

Publisherの移動に対応するためのNDN制御手法の提案

岩本 太壱^{1,a)} 重安 哲也^{†1}

概要: 従来のNDN (Named Data Networking) のコンテンツ転送は Publisher が移動する状況を想定しておらず、1) Publisher 移動中のコンテンツへのネットワークアクセス喪失、2) Publisher 移動後の Interest の誤配送、3) Interest の不要な拡散などの問題が発生する。本稿では、従来のNDNで使用する Packet フォーマットに新たなフラグを記録するフィールドを導入することで Publisher 移動完了後のコンテンツ配送経路を迅速に構築する制御の導入を提案するとともに、シミュレーション評価によりその有効性を明らかにする。

A New Proposal Dealing With Publisher Migration On NDN

Abstract: Conventional NDN (Named Data Networking) does not consider the physical migration of a contents publisher on its operation. Hence, when a publisher migrates its location the NDN degrades its performance due to three problems: 1) losing access to contents, 2) Interest mis-forwarding and, 3) unneeded Interest forwarding. In order to deal with the problems, this paper proposes a implementation of new flag fields to NDN Packet formats and clarifies improves NDN performance.

1. はじめに

近年、モバイル端末の高度化や通信網の整備から、スマートフォンによるリアルタイム配信などのようにネットワーク上を移動しながらコンテンツを生成・提供することが容易になった。しかしながら、従来のNDN[1][2]はコンテンツを生成する Publisher が移動する環境を想定していない。そのため、Interest 転送経路上の中間ルータに記録された古い位置情報が移動前の Publisher の位置情報のまま残ってしまうことで、コンテンツ要求が移動後の Publisher とは違う方向に転送され、正しくコンテンツを配信できなくなる。その他にも、Publisher 移動中にコンテンツのネットワークアクセスが失われる問題や、Publisher 移動後の Interest Packet の不要な拡散などが従来のNDNで Publisher が移動により問題が発生する。

本稿では、新たに Publisher が移動直前に保有する自身のオリジナルコンテンツを隣接ノードに転送する手法を検

討する。また、その転送したコンテンツにフラグを設定することによって正しいコンテンツ配信を妨害する経路情報 FIB (Forwarding Information Base) を自律分散的に削除するとともに、新たなフラグの導入により Publisher 移動完了後のコンテンツ配送経路を迅速に構築する手法の2点を提案する。また、本手法が Publisher の移動先情報を必要とせずにコンテンツ取得成功率を既存のNDNより向上できることをシミュレーション評価によって明らかにする。

2. NDN

コンテンツ指向型ネットワークアーキテクチャ [3][4][5]の1つであるNDNでは、コンテンツを端末の住所であるIPアドレスを用いて検索・配送を行うTCP/IPと異なり、コンテンツの名前を示す識別子である Prefix を用いて検索・配送を行う。NDNはIn-Network キャッシュ機能を実装するため、Interest とコンテンツの転送を行うCR (Contents Router) がコンテンツをキャッシュするCS (Contents Store) を持つ。加えて、CRはInterest とコンテンツの配送を正しく行うためにPIT (Pending Interest Table) とFIBを持つ。

- PIT

CRがInterestを受信した際、自身のCS内に一致す

¹ 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

^{†1} 現在、県立広島大学経営情報学部
Presently with faculty of Management and Information systems, Prefectural University of Hiroshima

^{a)} r122001cf@ed.pu-hiroshima.ac.jp

るコンテンツが存在しない場合は、この Interest を受信した Face と Prefix を関連付けたエントリを PIT に記録する。一方、Data を受信した場合は、PIT 内のエントリを検索する。そして、Prefix が一致するエントリが存在した場合そのエントリに記録されている Face から受信した Data を転送する。このとき、転送のために参照された PIT エントリは削除される。

● FIB

CR が Data を受信した際、受信した Face と Prefix を対にしたエントリを作成し FIB に記録する。Interest を受信し、自身の CS 内に一致するコンテンツが存在しない場合は FIB 内のエントリを検索する。そして、Prefix が一致するエントリが存在した場合はそのエントリに記録されている Face に受信した Interest を転送する。PIT と異なり、この時参照されたエントリは削除せずに残す。

● CS

CR が Data を受信し、自身の CS 内に一致するコンテンツが存在しない場合、このコンテンツ自体を CS に新たに格納する。Interest を受信し、自身の CS 内に一致するコンテンツが存在する場合はそのコンテンツを返送する。なお、FIB と同様に CS からコンテンツを返送した後も、そのコンテンツは削除することなく CS 内に保持する。

2.1 NDN の問題点

NDN は静的ネットワークでの運用を前提としており、そのまま制御手法を Publisher が移動する動的ネットワークに適用すると次の 3 点の問題を生じる。1 点目は、移動する Publisher のコンテンツがその Publisher が移動先に到着するまでの間、ネットワークからアクセスできなくなるため、ユーザにコンテンツを配送できなくなる問題である。2 点目は、Publisher 移動後も移動前の古い経路情報が複数の CR の FIB に残ってしまうことで発生する Interest の誤配送である。最後の 3 点目は、Publisher 移動後の新たなコンテンツ配送ルートの構築に時間がかかり、その間に生成された Interest の転送が失敗する問題である。

この 3 点の問題により従来の NDN において Publisher 移動が発生するコンテンツ取得成功率が著しく低下する。以下に、それぞれの詳細を述べる。

2.1.1 Publisher 移動中にコンテンツのネットワークアクセスが失われる問題

移動により Publisher が保持するオリジナルコンテンツへのアクセスができない間は、そのコンテンツを User が何度要求しても取得できなくなる。しかし、その場合でも送信された Interest は FIB に従って移動前に Publisher が存在した場所に全て転送される。つまり、コンテンツを取得できないだけでなく、結果としてネットワーク上に無駄

な Packet がばら撒かれることになる。

2.1.2 Publisher 移動後の Interest の誤配送問題

移動完了後も Publisher の移動前の経路情報が各 CR の FIB に残る。FIB に誤った経路情報が存在するとこれに従って Interest が転送される。例えば、図 1 では要求されたコンテンツが実際に存在する方向とは異なる方向に Interest が転送され続ける。これにより、ネットワーク上に要求されたコンテンツを持つ Publisher が存在するにもかかわらず、コンテンツが取得できない状況に陥る。

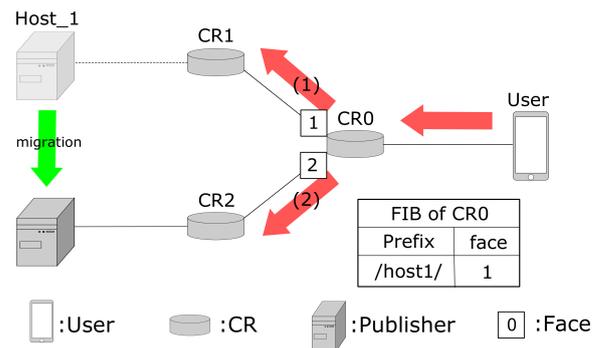


図 1 Publisher 移動による Interest 誤配送問題

2.1.3 Publisher 移動後の Interest の不要な拡散問題

Publisher 移動後に FIB に古い経路情報が残っていない場合でも、Publisher の位置が変わった場合は新たにコンテンツ配送経路を構築する必要がある。この新たな経路構築が完了するまでの間に送信した Interest はコンテンツまでたどり着くことができず、配送に失敗する。また、NDN では FIB に登録されていないコンテンツを検索する際はブロードキャストを行うため、新しい経路の構築中にネットワーク上に無駄な Packet が拡散されることになり、ネットワークトラフィックが不必要に増加してしまう。

2.2 PMC (Publisher Mobility support in CCN) 方式 [6]

NDN における Publisher 移動に対する解決策の 1 つとして PMC が提案されている。PMC では、Publisher が初めてネットワークに接続した時の隣接ノードを HomeNode に設定する。この HomeNode には対応する移動 Publisher の位置情報が常に反映される。User から送信された Interest は、まず、HomeNode まで転送され、ここで Publisher の現在の位置情報を確認した後に Publisher に転送される。移動 Publisher は移動前に移動先のノードと HomeNode に対して Mobility Report 要求 (MR 要求) を送る。MR 要求を受信した移動先ノードと HomeNode は Mobility Report 応答 (MR 応答) を移動 Publisher に対して送信する。こ

の MR 応答を受信したすべてのノードは FIB を Publisher 移動後のネットワークポロジに合わせて更新する。これにより、移動完了後は、すぐに各 CR に Publisher 移動後の正しい経路情報を登録できる。

本手法は移動後の迅速な経路構築には有効であるが、一時的ではあるにせよ、移動 Publisher の保有するオリジナルコンテンツがネットワーク内から消失し、移動 Publisher がネットワークに復帰するまで配送不能になることになり、あるいはコンテンツ取得不可問題を完全に解決はできない。また、移動 Publisher の移動先を事前に把握しておく必要があるため、各 CR による自律分散的処理のみでは実現不能である。

3. 提案手法 1：リンク切断前のコンテンツ事前転送と M フラグ活用による FIB/CS 更新制御

本章は、Publisher 移動による 1) コンテンツ配信不能状態の解消と 2) 誤った経路情報を FIB から削除する手法を提案する。具体的には、移動する Publisher がコンテンツを隣接ノードに事前転送するとともに事前転送するコンテンツに設定した M フラグを活用することで移動によって変更したネットワークポロジを踏まえて FIB と CS を更新する。提案手法は計算機シミュレータを用いて評価し有効性を明らかにする。

3.1 コンテンツ事前転送と不要な FIB の削除

本手法において、Publisher は移動する直前に保持するオリジナルコンテンツを隣接ノードに転送することで、コンテンツのネットワークアクセスが失われ取得不能となることを防ぐ。また、転送するコンテンツに M フラグを設定することで転送経路上のルータの FIB の中で更新が必要となったエントリを削除する。

2.1 節で述べた課題のうち、本章で提案する手法では 1 点目と 2 点目の問題を解消するために、移動 Publisher が移動開始直前に保有するコンテンツを隣接ノードに送信する。こうすることで、移動中の Publisher のコンテンツであっても、配送不能状態となることを防ぐことができる。また、この事前転送されるコンテンツに設定された M フラグを設定し、ネットワーク上の各ノードは存在する誤った FIB エントリを削除することで、誤った経路情報に起因する Interest 誤配送を回避する。

図 2 に本手法の基本動作を示す。事前転送のために送信される M フラグが設定されたコンテンツを受信した各ノードはまず対応する FIB を削除する。次に、このコンテンツを各自の CS に保存するが、このキャッシュするコンテンツにも M フラグを設定する。また、すでに同じコンテンツのキャッシュが CS 上に存在していた場合はそのキャッシュに M フラグを設定する。M フラグが設定され

たコンテンツキャッシュを要求する Interest を受信した際は、CS からそのまま返送する。

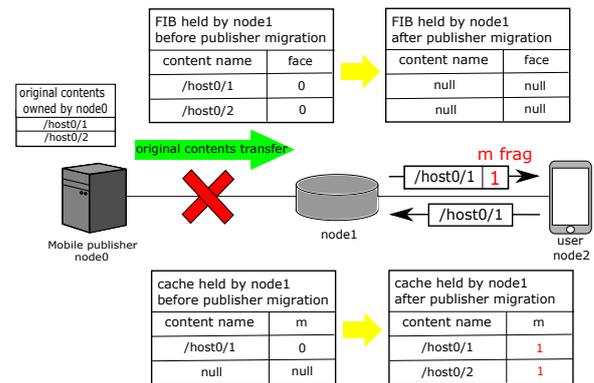


図 2 提案手法の基本動作

3.2 事前転送と M フラグ制御

前述の通り、移動 Publisher は移動直前に隣接ノードに保持するオリジナルコンテンツを転送する。これを事前転送とよぶ。以下では、事前転送と、その際に転送コンテンツに設定する M フラグによって実施する制御の詳細について述べる。

- (1) M フラグが設定されたコンテンツを受信した際の処理
移動 Publisher が事前転送するコンテンツには M フラグが設定されるが、このフラグが設定されたコンテンツを受信した CR は、次の順番で処理を行う。1) 自身の FIB エントリを検索し受信したコンテンツと一致する名前を持つエントリがあればそれを削除する。次に、2) 受信したコンテンツをそのまま M フラグが設定された状態で CS にキャッシュする。最後に、3) 自身の PIT エントリを検索し一致するエントリがあれば、該当する Face に、受信したコンテンツをそのまま返送する。

- (2) M フラグの設定されていないコンテンツを受信した際の処理

M フラグの設定されていないコンテンツを受信した CR は、次の順番で処理を行う。1) 自身の FIB のエントリを検索し、受信したコンテンツと一致する名前を持つエントリが存在しなければ新たにエントリを登録する。次に、2) 自身の CS に対応するキャッシュが存在しない場合はコンテンツをそのままの状態にキャッシュする。逆に対応するキャッシュが存在しており、かつ、そのキャッシュに M フラグが設定されている場合は、このキャッシュに設定されている M フラグを解除する。最後に、3) 自身の PIT エントリを検索し一致するエントリが存在する場合は、M フラグが設定されていない状態でこのコンテンツを返送する。

(3) Interest 受信時の処理

Interest を受信した CR は、自身の CS に対応するコンテンツがキャッシュされている場合は、そのままの状態コンテンツを返送する。CS に対応するコンテンツのキャッシュが存在しない場合は、その Interest に記録されているコンテンツ名と、受信した Face 番号を記したエントリを新たに PIT に登録するとともに FIB に従ってこの Interest を上流の CR に転送する。

3.3 事前転送と M フラグ制御による性能向上

本節では、前節で述べた提案手法 1 と既存の NDN を比較評価する。具体的には、動的ネットワークにおけるコンテンツ取得率とキャッシュヒット率を評価する。評価に用いた諸元を表 1 に評価に用いたネットワークトポロジを図 3 にそれぞれ示す。

表 1 シミュレーション諸元

Parameter	Value
Number of nodes	6
Interest generation rate	100[pkt/sec]
Content generation rate	100[pkt/sec]
Interest Packet size	1024[bytes]
Content Packet size	1024[bytes]
Cache capacity	無制限

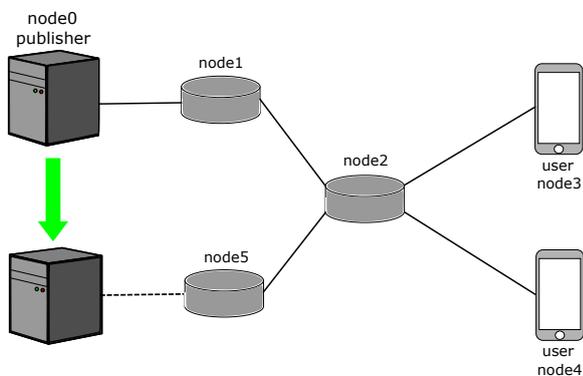


図 3 評価用ネットワーク

図 3 に示す、ノード 0 は移動 Publisher であり、シミュレーション中にノード 1 の近隣からノード 5 の近隣に移動する。ノード 3, 4 はそれぞれ複数ユーザからなるユーザ群とし、1 秒間に平均 100 個の Interest を生成する。本評価では、スマートフォンからのリアルタイム配信などのように新たなオリジナルコンテンツがシミュレーション中に連続して生成される状態を想定する。具体的には、Publisher は 1 秒間に平均 100 個のオリジナルコンテンツを新たに生成することとした。また、生成されて間もない新しいコンテンツほど要求される可能性を高く設定するため、コンテンツ要求の新しさによって要求される確率に重みづけを行う。具体的には、生成済みの全コンテンツを 10 個のグルー

プに等分割し、それぞれを生成時刻からの経過時間が短い順に 1, 2, ..., 10 と番号を振り、任意のグループ x に含まれるコンテンツに対する要求発生頻度を次式に従うように設定した。

$$P(x) = \sum_{k=x}^{10} \frac{1}{10k} \quad (1)$$

以下の節では、事前転送するコンテンツの割合が変化した場合のキャッシュヒット率とコンテンツ取得率を評価する。なお、事前転送するコンテンツは生成後からの経過時間が短い順に選択することとした。

3.4 コンテンツ取得率とキャッシュヒット率

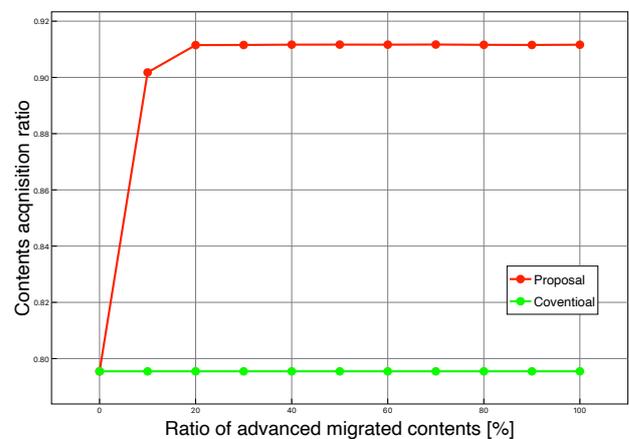


図 4 コンテンツ取得率

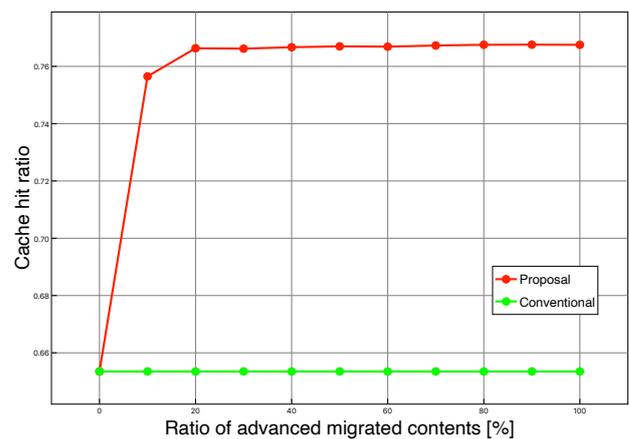


図 5 キャッシュヒット率

図 4, 図 5 にコンテンツ取得率とキャッシュヒット率をそれぞれ示す。両図の横軸はいずれも、事前転送するコンテンツの割合を示す。なお、コンテンツ取得率は実際に取得できたコンテンツ数をコンテンツ要求数で割った値とした。

図 4 から、移動 Publisher が保有するオリジナルコンテ

コンテンツのうち 10%を事前転送することにより、コンテンツ取得率が約 10%改善していることがわかる。また、事前転送の割合を 20%にすればさらに約 1%取得率は改善するが、それ以上に事前転送量を増加してもキャッシュヒット率は 91%付近で一定となる。これは、古いコンテンツの要求確率を低く設定したためである。そのため、事前転送するコンテンツの量を増やしても、一定量を超えた場合はキャッシュヒット率の向上に寄与しなかったと考えられる。

図 5 から、キャッシュヒット率も同様の傾向となることがわかる。10%の事前転送によりコンテンツ取得率は約 10%改善となる。しかし、キャッシュヒット率と同様に、それ以上事前転送量が増加しても 76%付近を上限にそれ以上の向上効果はあらわれない。

以上の結果から、提案手法 1 の導入により Publisher 移動環境におけるキャッシュヒット率とコンテンツ取得率を改善できることが確認できる。また、本手法が最大の効果を発揮するのは事前転送するコンテンツ量が保有するオリジナルコンテンツ全体の 10%から 20%のときであり、それ以上の事前転送は性能向上に大きな影響をもたないことを確認した。

3.5 提案手法 1 の課題

評価結果から提案手法 1 により動的ネットワークにおける NDN の課題を改善できることを確認した。しかし、本手法は Publisher の移動後のコンテンツ配送経路の構築には関与していないため、Publisher 移動完了後の不要な Interest が拡散される課題は解決できていない。移動完了後の経路構築までの時間を短縮できれば、破棄されるコンテンツや Interest の量をより削減できるため、リアルタイム性が重視される動的ネットワーク環境においても NDN の適用が可能となる。

次章では、この Publisher 移動完了後の新しい経路構築にかかる時間を短縮するための追加制御を提案する。

4. 提案手法 2 : R フラグ活用による Publisher 移動完了後の通信経路更新

本章は、Publisher 移動後の新たなコンテンツ配送ルート構築にかかる時間を短縮するために提案手法 2 を提案する。具体的には、移動が完了した Publisher が提案手法 2 で新たに導入する R (Rebuild) フラグを設定したコンテンツを隣接する CR から User まで転送することで新たなコンテンツ配送ルートを構築する。また、提案手法 2 を計算機シミュレータを用いて有効性を評価した結果を報告する。

4.1 提案手法の概要

従来型の NDN では Publisher の移動にともなって、コンテンツ取得率が著しく低下する。本章では、Publisher

移動後の新たなコンテンツ配送経路の構築に時間がかかることにより、その間に生成された Interest の転送が失敗する問題の改善について検討する。

図 6 に提案手法の基本動作を示す。移動を完了した Publisher は R フラグを設定したコンテンツを移動後の隣接 CR から User 方向に転送する。R フラグが設定されたコンテンツを受信した各 CR はこのコンテンツの受信 Face を転送先に設定した新たなエントリを自身の FIB に登録することで User から Publisher までのコンテンツ配送ルートを構築する。従来の NDN では、受信した Interest に記載されるコンテンツ名に対応する FIB エントリが自身に登録されていない場合、User からコンテンツ要求を繰り返しブロードキャストすることでコンテンツを保有する Publisher を検索し、新たなコンテンツ配送経路を構築する。そのため、Interest 受信後にコンテンツ配送経路を構築する場合は経路構築に時間がかかることにより User へのコンテンツ返送が遅延することに加え、ブロードキャストによって大量の packets がネットワーク上にばら撒かれることによるネットワーク負荷の増加をまねく。それに対して本章の提案手法 2 では、移動完了直後に Publisher 自身が User までの経路をマルチキャストによって早期に構築するため、無駄な packets の発生を制御し、また、実際の Interest 到着より迅速に新しいコンテンツ配送経路を構築できると考えられる。

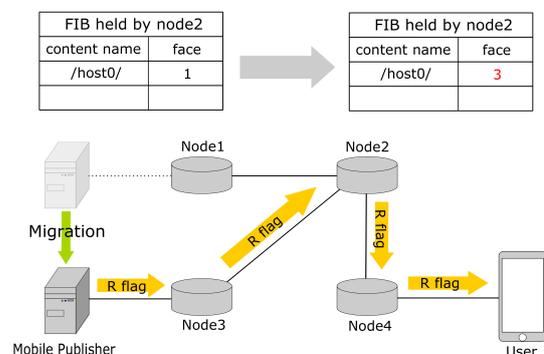


図 6 移動完了後の通信経路更新手法の概要

4.2 R フラグ制御

本手法において Publisher は、移動完了後に保持する 1 つのコンテンツを隣接ノードへ 1 つ転送する。このとき、転送するコンテンツは一様乱数によって選択することとし、選択したコンテンツには R フラグが設定される。以下では、この R フラグの状態に基づいて実施する経路構築制御の詳細について述べる。

(1) R フラグが設定されたコンテンツを CR が受信した際の処理

R フラグが設定されたコンテンツを受信した CR は、次の順番に処理を行う。1) 自身の FIB エントリを検索し受信したコンテンツと一致する経路情報がなければ、新たに、コンテンツの受信 Face を記載したエントリを登録する。次に、2) R フラグを解除した後に受信したコンテンツを CS にキャッシュする。その後、3) 過去にこのコンテンツと同じ Prefix を持つ Interest を受信した履歴を持つ Face から、受信したコンテンツを R フラグを設定した状態で転送する。

(2) R フラグが設定されたコンテンツを User が受信した際の処理

R フラグが設定されたコンテンツを受信した User は、自身の FIB のエントリを検索し、受信したコンテンツと一致する Prefix を持つエントリが存在しなければ新たにエントリを登録する。

4.3 性能評価

本節では、3 種類の NDN を比較対象とし、動的ネットワーク環境下で様々なパラメータを変化させたときの取得率の変化を評価する。

比較方式は以下の 3 種類である。

- 既存の NDN (Conventional)
- 提案手法 1 のみを実装した NDN (Proposal_1)
- 提案手法 1 と 2 の両方を実装した NDN (Proposal_2)

評価に用いた諸元と評価に用いたネットワークトポロジを図 7、表 2 にそれぞれ示す。

表 2 シミュレーション諸元

Parameter	Value
Number of nodes	24
Interest generation rate	100[pkt/sec]
Number of contents	1000
Interest Packet size	1024[bytes]
Content Packet size	1024[bytes]
Cache capacity	無制限

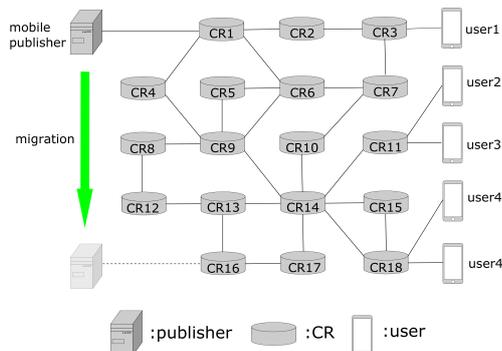


図 7 評価用ネットワーク

評価用ネットワークは移動 Publisher, CR, User 群の数がそれぞれ、1, 18, 5 となる全 24 ノードで構成されている。移動 Publisher は図 7 に示すように、CR1 の隣接から CR16 の隣接に一度だけ移動する。User は複数ユーザからなるユーザ群であり、1 秒間に平均 100 個の Interest を生成する。Interest が要求するコンテンツは 1000 個のオリジナルコンテンツの中から一様乱数によって決定される。また、事前転送で転送するコンテンツも同様に一様乱数により選択される。

以下では、事前転送するコンテンツ量、TTL (Time to Live), PIT 容量の 3 つのパラメータを変化させた場合のコンテンツ取得率を評価する。なお、コンテンツ取得率は実際に User が取得できたコンテンツ数をコンテンツ要求総数で割った値とする。

4.4 事前転送するコンテンツ量の変化とコンテンツ取得率の関係

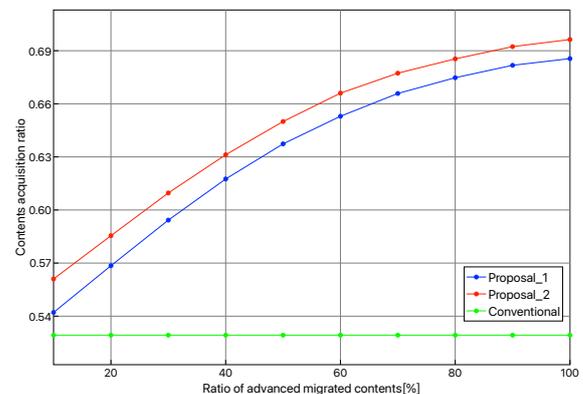


図 8 事前転送コンテンツの量とコンテンツ取得率の関係

事前転送コンテンツ量の変化とコンテンツ取得率の関係を評価する。本評価では、TTL は 0.1[s], PIT 容量は無制限とした場合の評価結果を図 8 に示す。

同図の横軸は移動 Publisher が保有するコンテンツの総数に対する事前転送コンテンツの割合となっており、縦軸はコンテンツ取得率となっている。また、緑は Conventional, 青は Proposal_1, 赤の Proposal_2 の結果をそれぞれ示している。

図 8 から、事前転送コンテンツの量が増加するとコンテンツ取得率も緩やかに上昇する。また、全てのコンテンツを事前転送した場合にコンテンツ取得率も最大となる。その際、Conventional に対して、Proposal_1 は約 16%, Proposal_2 は約 18%それぞれ改善することが確認できる。また、Proposal_2 のコンテンツ取得率は常に Proposal_1 より約 2.5%高くなることも確認できる。

Proposal_1 と Proposal_2 が緩やかに上昇し続けるのは、User が要求するコンテンツが一様乱数によって選択されることが原因として考えられる。さらに、Proposal_1 と

Proposal_2 のコンテンツ取得率の差が約 2.5% でほぼ一定になっているのは、Publisher 移動完了後の経路構築にかかる時間がコンテンツの事前転送量に依存せず一定であることが原因として考えられる。

また、Proposal_2 は常に Proposal_1 より高い取得率となることから、R フラグによる経路構築が性能向上に効果的に寄与しているといえる。

4.5 TTL の変化とコンテンツ取得率の関係

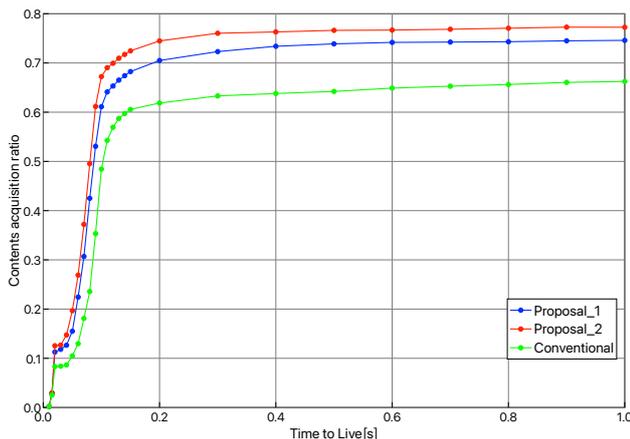


図 9 TTL の長さ とコンテンツ取得率の関係

TTL と取得率の関係を評価する。本評価では、コンテンツ事前転送量は 100%，PIT 容量は無制限とした。

評価結果を図 9 に示す。同図の横軸は TTL，縦軸はコンテンツ取得率を示している。また、前述した評価結果と同様に緑は Conventional，青は Proposal_1，赤は Proposal_2 の結果をそれぞれ示している。

同図の結果から、TTL を長くするとコンテンツ取得率も上昇することがわかる。なお、TTL が 0.2[s] の場合は Conventional，Proposal_1，Proposal_2 のコンテンツ取得率はそれぞれ約 61%，約 70%，約 74% となっている。しかし、TTL をそれ以上長くしてもコンテンツ取得率の向上効果はあまり得られないことも確認できる。これは、コンテンツ平均取得時間が約 2.0[s] であり、それ以上の時間を TTL に設定しても、TTL のタイマー超過によって破棄される Interest がほとんど存在しなくなるためである。

また、Proposal_2 は常に Proposal_1 より高いコンテンツ取得率を示すことから、R フラグによる経路構築時間の短縮効果が得られているといえる。

4.6 PIT 容量とコンテンツ取得率

PIT 容量とコンテンツ取得率の関係を評価する。本評価では、コンテンツ事前転送量は 100%，TTL は 0.1[s] とした。図 10 に評価結果を示す。同図の横軸は PIT が保存できるエン트리数，縦軸はコンテンツ取得率となっている。

また、図中の表記はこれまでの評価結果と同じとした。なお、本評価において、PIT 容量がエントリによって全て埋め尽くされた状態で新たなエントリの登録が必要になった際は、最も古い経路情報を削除するものとした。

図 10 から、PIT 容量が 5 以下の領域では、容量の増加に伴いコンテンツ取得率は急上昇することがわかる。PIT 容量が 5 の場合は Conventional，Proposal_1，Proposal_2 のコンテンツ取得率はそれぞれ約 57%，約 61%，約 69% となった。しかし、PIT 容量が 5 を超えると、コンテンツ取得率の上昇効果は緩やかになり、容量 14 で Conventional が約 65%，Proposal_1 が約 69%，Proposal_2 が約 75% に達するとそれ以降はほとんど変化しなくなり、一定以上の PIT 容量の拡大は性能向上に大きな影響を持たないことを確認した。

さて、Proposal_2 は常に Proposal_1 より高いコンテンツ取得成功率となっていることから、R フラグによる経路構築によって少ない PIT 容量であっても高いコンテンツ取得率を維持できることがわかる。

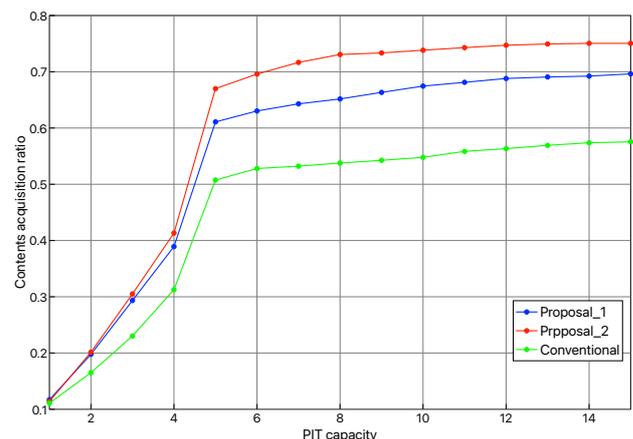


図 10 PIT 容量とコンテンツ取得率の関係

4.7 課題

本章における評価結果から提案手法の導入によって動的ネットワークにおける NDN の性能を改善できることが確認された。今回のシミュレーション実験では CR のキャッシュ容量を無制限としたが、そのような状況は現実的ではないため M フラグと R フラグによる制御を考慮したキャッシュ管理手法の開発が求められる。

5. 終わりに

本稿では、動的ネットワークにおける NDN のコンテンツ取得率向上を目的として、Publisher 移動に起因する問題に対する検討を行った。第 3 章では、Publisher が移動直前に保有するオリジナルコンテンツを隣接ノードに転送し、その転送したコンテンツに設定したフラグによって正しいコンテンツ配信を阻害する経路情報を自律分散的に削除する提案手法について、また、第 4 章では、フラグにより

Publisher 移動完了後のコンテンツ配送経路の迅速に構築する提案手法を提案した。また提案手法は、計算機シミュレーションを用いてその有効性を明らかにした。

参考文献

- [1] M. Soniya and K. Kumar: A survey on named data networking, Proc. of 2nd International Conference on Electronics and Communication Systems 2015 (ICECS 2015), pp. 1515–1519, Coimbatore (2015) .
- [2] Q. Chen, R. Xie, F. Yu, J. Liu, T. Huang and Y. Liu: Transport Control Strategies in Named Data Networking IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 18, no. 3, pp. 2052–2083 (2016) .
- [3] B. Ahlgren, C. Dannewitz, C. Imbrenda, D. Kutscher and B. Ohlman: A survey of information-centric networking, IEEE Communications Magazine, vol. 50, no. 7, pp. 26–36, July (2012) .
- [4] J. Kim, M. Jang, J. Park, S. Choi and B. Lee: Enhanced forwarding engine for content-centric networking (CCN), Proc. of IEEE International Conference on Consumer Electronics 2013 (ICCE 2013), pp. 92–93 , Las Vegas, NV (2013) .
- [5] 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, pp. 341–346 (2012) .
- [6] D.Han, M.Lee, K.Cho, T.Kwon and Y.Choi: Publisher mobility support in content centric network Proc. of IEEE International Conference on Information Networking (ICOIN), pp.214–219 (2014.)