

CCN/NDN のベストエフォートアクセス網を用いた展開手法 および、適応流量制御方式の開発

村本 衛一, 米田 孝弘, 小西 一暢, 大西 遼太

†パナソニック株式会社 R&D本部 〒571-8501 大阪府門真市大字門真 1006

E-mail: {muramoto.eiichi, yoneda.takahiro, konishi.kazunobu, ohnishi.ryota} @jp.panasonic.com

1. はじめに

Content Centric Networking (CCN), Named Data Network (NDN) [1] (NDN) は、名前ベースでのパケット転送機能、ルータでの自律的キャッシュ構成機能を有し、パケット単位でセキュリティ確保することを特徴とする将来のインターネットアーキテクチャの一つである。

受信端末は、インタレストパケットに取得したいコンテンツの名前を指定して伝送する。ルータでは、Content Store (CS) がある場合、直ちにデータパケットに載せて端末へ返送する。ない場合、上流へ転送したという状態を Pending Interest Table (PIT) に保持し、次に Forward Information Base (FIB) を Longest Match で探索して転送先のインターフェイスを決定し、インタレストパケットを送付する。データパケットが戻ってくると、CS へデータを格納し、PIT に登録されている送信元のインターフェイスへ複製転送する。FIB の情報は OSPFN[2] のような経路制御プロトコルにより交換される。

2. 既存アクセス網を用いた NDN 閉域網の展開

NDN は、ルータでコンテンツをキャッシュするため、CDN と比較して投資コストが低いという試算がある [3]。British Telecom のビデオ配信基盤を実現するコストを比較すると NDN が約 1/2 で実現できると報告されている。

特定のキャリアや ISP が NDN に投資すれば、キャッシュ機能を持ったルーティングプレーンを顧客に払うことも実現可能と考えられる。本稿では、この展開手法を Virtual Private Named Data Network (VPNDN) と呼ぶ。(図 1 参照)

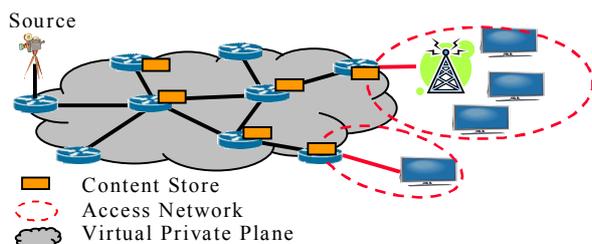


図 1: 既存アクセス網を利用した NDN 網の展開

3. VPNDN 利点、問題点と対策

本章では、VPNDN の利点と問題点、およびその対

策について述べる。

3.1. VPNDN の利点

VPNDN では、単一のキャリアや ISP が NDN の導入を決意した時点でサービス展開が可能であるため、NDN 導入当初から付加的なサービスによる収入を得られる可能性がある。すなわち、ビデオ配信網として導入した NDN 基盤 (ルータ群) をスライス分割して顧客別の閉域網として提供できる利点がある。

3.2. VPNDN の問題点

特定のキャリアや ISP が VPNDN を導入しても、広域に安価にサービスを提供するには、既存のアクセス網を利用する必要が出てくる。既存のアクセス網は、日本の B フレッツ網のようにベストエフォートで設計されているものや、LTE (Long Term Evolution) のように無線を利用するものが一般的である。

このような既存のアクセス網では、利用可能帯域が変動するため、ビデオ配信や監視カメラ映像視聴などの映像伝送を行う場合、適応流量制御が必要となる。

4. 受信者起動の適応流量制御の開発

我々は、単純なビデオ配信のみならず、監視カメラ映像の一斉視聴や追いつき参加可能なビデオ会議システムなどのユースケースも同じ VPNDN で実現できる姿を想定し、NDN 上で動作する適応流量制御方式の開発を行っている。本章では、その要求、方式概要、特性について述べる。

4.1. 受信者起動の適応流量制御への要求

NDN は、インタレストパケットを受信端末が発行するため、受信者起動の流量制御が適切である。

上記のようなアプリケーションを想定した受信者起動の適応流量制御方式への要求について列挙する。

1. 変動する利用可能帯域に適応できること
2. 異なる RTT (Round Trip Time) が混在する状況でも公平に帯域を分け合えること
3. 低遅延で動作すること
 1. はベストエフォートのリンクが存在する場合、当然の要求といえる。

2. について図 2 を用いて説明する。NDN では、ルータ上でキャッシュが構成される。ビデオ伝送の適応流量制御では、階層符号化を用いる方法や、MPEG-DASH のようなマルチビットレートを用いる

方法が知られている。受信端末は利用可能帯域によって要求するビットレートを変更するため、特定のルータ上にすべてのビットレートのコンテンツがキャッシュされているとは限らない。また、複数のルータ上の特定コンテンツのキャッシュの保持時間を同一にすることは困難である。つまり、目的のコンテンツがルータ上に分散して配置されていることが想定できる。受信端末ではコンテンツはRTTの異なる様々な送信元から伝送されてくるように観測される。このため、異なるRTTが混在する状況でも公平に帯域を分け合えることが重要となる。

Video On Demandのような用途では、受信端末でのバッファ時間が秒単位で必要となったとしても大きな問題とはならないが、監視カメラで現在の状況を確認する場合や、ビデオ会議の場合、低遅延での伝送が重要となる。

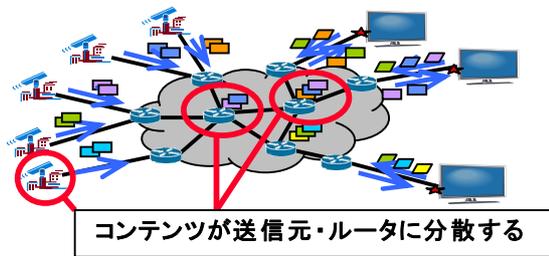


図2：RTT差が公平性に影響しない帯域推定の必要性

4.2. 提案手法の概要

我々は、まず要求の2.に着目し、異なるRTTが混在する状況でも公平に帯域を分け合う帯域推定方式の検討を行った。

提案する帯域推定方式では、一定間隔でインタレストパケットの送信間隔を計算する方式を開発した。すなわち、TFRC(TCP Friendly Rate Control)[4]に代表される等式ベースの帯域推定方式では、RTT毎に計算する方式を採用していたが、要求2を満たしやすくするため、一定間隔で帯域推定を行う方式を採った。

一定間隔毎に伝送遅延の増加傾向の有無を判定し、インタレストパケットの送信間隔を調整する。基本的に、伝送遅延の増加傾向時に送信間隔を広くし、増加傾向がないときに狭くする。

4.3. 提案手法の特性

一つのボトルネックリンクを様々なRTTを持つ複数の受信端末へのトラフィックで競合するトポロジーで、AIMD(additive-increase/multiplicative-decrease)をベースとした方式(他社と記述)と提案方式(自社と記述)のスループットを比較した。ルータと各受信端末の間の最小のリンク遅延を5msずつ変化させ、各sourceと各受信端末との間の最小のネットワーク遅延が5msから160msまで存在するようにした。

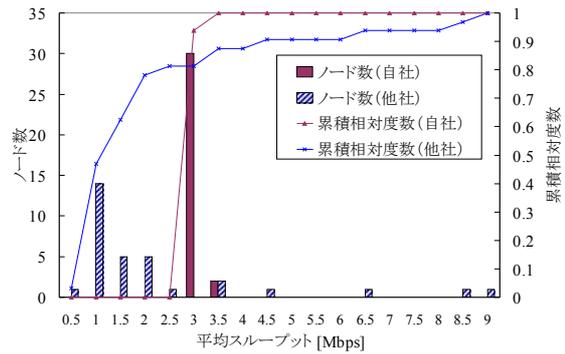


図3：利用帯域公平性に関するシミュレーション結果

図3に示すとおり、提案方式(自社)では、大半の受信端末が3Mbps程度のスループットを示しており異なるRTTが存在する環境下でも公平に帯域を分け合っていることがわかる。

4.4. 関連研究との比較

[5]のAIMDベースの方式では、要求2を満たせていない。ルータに仮想キューを構成する[6]は全ルータへの展開が必要となり既存アクセス網への適用はできない。受信端末のバッファのみを観測する[7]ではリアクティブな動作となるため低遅延化の対応が困難となる。

5. まとめ

本稿では、NDN展開の方法として、既存アクセス網を利用した閉域網展開方式と様々なRTTの受信端末が存在しても公平な帯域を算出する方式を示した。

さらなるユースケース開拓、低遅延化、マルチインタフェース対応および実施実装が今後の課題である。

文献

- [1] Van Jacobson, et al., "Networking Named Content." ACM CoNEXT(2009)
- [2] Lan Wang, et al., "OSPFN: An OSPF Based Routing Protocol for Named Data Networking", <http://www.named-data.net/techreport/TR003-OSPFN.pdf>
- [3] Barry Crabtree, "Video Delivery in ISP Networks Using CCN,"
- [4] S. Floyd, et al., "TCP Friendly Rate Control (TFRC): Protocol Specification", RFC5348, September 2008
- [5] Giovanna Caroglio, Massimo Gallo, and Luca Muscariello. Icp: Design and evaluation of an interest control protocol for content-centric networking. INFOCOM NOMEN Workshop, 2012.
- [6] Giovanna Caroglio, Massimo Gallo, and Luca Muscariello. Joint hop by hop and receiver-driven interest control protocol for content-centric networks. ACM SIGCOMM ICN Workshop, 2012.
- [7] Te-Yuan Huangm, et. Al., "Downton Abbey Without the Hiccups: Buffer-Based Rate Adaptation for HTTP Video Streaming", The ACM SIGCOMM 2013 FhMN 2013