

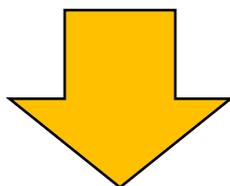
IPとNDNの混在環境における AS間経路制御

立命館大学大学院情報理工学研究科

田中 晃平 上山 憲昭

研究背景

- 現在のインターネットの利用目的の多くはデジタルコンテンツの配信

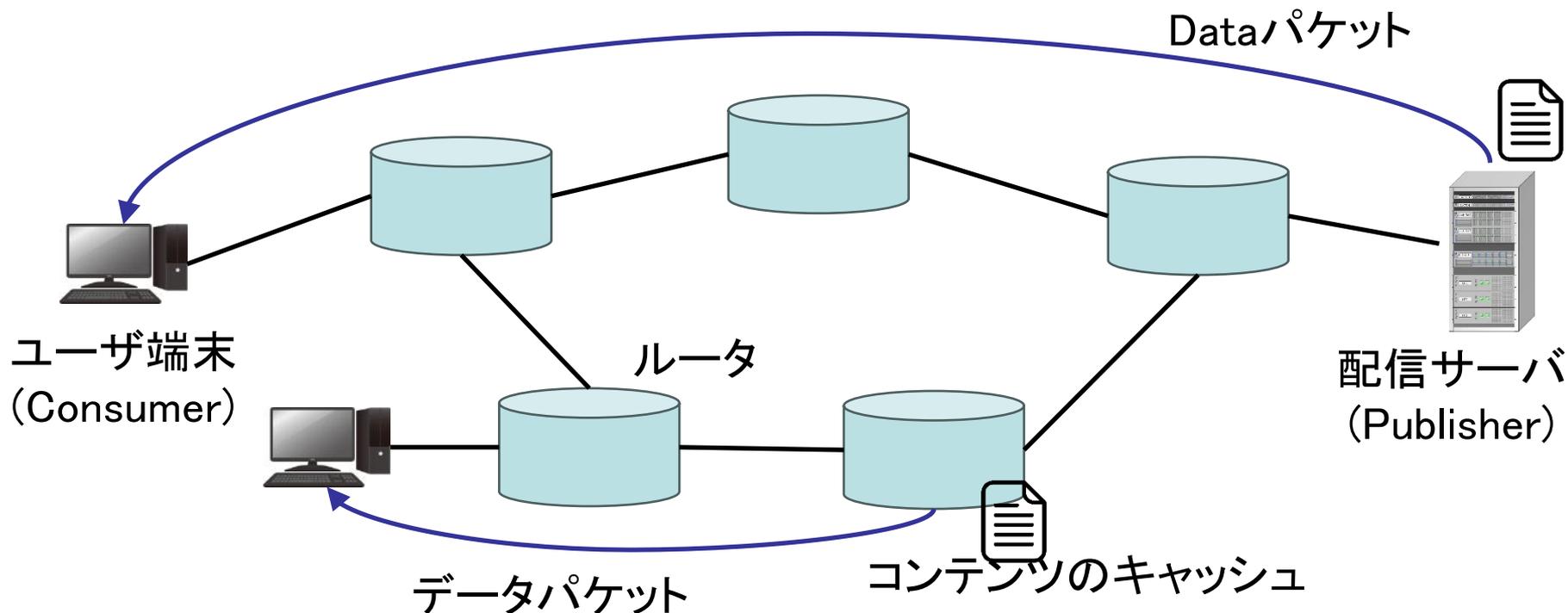


- コンテンツデータの効率的な配信を可能にする情報指向ネットワーク (ICN: information-centric networking) が、次世代のネットワークとして研究されている
 - IPアドレスではなく要求しているコンテンツの名称によってデータのやりとりを実施
 - ルータでコンテンツデータのキャッシュ
 - キャッシュを用いてコンテンツ配信の効率化

ICNを実現するためのネットワークアーキテクチャとして特に盛んに研究が行われているものがNDN (named data networking)

NDN (ICN) の概要

- Consumerはコンテンツの名称で要求パケット (Interest)を送信
 - DataパケットはInterestの転送経路を遡りConsumerへ
- Interest転送経路上ルータにキャッシュ
 - ルータから直接配信

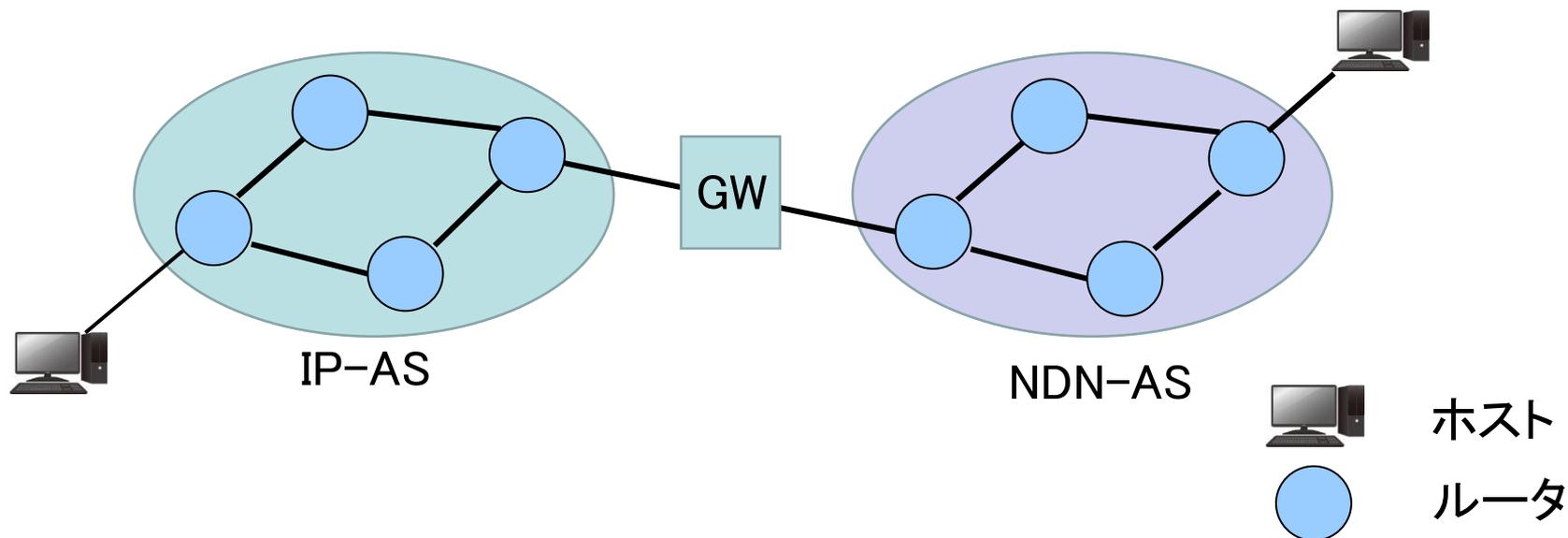


NDN実用化の課題

- NDNの普及は段階的
 - NDNは各AS (autonomous system) を運営するネットワーク事業者が導入を判断
- NDNの普及過程でIPとNDNの混在環境が発生
- パケットの転送経路は、ルータがパケットヘッダに記載された情報から決定
 - IPとNDNではヘッダの内容が異なる
 - IPパケットのヘッダにはIPアドレス、NDNパケットのヘッダにはコンテンツの名称
- 単純に一部のIP-ASをNDN-ASに置き換えても互換性がない
 - IP-NDN間通信にはIPパケットとNDNパケットの相互変換が必要

先行研究

- IP-ASとNDN-ASの境界にパケット変換機能を備えたGateway(GW)を配置
 - GWにパケットの変換(ヘッダの書き換え)に必要な情報をGWに集約



- **課題**
 - GWのパケット変換処理によって通信遅延が発生する可能性

研究目的

- IPとNDNの混在環境において効率的なコンテンツ配信を実現するためのAS間経路制御法の提案
 - IPとNDN混在環境におけるパケット転送法は先行研究のものを想定
- 各ASが採用するプロトコルを考慮して経路制御を行うことで効率化
 - 2種類の経路制御ポリシーを提案
- レイテンシ・トラヒック量の変化を計算機シミュレーションによって分析
 - ネットワーク全体でのコンテンツ配信効率を評価

GWを用いたIP-NDN間パケット転送法

- GWでパケットヘッダの更新
 - IPアドレスやコンテンツ名といった情報をGWに集約

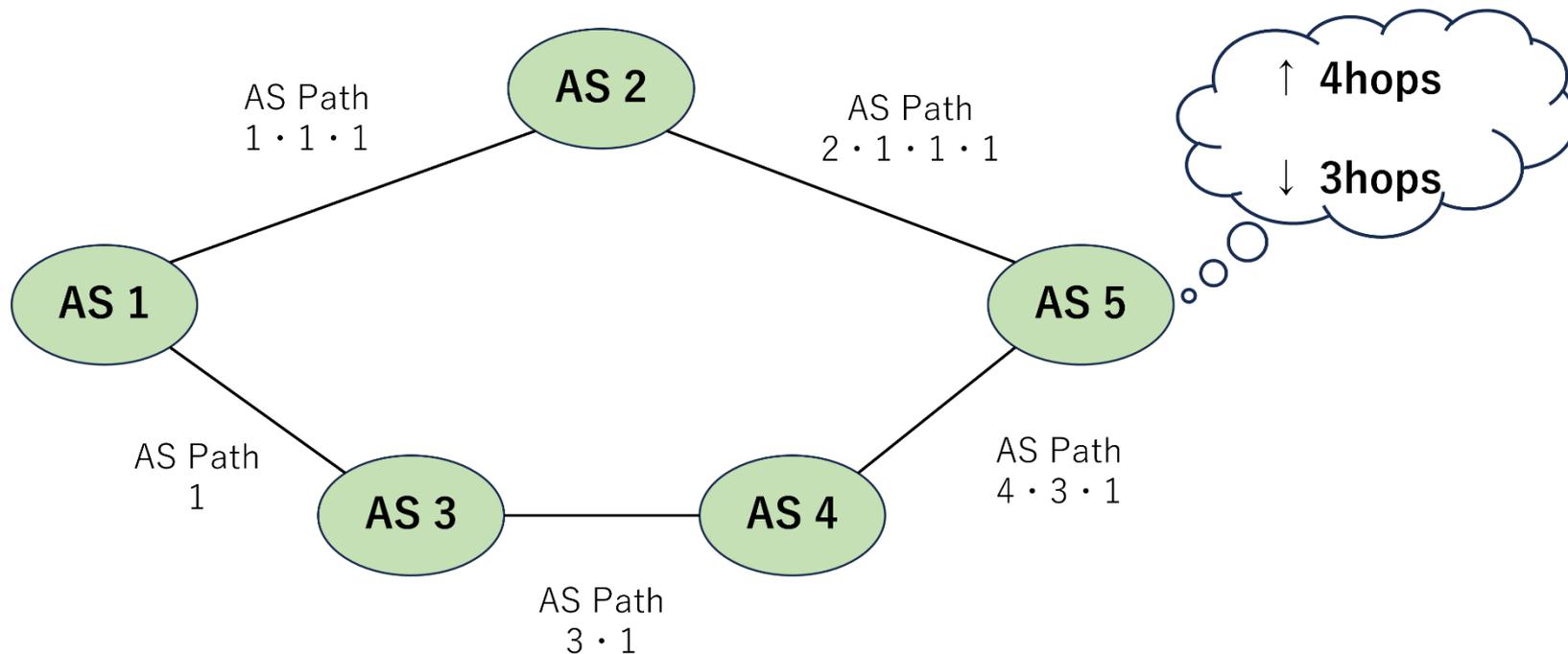
- GWは転送されてきたInterestの情報を保管
 - Dataパケット返送時にConsumerを特定

 - GWで管理可能なデータ量を超えてInterest情報を保管することは不可能
 - **パケットロス発生**
 - 遅延の原因

提案手法：経路制御法

■ AS PATH Prependingを利用

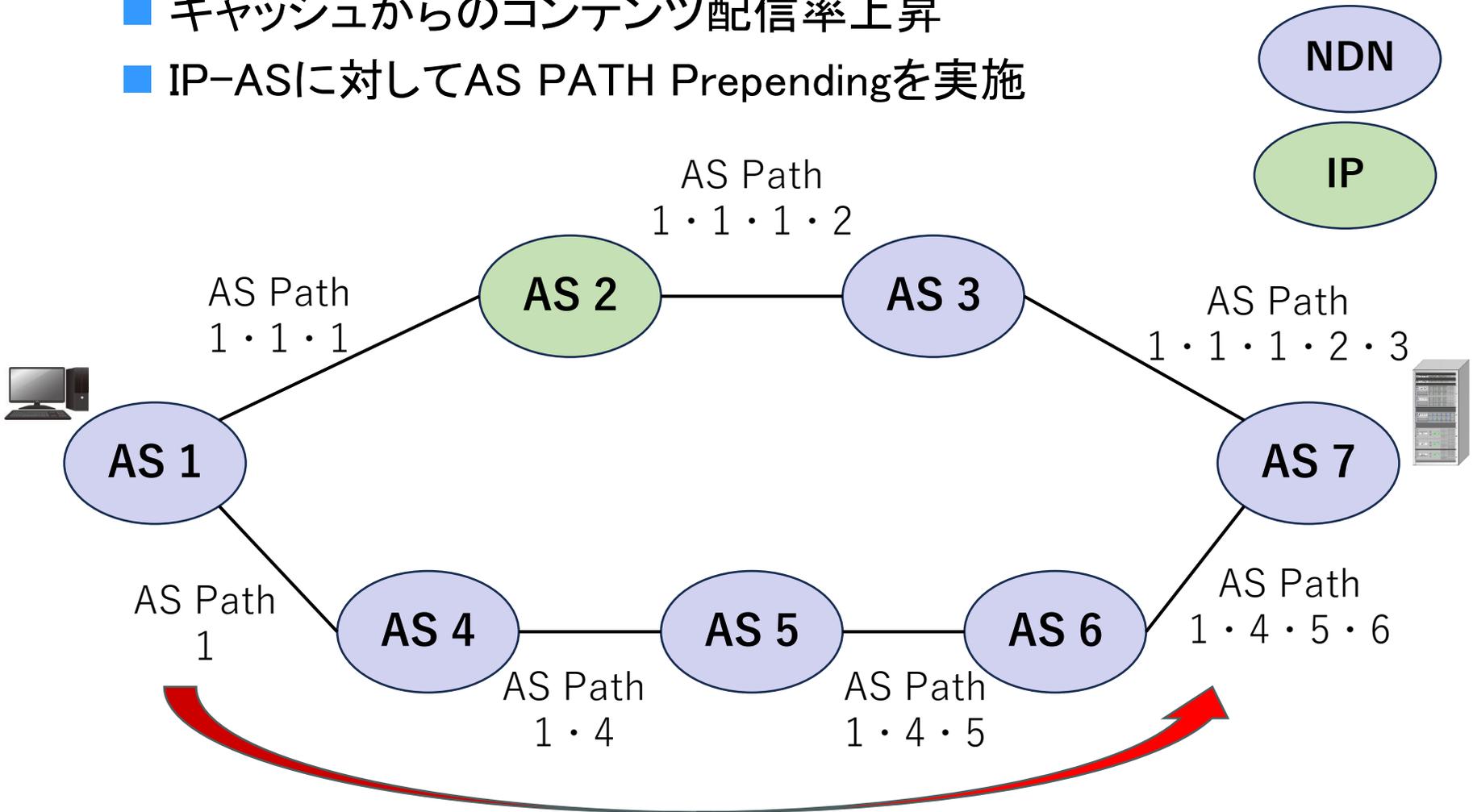
- 他ASが受け取るASパス長の情報を人工的にnホップ分だけ増加させるトラヒック制御手法
- ASが他のASに対して経路広告を伝播させる際に、その広告に自身のAS番号をn回余分に重複させてBGP経路情報を伝播



提案手法: AS間経路制御①

■ NDN-AS高利用率経路

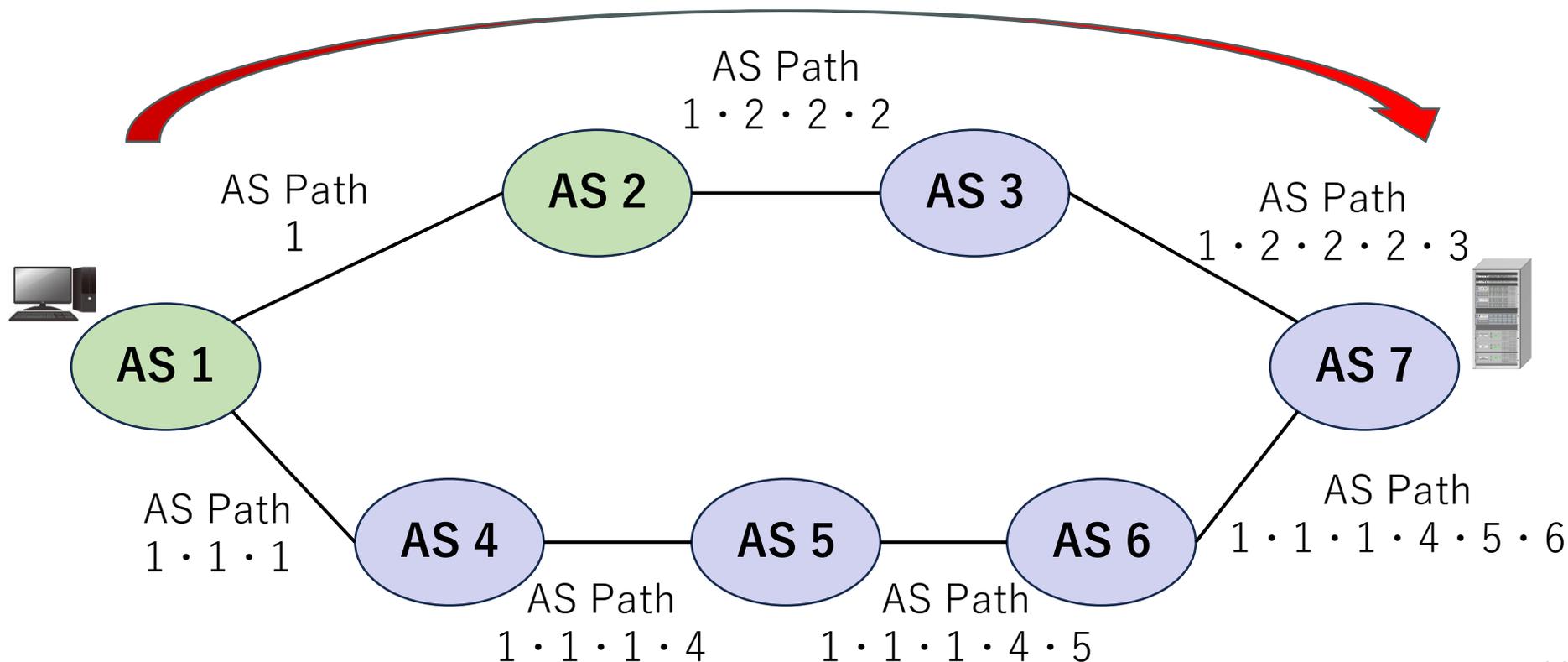
- NDN-ASを優先的に選択する経路
- キャッシュからのコンテンツ配信率上昇
- IP-ASに対してAS PATH Prependingを実施



提案手法:AS間経路制御②

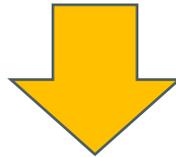
■ パケット変換GW低利用率経路

- パケット変換GWを利用しない経路を優先的に選択する経路
- GWのオーバーヘッドを避けることで効率化を図る
- 自ASと異なるプロトコルASに対してAS PATH Prependingを実施



評価モデル

- 実ASTポロジデータからサンプリングした仮想トポロジを利用した、計算機シミュレーションを実施
- NDN-ASの分布
 - ネットワーク事業者にとっては低次数ASのほうがNDNの導入でより多くの利益
 - 高次数ASにNDNが導入されると大きな遅延軽減効果



- 3種のNDN普及モデルを想定
 - シナリオ1: 次数2以下のASからランダムに選択された70%のAS
 - シナリオ2: シナリオ1の条件 + 次数が上位5%のすべてのAS
 - シナリオ3: シナリオ1の条件 + 次数が上位5%のASからランダムに選択された50%のAS

シミュレーション条件

- パケット転送遅延は通信経路として使用されるAS数に比例すると仮定し、平均RTTは実測値より約296msとする
 - 各ASあたりのパケット転送遅延は、

$$296\text{ms} \div \text{ASペア間のAS数}$$

- Interest及びDataパケットの転送時間のみを考慮
 - DNSの利用時間やパケット変換GWがパケットのヘッダを書き換えるために要する時間などは除外
- 各NDN-AS内でのキャッシュヒット率は3パターンを想定し、それぞれ30%、60%、90%とする
- AS PATH PrependingのAS番号重複数は2

性能評価:トラヒック量

■ シナリオ3の各経路制御法での結果

■ トラヒック量の大部分は返送Dataパケット

■ 経路ノード数の比率をトラヒック量の指標とする

最小ホップ数経路

NDN-AS内キャッシュヒット率	IPのみ	0%	30%	60%	90%
平均経路ノード数	4.2714	4.2714	3.2658	2.4868	1.8920

NDN-AS高利用率経路

NDN-AS内キャッシュヒット率	IPのみ	0%	30%	60%	90%
平均経路ノード数	4.2714	4.3666	3.0648	2.2071	1.6504

パケット変換GW低利用率経路

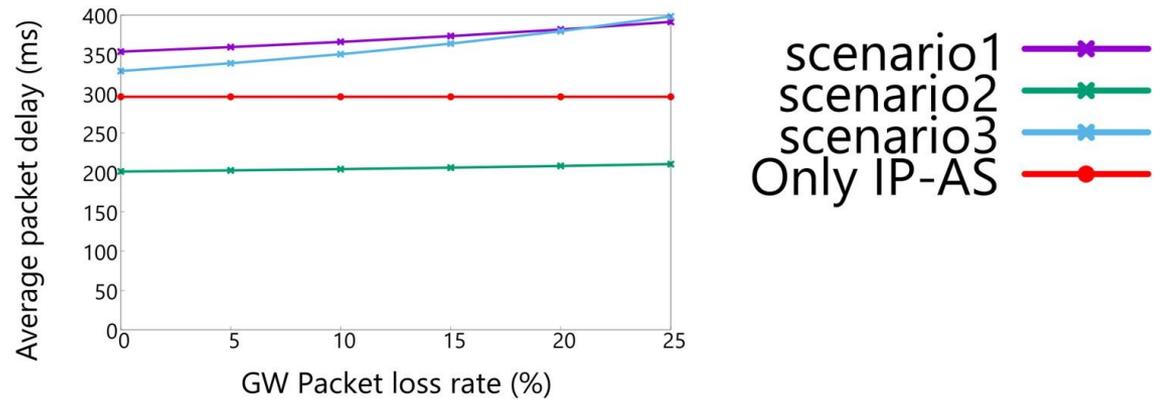
NDN-AS内キャッシュヒット率	IPのみ	0%	30%	60%	90%
平均経路ノード数	4.2714	4.4204	3.3360	2.6204	2.1311

■ NDN-AS高利用率経路では最小ホップ数経路の場合よりも最大で10%以上トラヒック量削減

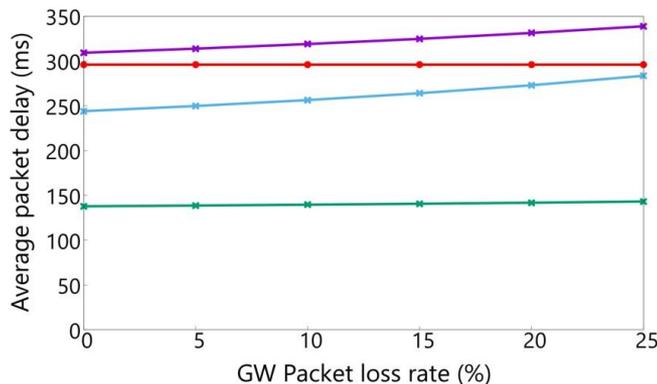
■ 経路制御がトラヒック量削減に有効

性能評価:レイテンシ (NDN普及シナリオの比較)

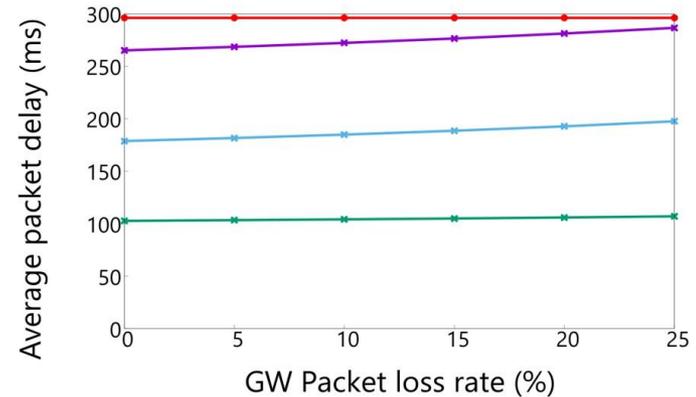
- 最小ホップ数経路(経路制御を行わない場合)の結果
 - シナリオ2, 3はCHR率60%以上で常にIPのみより低遅延
 - 高次数ASでのNDN導入率が特に影響の大きな要因



(a) 30% cache hit ratio in NDN-AS



(b) 60% cache hit ratio in NDN-AS

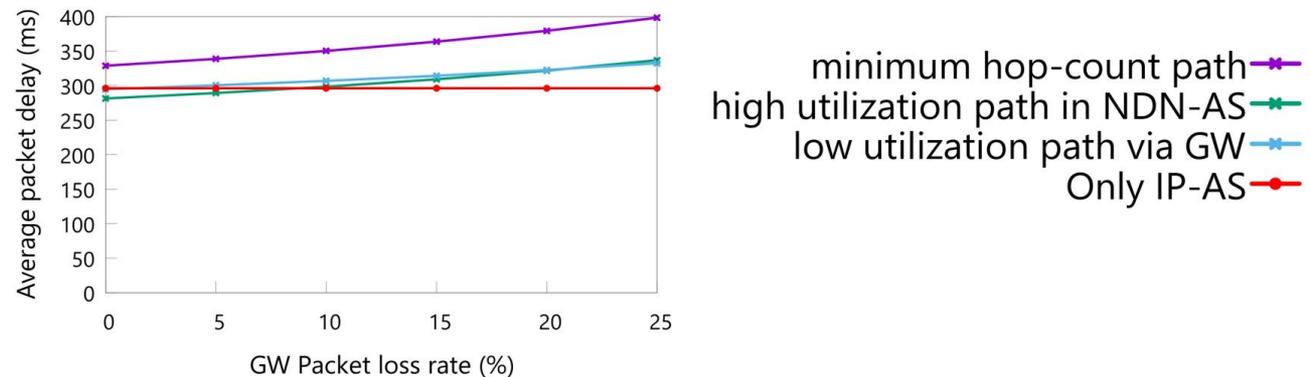


(c) 90% cache hit ratio in NDN-AS

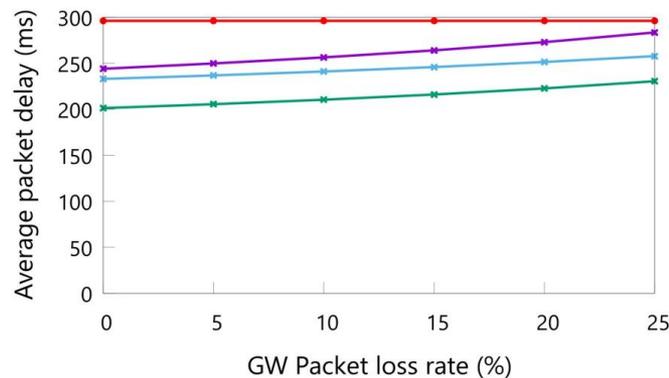
性能評価:レイテンシ(経路制御法ごとの比較)

■ シナリオ3の各経路制御法での結果

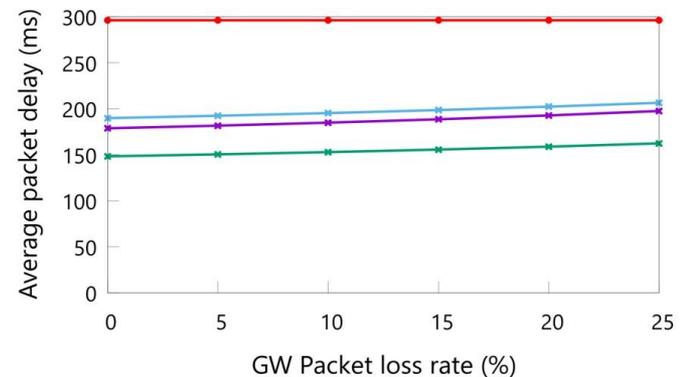
- NDN-AS高利用率経路が特に優れている
- NDN-ASのキャッシュヒット率が低い場合にはパケット変換GW低利用率経路も有効



(a) 30% cache hit ratio in NDN-AS



(b) 60% cache hit ratio in NDN-AS



(c) 90% cache hit ratio in NDN-AS

まとめ

- NDNの導入によってトラフィック量はIPのみの時から大幅に削減可能
 - 特にNDN-AS高利用率経路を利用することにより効果が最大化
- 低遅延化の可能性は条件次第
 - 遅延量に影響を与えるもので最も大きな要因は高次数AS郡でのNDN導入率
 - ほぼすべての条件でNDN-AS高利用率経路が低遅延化に有効
- 今後の課題
 - NDN-AS高利用率経路は一部のNDN-ASにトラフィックを集中させてしまう危険性をもつ
 - トラフィックの分散とデータ配信の効率化の両立が可能な経路制御が必要