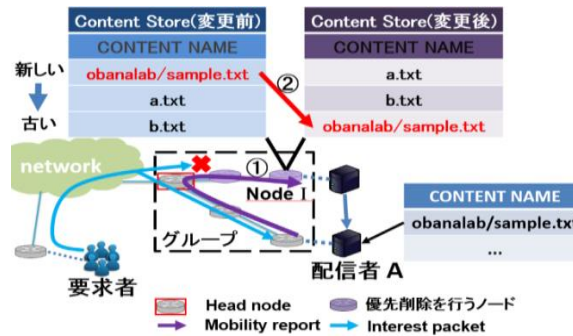


図3 優先削除の例

5. シミュレーション評価

5.1 概要

ネットワークシミュレータ Qualnet 上に、PMC 方式と提案手法を実装して評価した。node 間は TCP/IP で接続した。ネットワークトポロジを図4に示す。配信者グループ5つとクライアントグループ3つを設置し、移動配信者は配信者グループの間を移動する。シミュレーション条件を表1に示す。

5台の移動配信者は人気度上位100個のコンテンツを持ち移動する。一方、固定配信者はそれほど人気のないコンテンツを持つ（以下、固定コンテンツ）ものとし、これらのコンテンツの取得への影響を評価する。評価項目を以下に示す。

- 1) 経路管理(課題1): 配信者移動に伴う FIB 変更の通信オーバーヘッド(MR 要求と MR 応答が経路する node 数)。
- 2) キャッシュ管理(課題2): 固定コンテンツ取得で Data packet が経路する node 数 (ホップ数) 。

5.2 評価結果

(1) 経路管理の効果

図5に、通信オーバーヘッドを示す。提案手法では PMC 方式より通信オーバーヘッドを最大55%削減できている。グループ内での移動の比率が高いほど効果は大きい。

(2) キャッシュ管理の効果

図6に、固定コンテンツ取得の平均ホップを示す。優先削除処理により、PMC 方式より最大約7%削減され、キャッシュ空間の圧迫が抑制されている。

6. おわりに

CCN においてコンテンツ配信者が移動する場合、node のグループ化による階層的な経路情報管理と、移動前のキャッシュの優先削除するキャッシュ管理の方式を提案し、有効性を検証した。

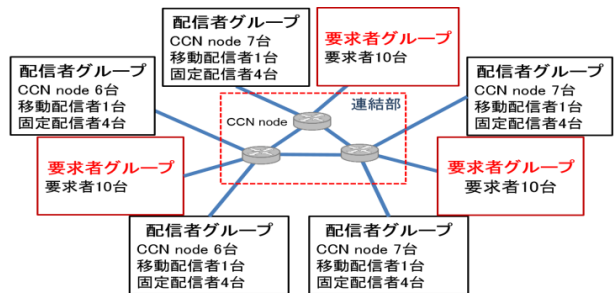


図4 ネットワークトポロジ

表1: シミュレーション条件

CCN node 数	33
要求者数	30
配信者数	20 (うち移動配信者 5)
グループ外の移動確率 p	0~100% (10%刻みで変化)
コンテンツ数	400 個 (Zip 法則より)
node のキャッシュ容量	30 個
グループ数	8 (うち配信者グループ 5)
要求回数	50,900
配信者の移動回数	1,695
シミュレーション実行回数	10

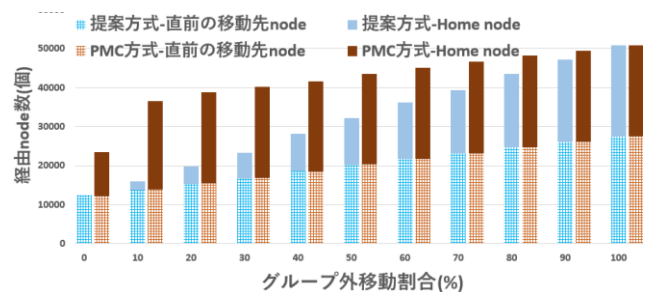


図5 配信者移動時の FIB 変更の通信オーバーヘッド

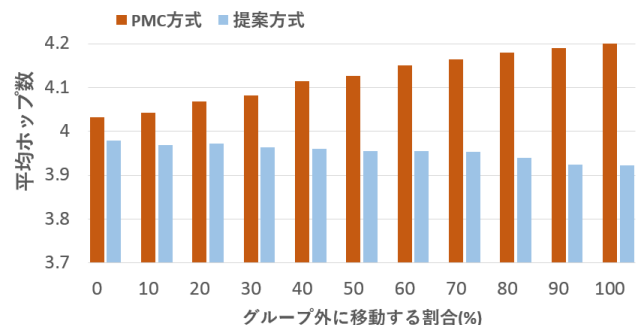


図6 固定コンテンツ取得の平均ホップ数

参考文献

- [1] V. Jacobson, et al., "Networking named content," CoNEXT'09, pp. 1-12, 2009.
- [2] D. Han, et al., "Publisher mobility support in content centric networks," Proc. of ICN'12, 2014.