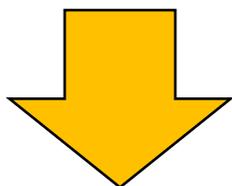


IPとNDNの混在環境における 通信遅延の低減効果の分析

立命館大学大学院
田中 晃平 上山 憲昭

研究背景

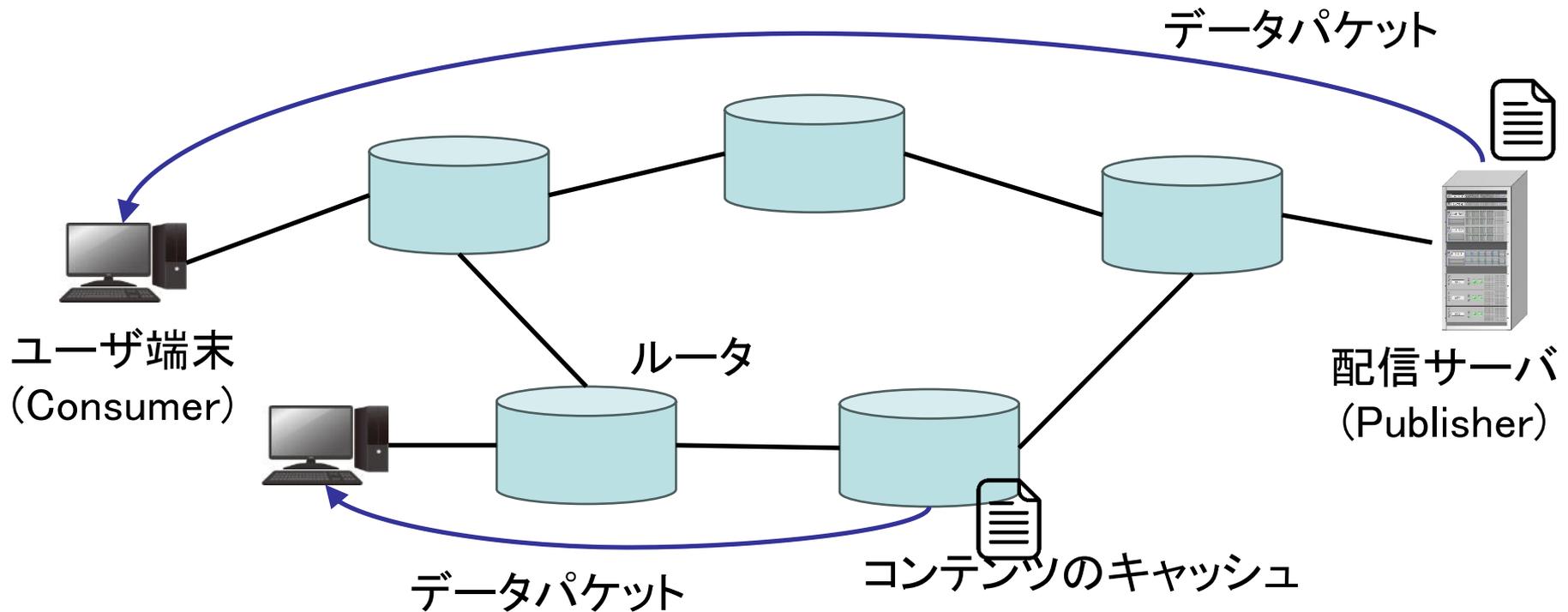
- 現在のインターネットの利用目的の多くはデジタルコンテンツの配信



- 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
 - 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)

ICNの概要

- ICNはコンテンツの名称で要求パケット (Interest)を転送
- ルータでコンテンツをキャッシュ
 - Interest転送経路上にキャッシュがある場合、ルータから配信

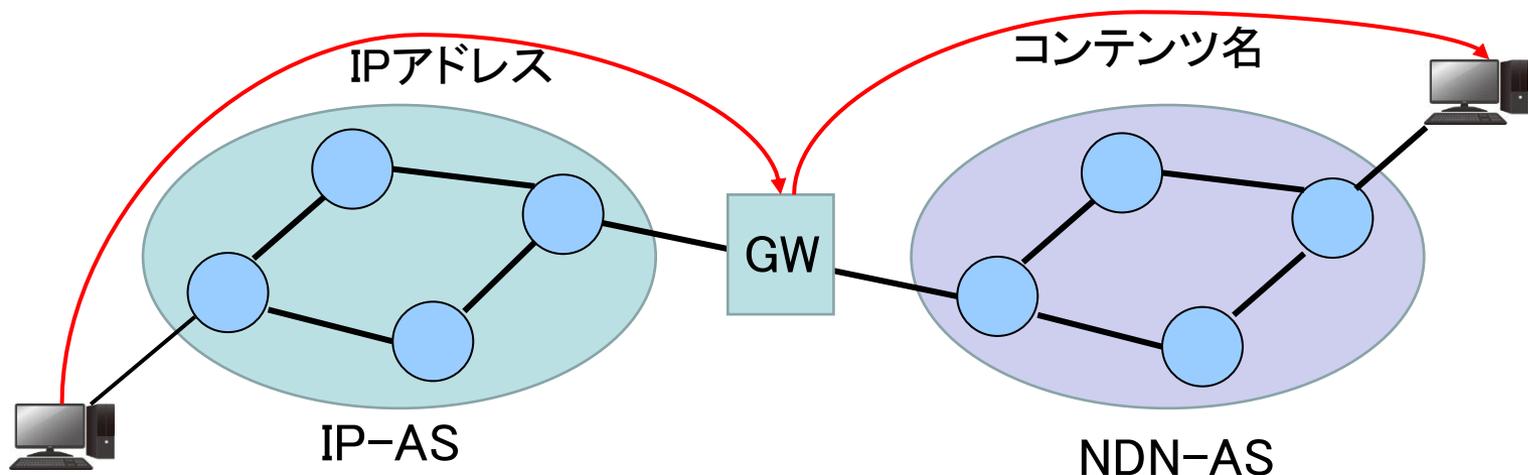


NDN実用化の課題

- 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

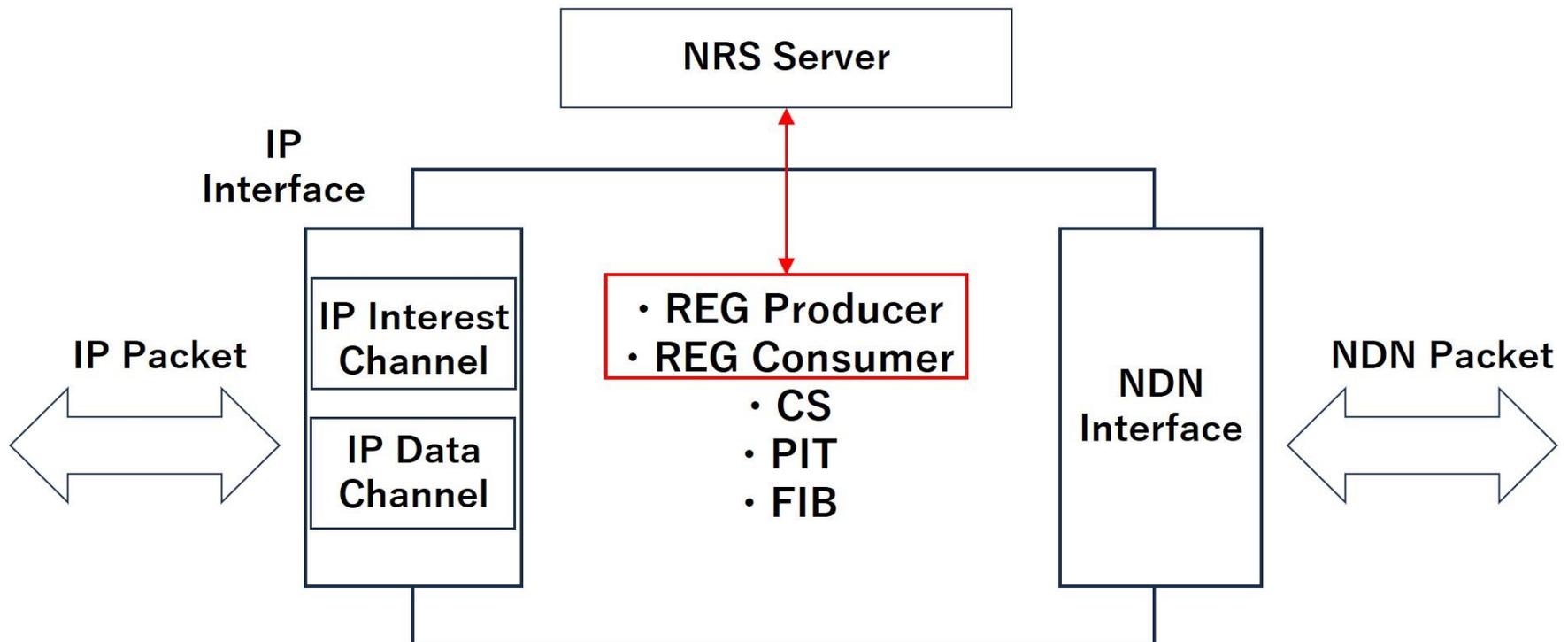
- パケット変換機能を有するGW(ゲートウェイ)により、**IPパケットとNDNパケットの相互変換を実現***
- GWがIPアドレスとコンテンツ名の対応表に基づき、パケットヘッダを書き換えることによってパケットの変換を行う
 - NRS (name resolution service)という外部のサーバを利用
 - NRSでIPアドレスとコンテンツ名の対応付けを行う具体的な手法は未検討



* Feri Fahrianto and Noriaki Kamiyama, Migrating from IP to NDN Using Dual-Channel Translation Gateway, IEEE Access, Vol. 10, pp. 70252-70268, Jul. 2022

パケット変換GW

- 先行研究で提案されたパケット変換GWの構成
- NDNルータと同様の機能を持つ
- REG (register table)でIPアドレスとコンテンツ名の対応を記憶
 - REGで解決できない場合、NRSを利用



研究目的

- NRSの利用可能性の観点から、外部のシステムに依存しないIPアドレスとコンテンツ名の対応付けを行うパケット転送法の提案
 - IP-NDN間通信に必要な処理をパケット転送前の事前処理とパケット転送中の処理の2つに分けて提案
- 提案手法の通信遅延に与える影響を計算機シミュレーションにより評価し、IPと混在している環境においてもNDNが効率的なコンテンツ配信に有効な可能性の提示

パケット転送法の概要

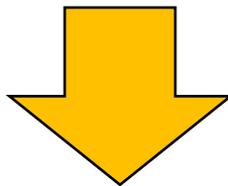
- IP-NDN間で通信を行う際、パケット変換GWを利用するために必要な処理を事前処理として行うことが必要

- パケット転送前の処理
 - パケット変換GWにInterestを転送するためのFIB設定
 - NDN-AS上のコンテンツをGWのIPアドレスでDNSに登録

- パケット転送時の処理
 - IP-ASからNDN-ASにInterestを転送する場合
 - NDN-ASからIP-ASにInterestを転送する場合
 - 複数のパケット変換GWを経由するパケット転送

事前処理：FIB設定

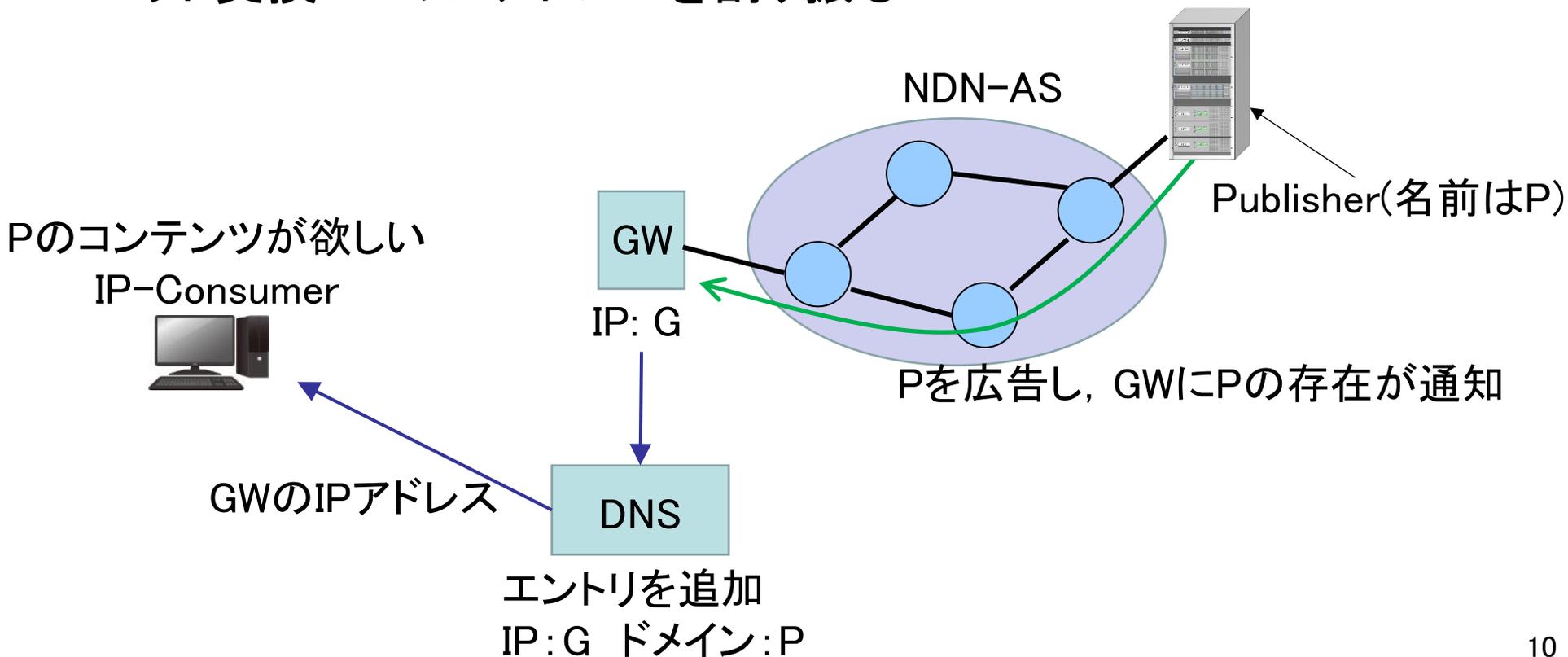
- パケットの転送経路はルータのFIB (forwarding information base)というテーブルによって決定
 - FIBにはエントリごとに、次にパケットを送るルータ(next hop)が記録されている
- NDNルータのFIBには、接続しているNDN-AS内に存在しているPublisherへの経路情報のみ存在
 - IP-ASに存在しているコンテンツや、IP-ASを挟んで存在しているNDN-ASのコンテンツに対するInterestは解決不可能



- Next Hopが解決不可能なInterestは最も近くのパケット変換GWに転送されるように設定

事前処理：NDNコンテンツのDNS登録

- 通常、NDNコンテンツはIPアドレスを未所持
→IP-ConsumerがNDNコンテンツを要求不可能
- NDNコンテンツが公開された場合、そのコンテンツ名にはパケット変換GWのIPアドレスを割り振る

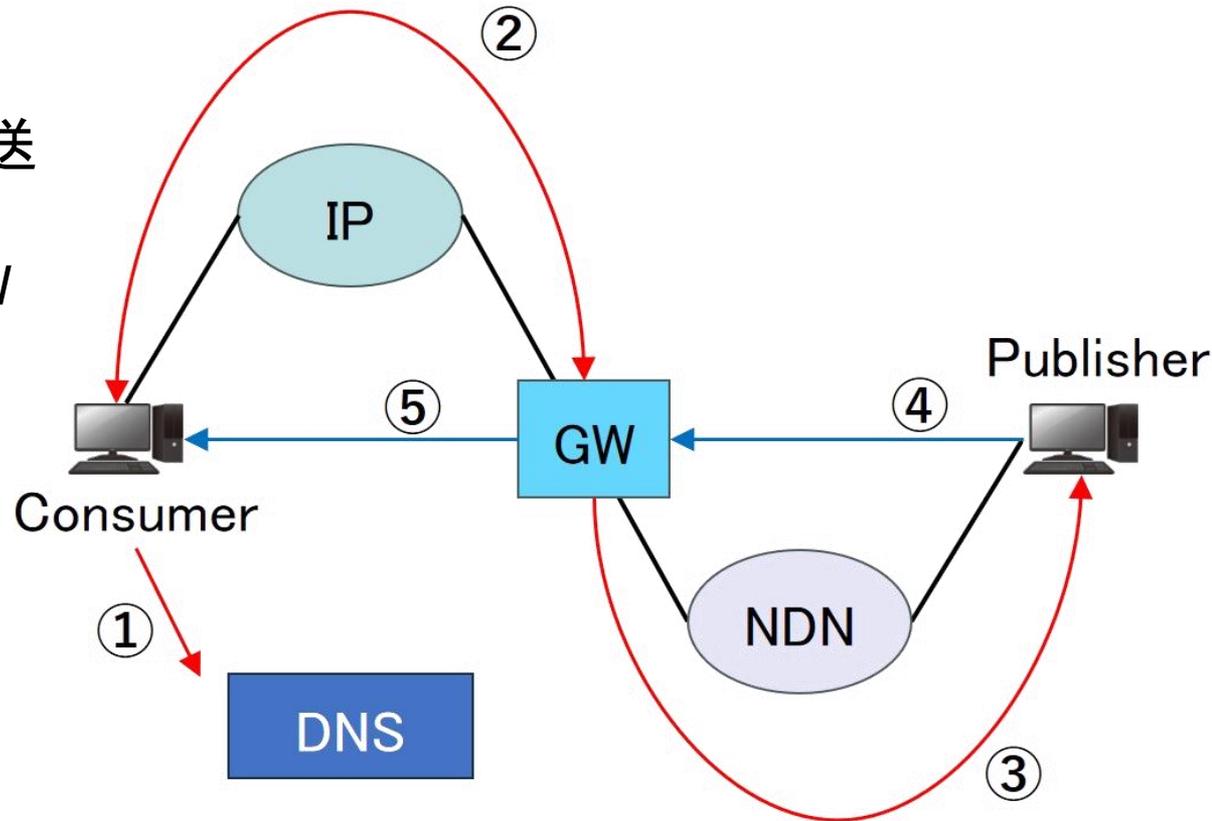


本研究でのパケット変換GW

- 基本的には先行研究で提案されたものと同様のものを想定
- NRSを利用しないため、REGの代わりにRIMT (rewriting information management table)というヘッダの書き換えに必要な情報を管理するテーブルを使用
 - IP-Consumer用RIMTとNDN-Consumer用RIMTの2種が存在
- ICII (IP-consumer interest information)
 - IP-Interestの転送元ホストのIPアドレス
 - 要求しているコンテンツの名称
- NCII (NDN-consumer interest information)
 - 要求しているコンテンツのIPアドレス
 - 要求しているコンテンツの名称
 - 変換したIP-Interestを転送する際に使用するポート番号

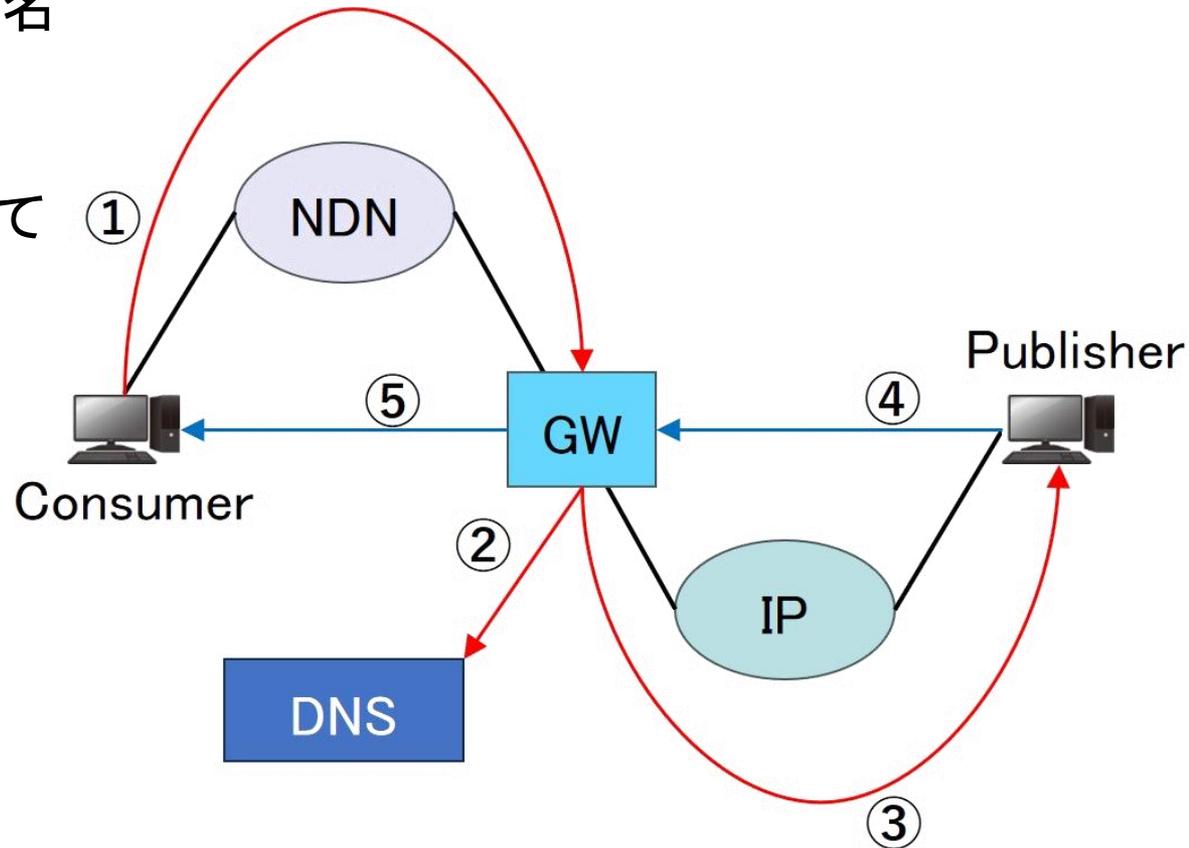
IP-ASからNDN-ASにInterestを転送する場合

- ① 名前解決
- ② GWにIP-Interest転送.
GWは要求コンテンツ名を通知するように要求
- ③ IP-Interestを変換して転送
- ④ NDN-データ packets をGWに返送
- ⑤ RIMTのデータから、データパケット返送先のConsumerを特定しデータを返送



NDN-ASからIP-ASにInterestを転送する場合

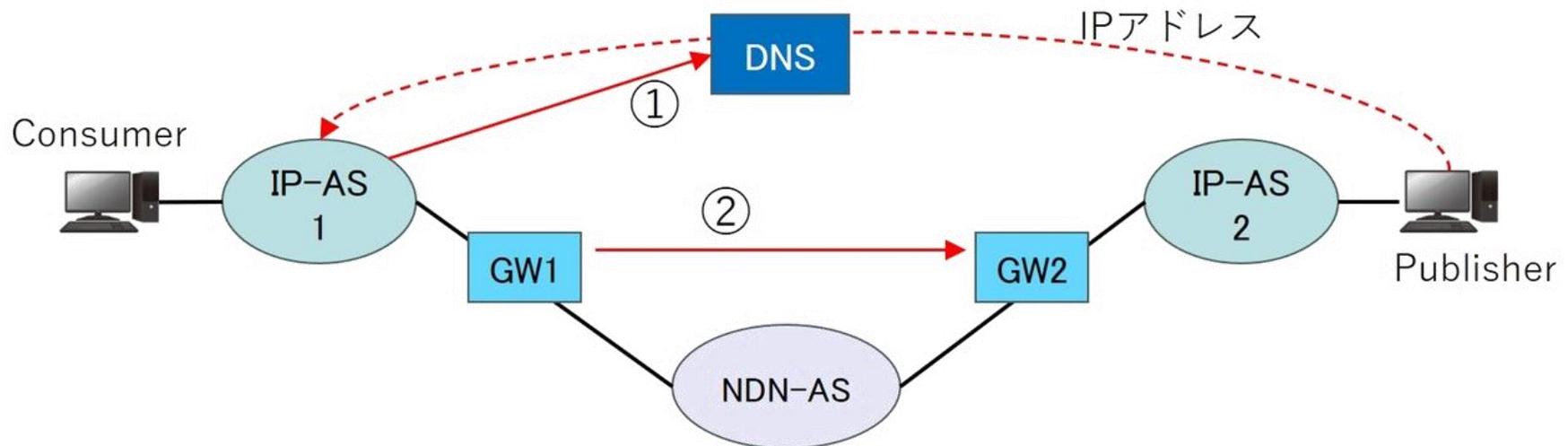
- ① GWにInterest転送
- ② NDN-Interestのコンテンツ名から名前解決
- ③ ②で得たIPアドレスを用いてIP-Interestに変換
- ④ IP-データパケットをGWに返送
- ⑤ RIMTのデータから返送されたIP-データパケットのコンテンツ名を特定し、データを返送



複数のパケット変換GWを経由するパケット転送

- パケット転送前にAS間のルーティング経路が確定していればDNSで名前解決を行なった時点により、経由するパケット変換GWが確定する

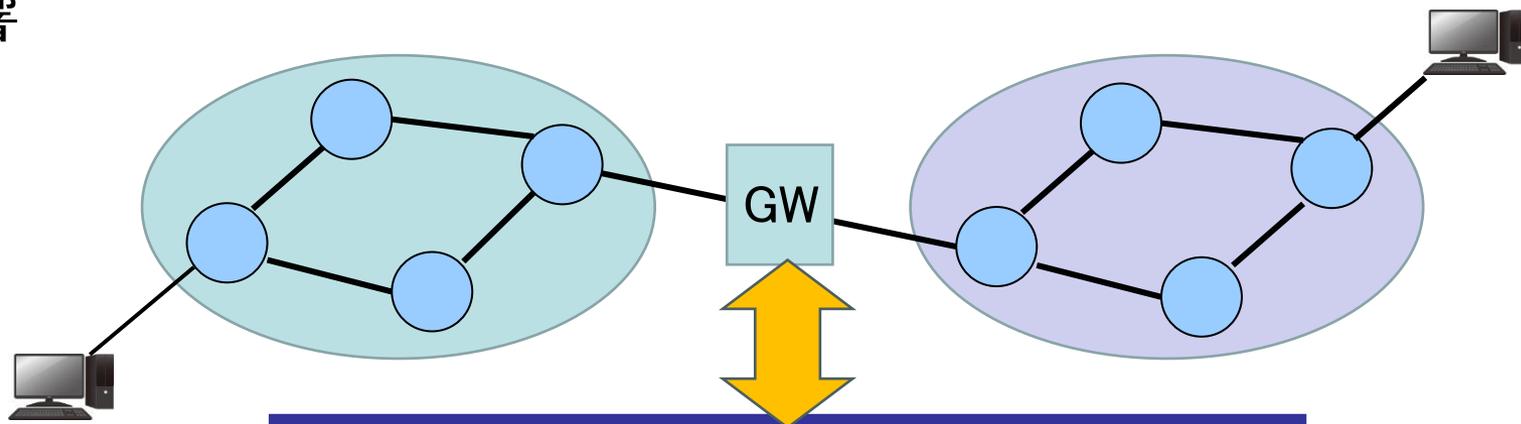
- ① DNSはPublisherのIPアドレスを通知. IP-InterestはGW1へ
- ② GW1がGW2に接続しているIP-ASのコンテンツ宛Interestを受けるとGW2の識別名をパケットのヘッダに用いた、要求コンテンツの名称をパケット変換GW間で伝達するためのパケットを転送



- なお、IP-ASを挟んでNDN-AS間でパケットを転送する場合もRIMTに情報を登録し、パケットを中継する操作の繰り返し

提案手法の課題

- GWのRIMTで記録可能なInterest数は有限
 - 記録可能な数以上のInterestが転送されると**パケットロスが発生**
- パケットロス時はInterestの再送処理を行うため、通信遅延に悪影響



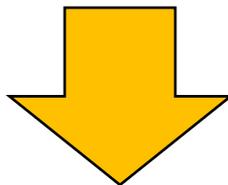
追加でInterestを
処理することが不可能



RIMT	
IPアドレス	コンテンツの名称
I_1	N_1
I_2	N_2
I_3	N_3

評価モデル

- 実際のAS間トポロジデータを用いて、計算機シミュレーションを実行
 - ダイクストラ法により決定した、各発着ASペア $_{sd}$ 間の最小ホップ経路を利用し通信を行う場合の遅延時間を評価
- 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



- 2種類のシナリオで評価を実施
 - 次数が2以下のASの70%のみがNDNを導入する場合(シナリオ1)
 - シナリオ1の条件に加え、次数が上位5%のASが導入(シナリオ2)

シミュレーション条件

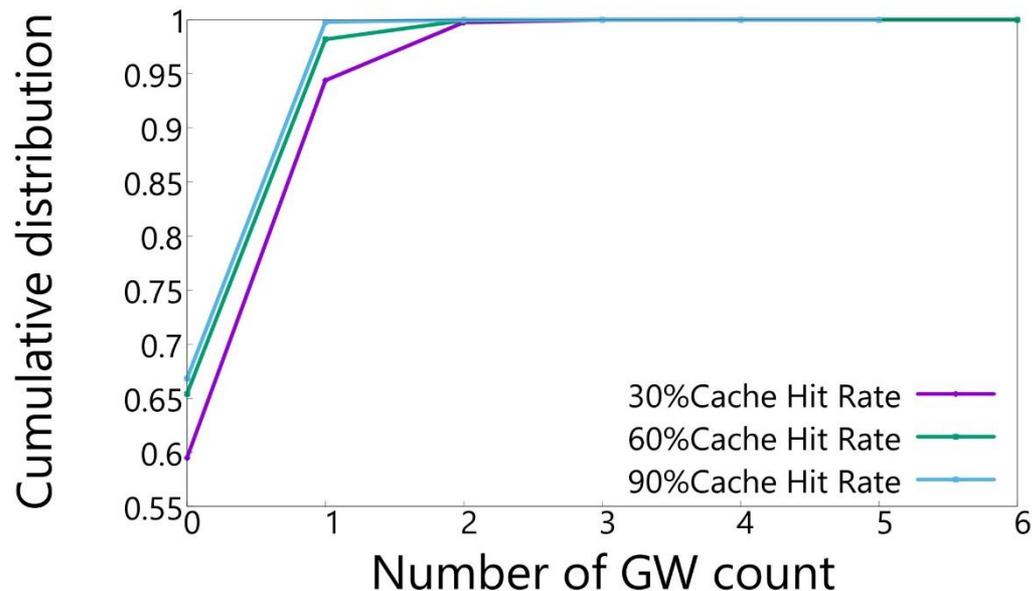
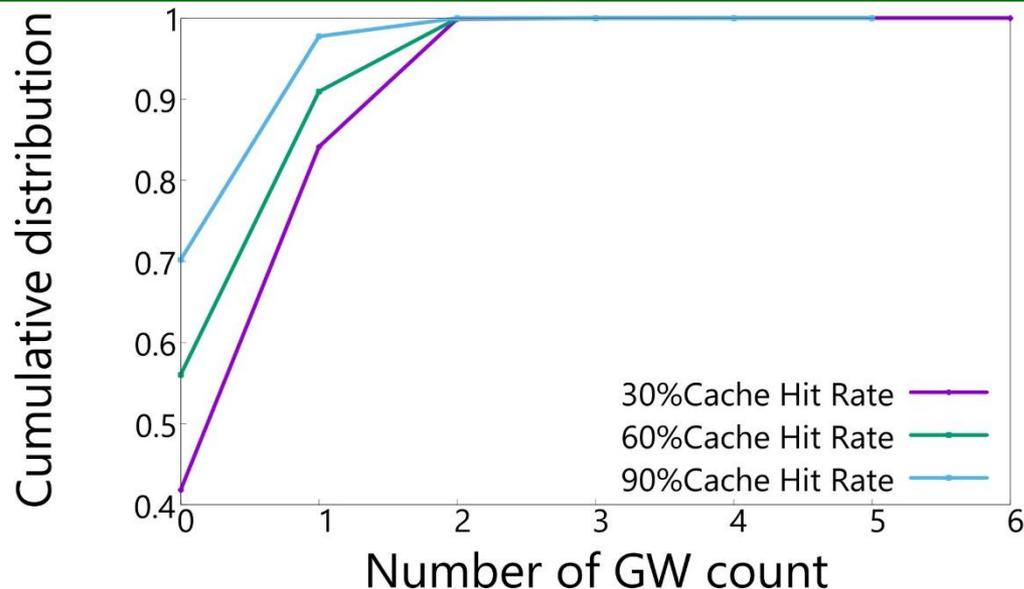
- 通信時間は各通信の経路として使用するASの数に比例すると仮定し、各ASでの通信時間は約33.4msとして計算
 - 平均経由AS数は約4.43個、平均RTTは実測値から約296msと仮定し算出
- Interest及びデータパケットの転送時間のみを考慮
 - DNSの利用時間やパケット変換GWがパケットのヘッダを書き換えるために要する時間などは除外
- 各NDN-AS内でのキャッシュヒット率は3パターンを想定し、それぞれ30%、60%、90%とする

性能評価結果：経路パケット変換GW数

- 上:シナリオ1
下:シナリオ2

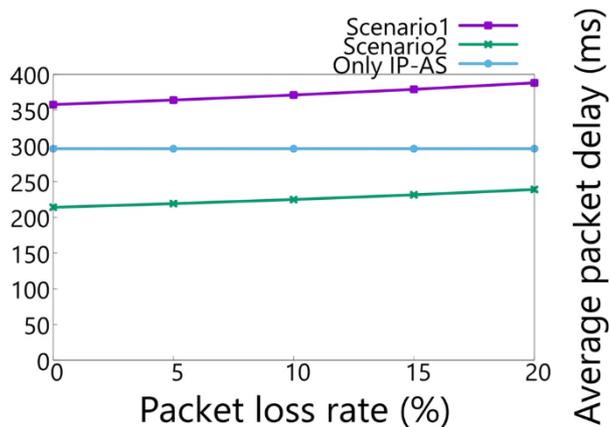
- 各経路でのパケット変換GW利用率が通信遅延に与える影響は膨大

- シナリオ1の場合でも経路数が2以下の経路が99%以上

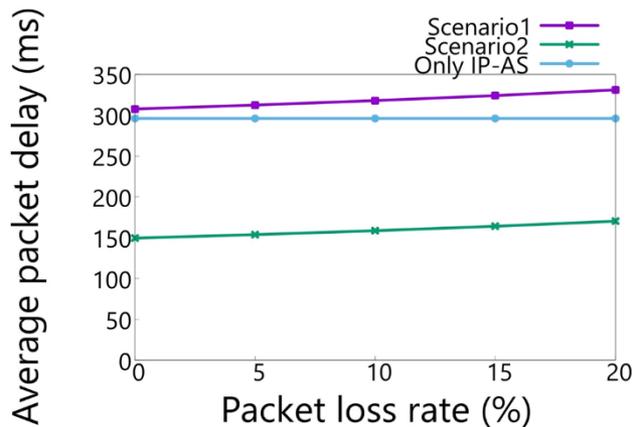


性能評価：通信遅延

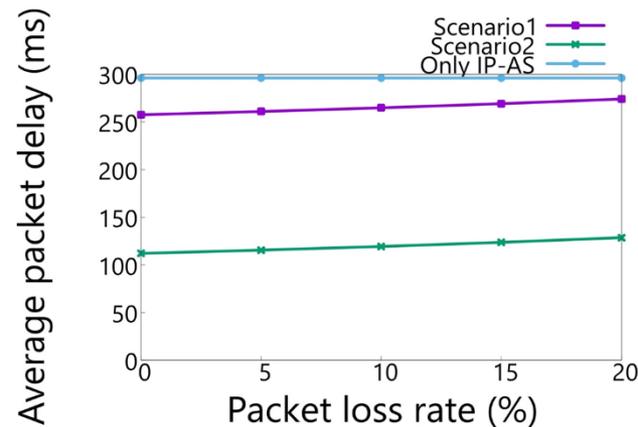
Average packet delay (ms)



キャッシュヒット率30%



キャッシュヒット率60%



キャッシュヒット率90%

- シナリオ2はキャッシュヒット率に関わらずIPのみより低遅延
- シナリオ1の場合もキャッシュヒット率次第でIPのみの場合より効率的なコンテンツ配信を行える可能性

まとめ・今後の方針

- IPとNDNが混在した環境でのパケット転送法を提案
- IPとNDNが混在環境でも、NDNで効率的なコンテンツ配信を行える可能性の提示

- 今後の方針
 - GWのパケットロス率が通信遅延に大きな影響
→十分低いパケットロス率を実現可能なGWのメモリ量調査

 - NDNの利用率を考慮したAS間ルーティングによってさらなる遅延の低減が期待可能
→IPとNDNの混在環境での最適AS間ルーティング法の調査