Peer-to-Peer SIP の遅延に対する NAT Traversal の影響

Jouni Ma¨enpa¨a¨, Veera Andersson,
Gonzalo Camarillo, Ari Kera¨nen

©2010 IEEE

内藤研究室
K18039 B4 後藤 廉

2021.04.27 論文ゼミ

目次

1. 概要

2. 背景

3. 提案手法・プロトタイプ

4. 実験

5. 結論・まとめ

1. 概要

概要

P2PSIPはNAT/NAPT越え問題が介在

↓

NAT TraversalによりNAT越えを実現

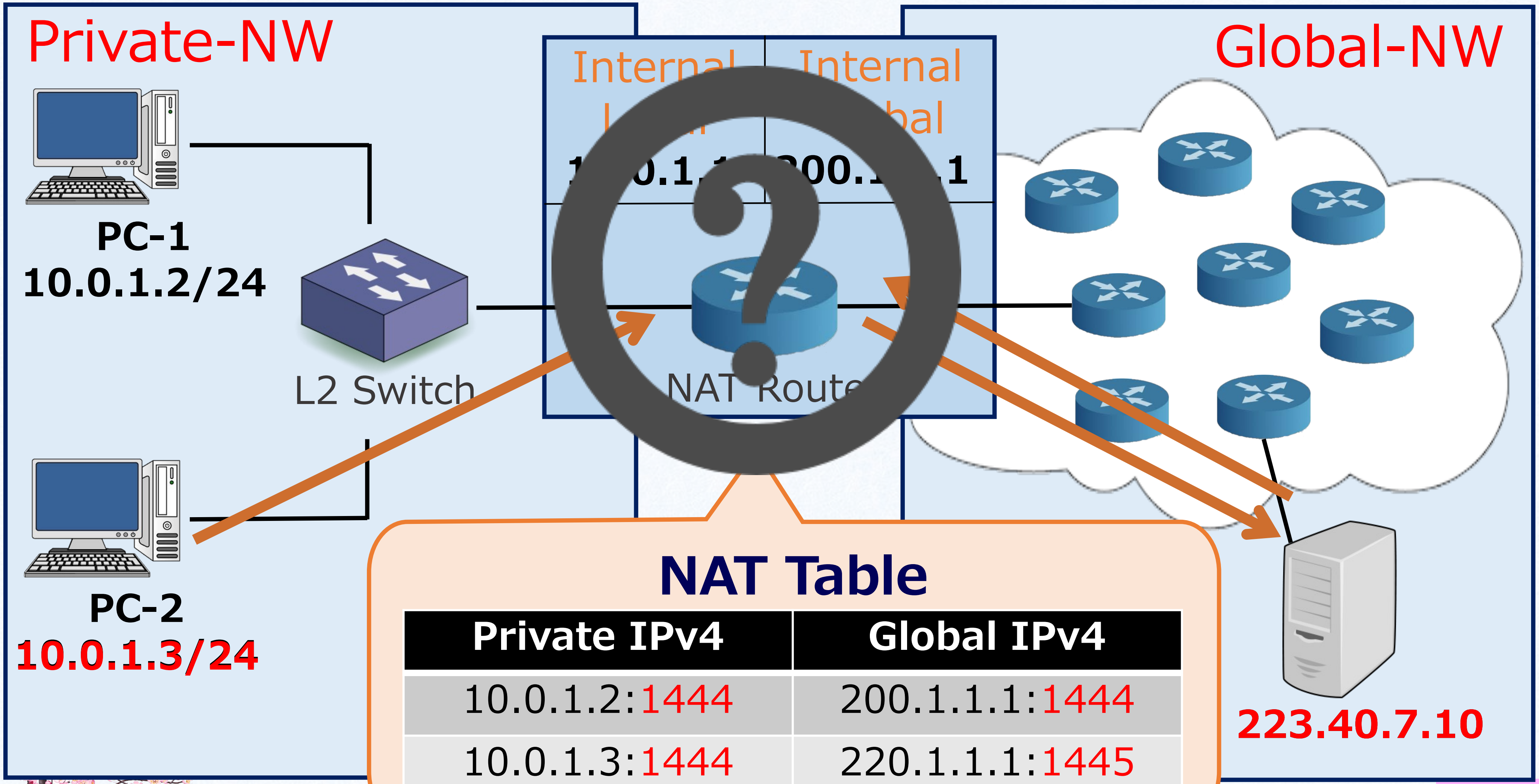
↓

NAT越えに伴う遅延が, P2PSIPにどの程度影響するのかを検証

2. 背景

NAT (Network Address Translation)

- グローバルIPとプライベートIPを変換
  - NAT越え問題が介在



NAT Table

Private IPv4	Global IPv4
10.0.1.2:1444	200.1.1.1:1444
10.0.1.3:1444	220.1.1.1:1445

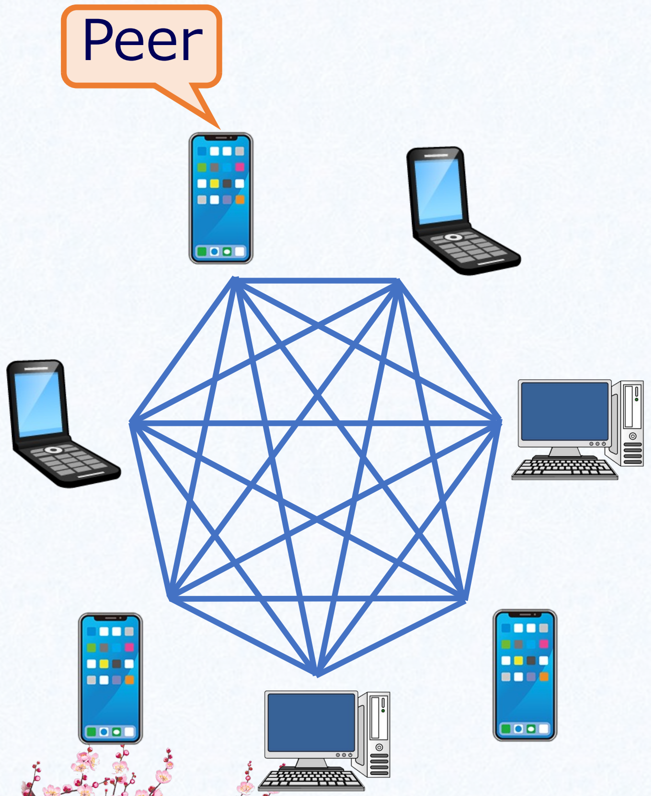
NAT Traversal

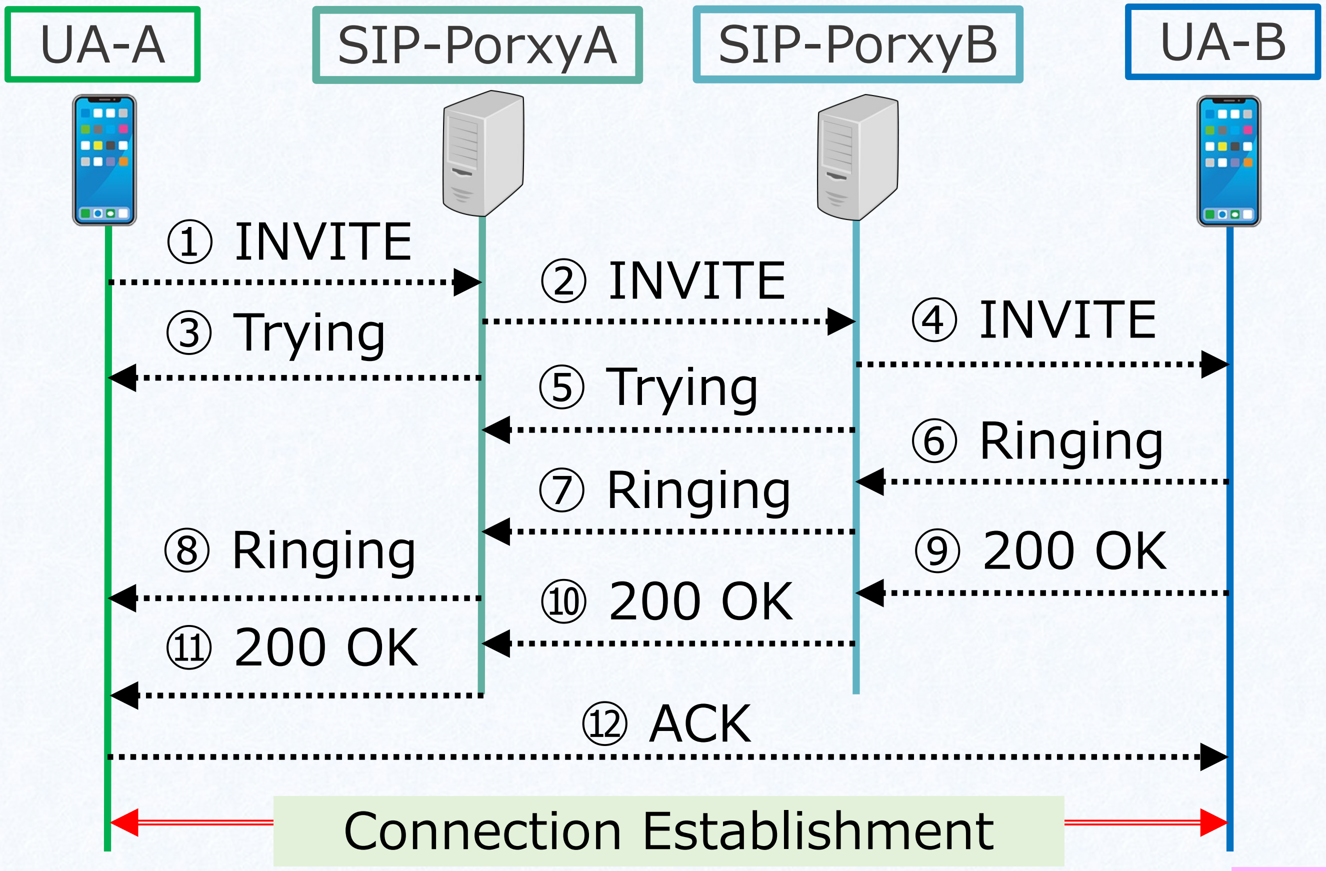
- **STUN (Session Traversal Utilities for NAT)**
  - STUNサーバを導入して変換情報を記録し，相手デバイスに通知することで通信接続性を実現
- **TURN (Traversal Using Relays around NAT)**
  - 通信を行うデバイスがSymmetric型NAT配下に存在する場合，TURNサーバが通信を中継
- **ICE (Interactive Connectivity Establishment)**
  - STUNやTURNなど複数のNAT Traversalを応用
  - デバイスが存在するNW環境に最適なNAT越えを実現

	Cone型			Symmetric型
NAT Traversal	Full Cone	Addr-Rest-Cone	Port-Rest-Cone	Symmetric
STUN	○	○	○	×
TURN	○	○	○	○
ICE	○	○	○	○

P2PSIPおよび分散型通信システム

- P2P (Peer-to-Peer) ネットワーク方式
  - 各ノードはPeerと呼ばれ, OverlayNW上で通信
- SIP (Session Initiation Protocol)
  - 2つ以上の端末間でセッションを確立するL7プロトコル

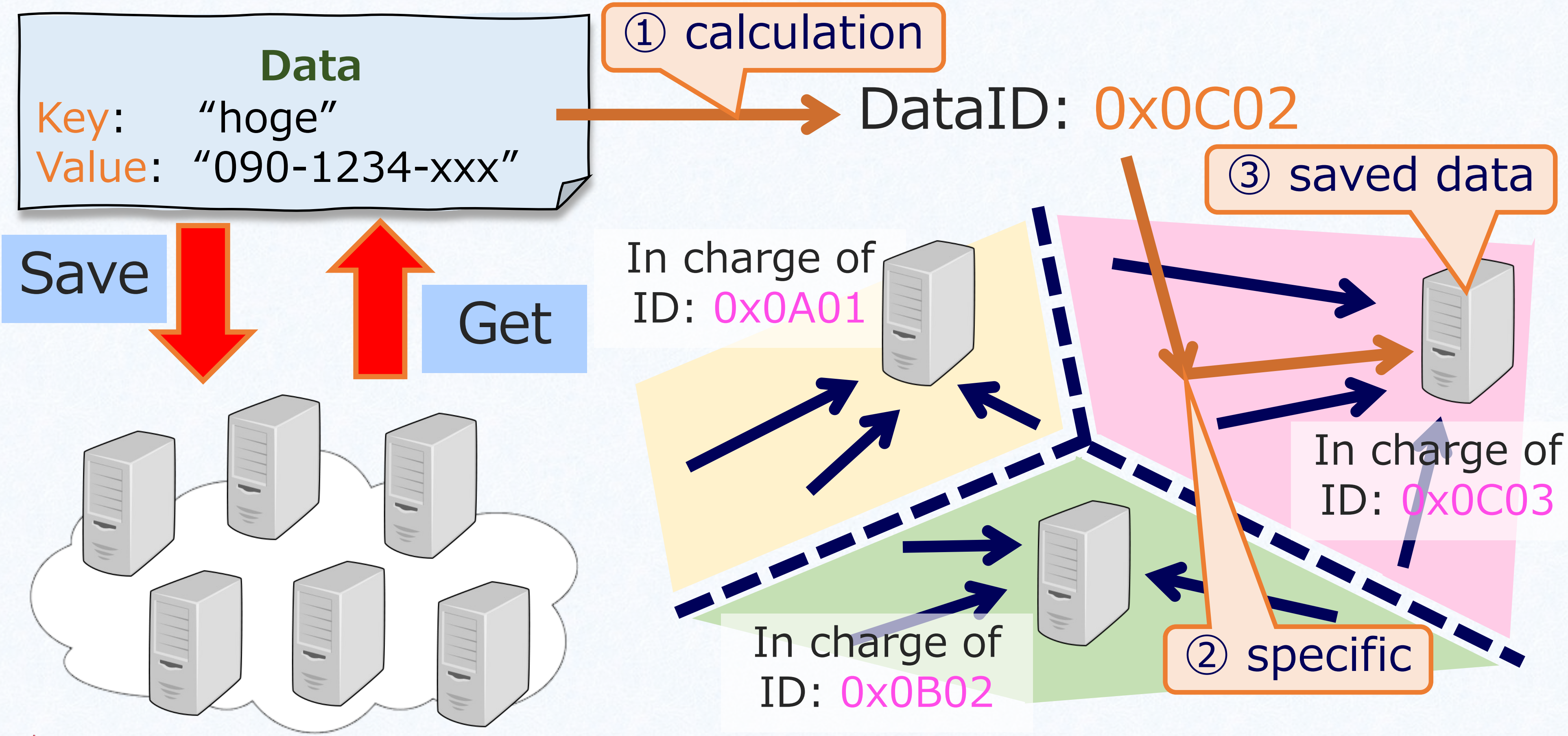




UA: UserAgent

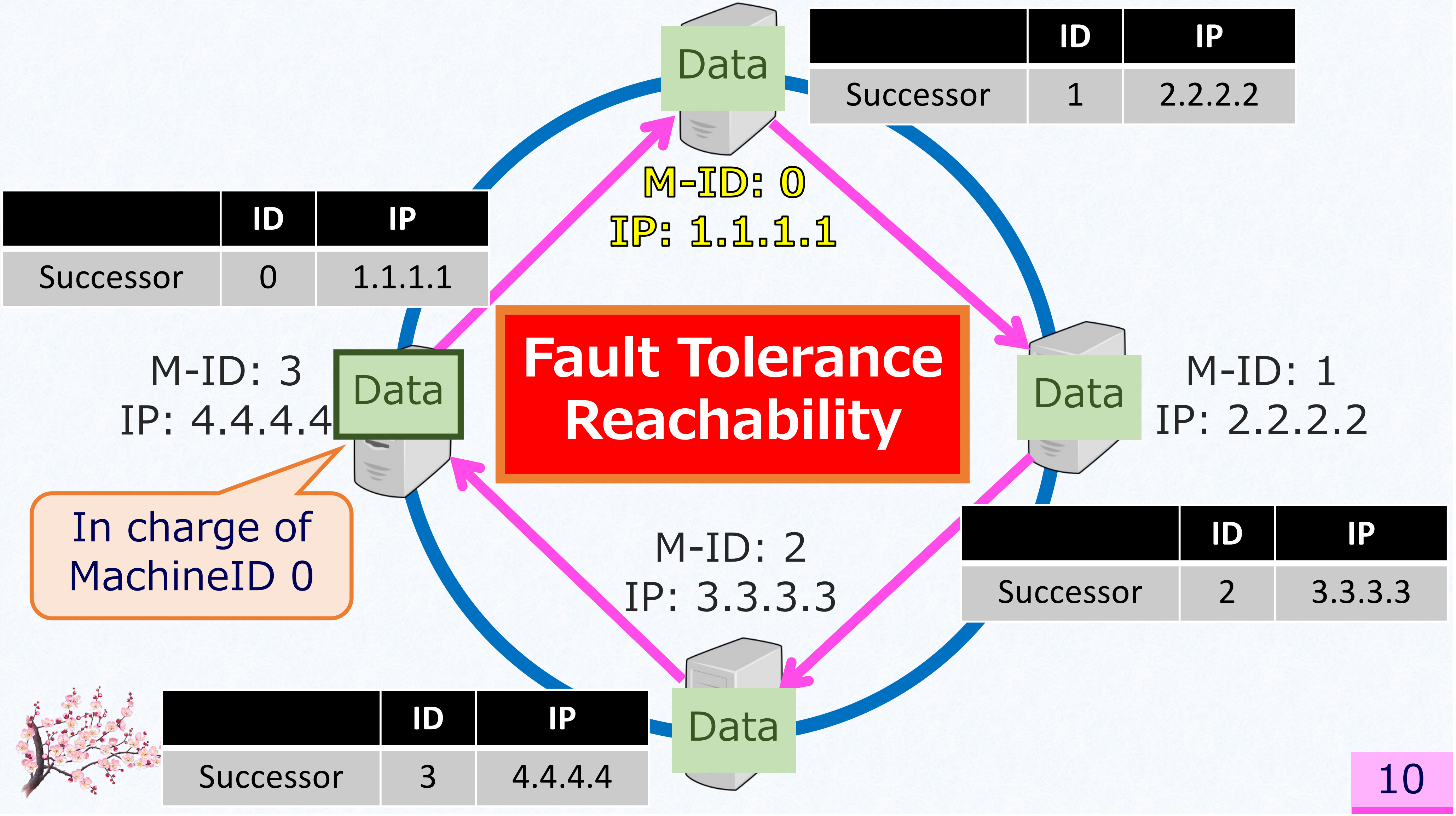
Chord DHT (Distributed Hash Table)

- P2PSIPにおけるDHTアルゴリズム
  - 分散型ハッシュテーブル(DHT)を用いて各マシンに保存



Chordを利用したDHTの実現

- 各マシンは経路表を元にデータを取得
  - Chordリングに配置されるピアは時計回りで探索を実行



	ID	IP
Successor	1	2.2.2.2

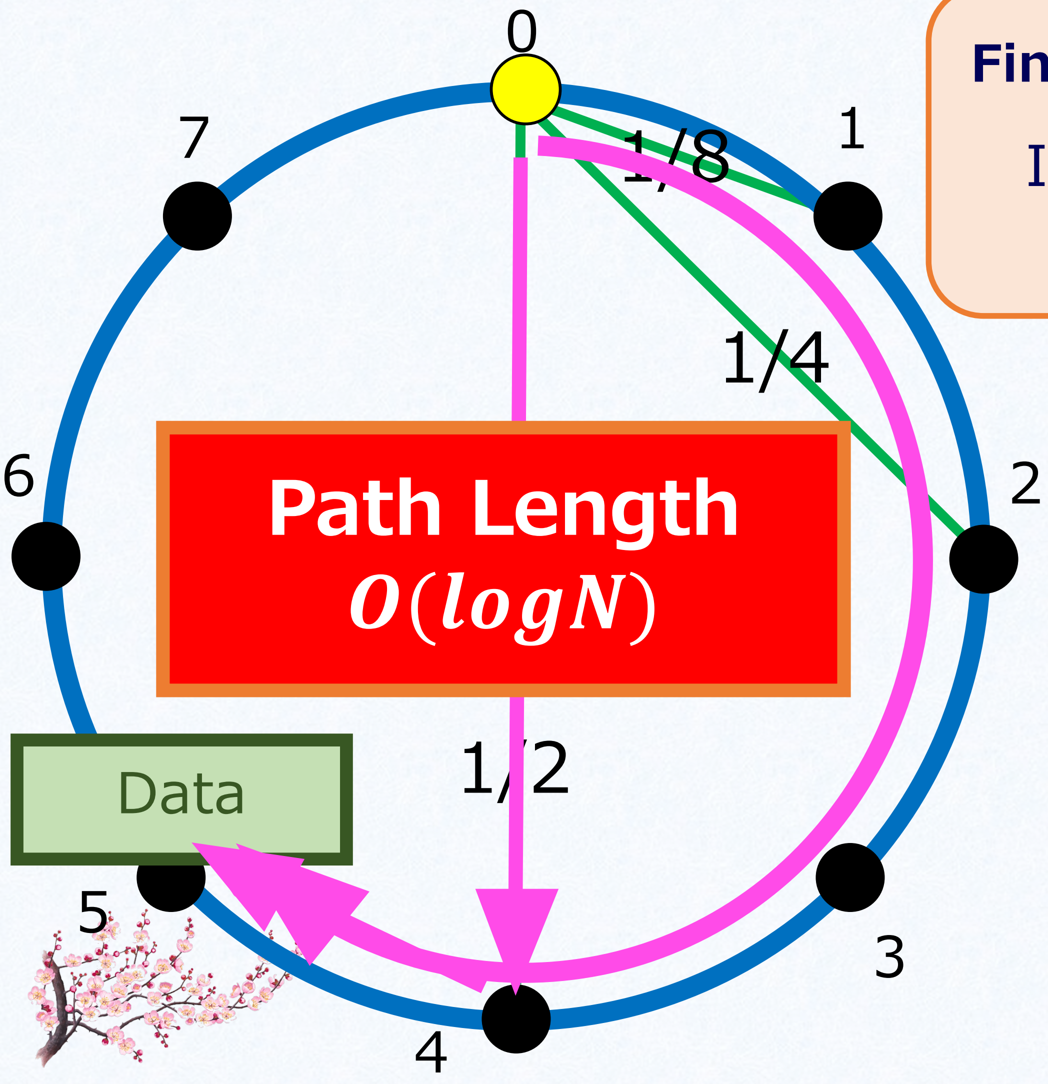
	ID	IP
Successor	0	1.1.1.1

	ID	IP
Successor	2	3.3.3.3

	ID	IP
Successor	3	4.4.4.4

FingerTableの利用

- データへの到達経路距離を短くする仕組み
  - 経路表を参照してデータにより近いピアに転送



FingerTable

ID $m$bit
↓
m line

	ID	IP
Successor	1	2.2.2.2
Finger[1]	1	2.2.2.2
Finger[2]	2	3.3.3.3
Finger[3]	4	5.5.5.5

Notation	***Definition***
$finger[k].start$	$(n+2^{2k-1})mod2^m$ $1 \leq k \leq m$
$.interval$	$[finger[k].start,$ $finger[k+1].start)$
$.node$	$first\ node$ $\geq n.finger[k].start$

3. 提案手法・プロトタイプ

プロトタイプ

- ✓ OverlayNWはChordDHTによって構成
- ✓ Peer間プロトコルはP2PPを使用
- ✓ 呼制御にはSIPを使用
- ✓ P2PPおよびSIPはいずれもUDP上で実行
  - ➡ NAT Traversalを可能にするため
- ✓ P2PP, SIP, RTPはNAT越えにICEを利用
  - ➡ ICEはSTUNとTURNを使用
- ✓ ノードはPeerまたはクライアントとして動作
- ✓ PeerはSTUNおよびTURNとして動作可能

A. NAT Traversalを利用した通信ペアの決定

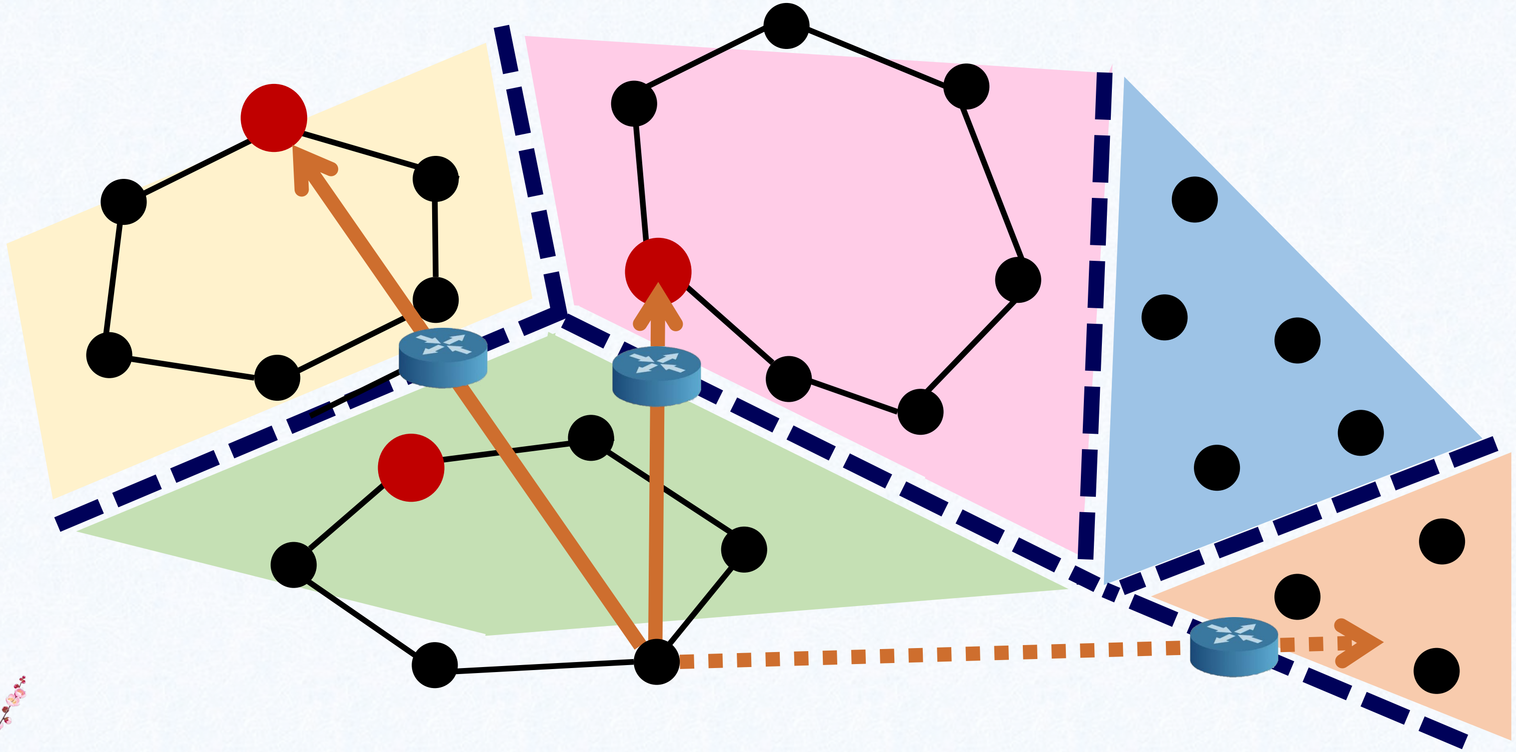
- UDPストリームのNAT越えにICEを利用
  - 通信疎通が可能な候補から，接続可能なペアを探索
  - 候補の収集項目

収集情報	取得先	取得項目
Host Candidate	UA	プライベートIPアドレス
Server Reflexive Candidate	STUN	NATのグローバルIPおよびポート番号
Relayed Candidate	TURN	中継用グローバルIPおよびポート番号

  - 接続可能性の確認：STUNへの問い合わせ
    - ✓ STUN Binding Req/Res によって確認
  - 通信ペアの決定
    - ✓ Regular Nomation または Aggressive Nomation

B. Peerの組織化とSTUNおよびTURNの決定

- STUNサーバの決定
  - NAT先にSTUNサーバが存在する確率を高める手法
    - ✓ ノードの接続可能性が向上
    - ✓ 他のノードを通じて発見したピア同士をグループ化
    - ✓ グループ内の１つのノードをSTUNとして選出



B. Peerの組織化とSTUNおよびTURNの決定

- TURNサーバの決定
  - グローバルIPアドレスを持つPeer
  - birthday-paradoxによって導出された公式を使用
    - ✓ 誕生日のパラドックス

“何人集まれば, その中に誕生日が同一の人物が
2人（以上）いる確率が, 50%を超えるか?”

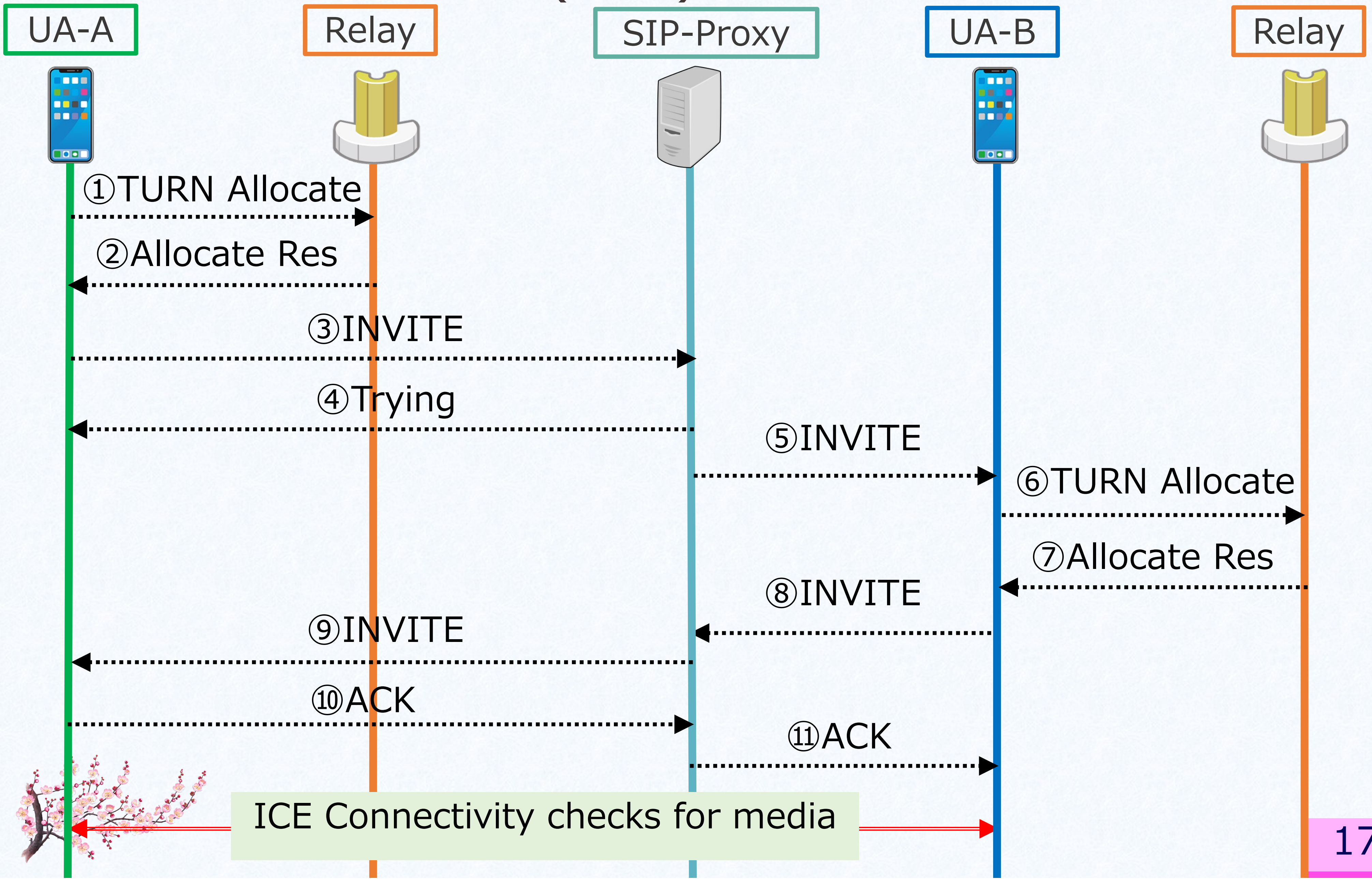
グループ人数がn人に対して,
誕生日が一致しない確率

$$\bar{p}(n) = \frac{364}{365} \times \frac{363}{365} \times \frac{362}{365} \times \cdots$$
$$= \frac{365 \times 364 \times 363 \times \cdots \times (365-n+1)}{365^n}$$
$$= \frac{365!}{365^n (365-n)!}$$

    - ✓ 入力値
      - ◆ n：ネットワーク全体のサイズ
      - ◆ 最悪の場合のTURNサーバの密度の推定値
  - どのPeerもTURNを発見できる最適な場所と数を決定

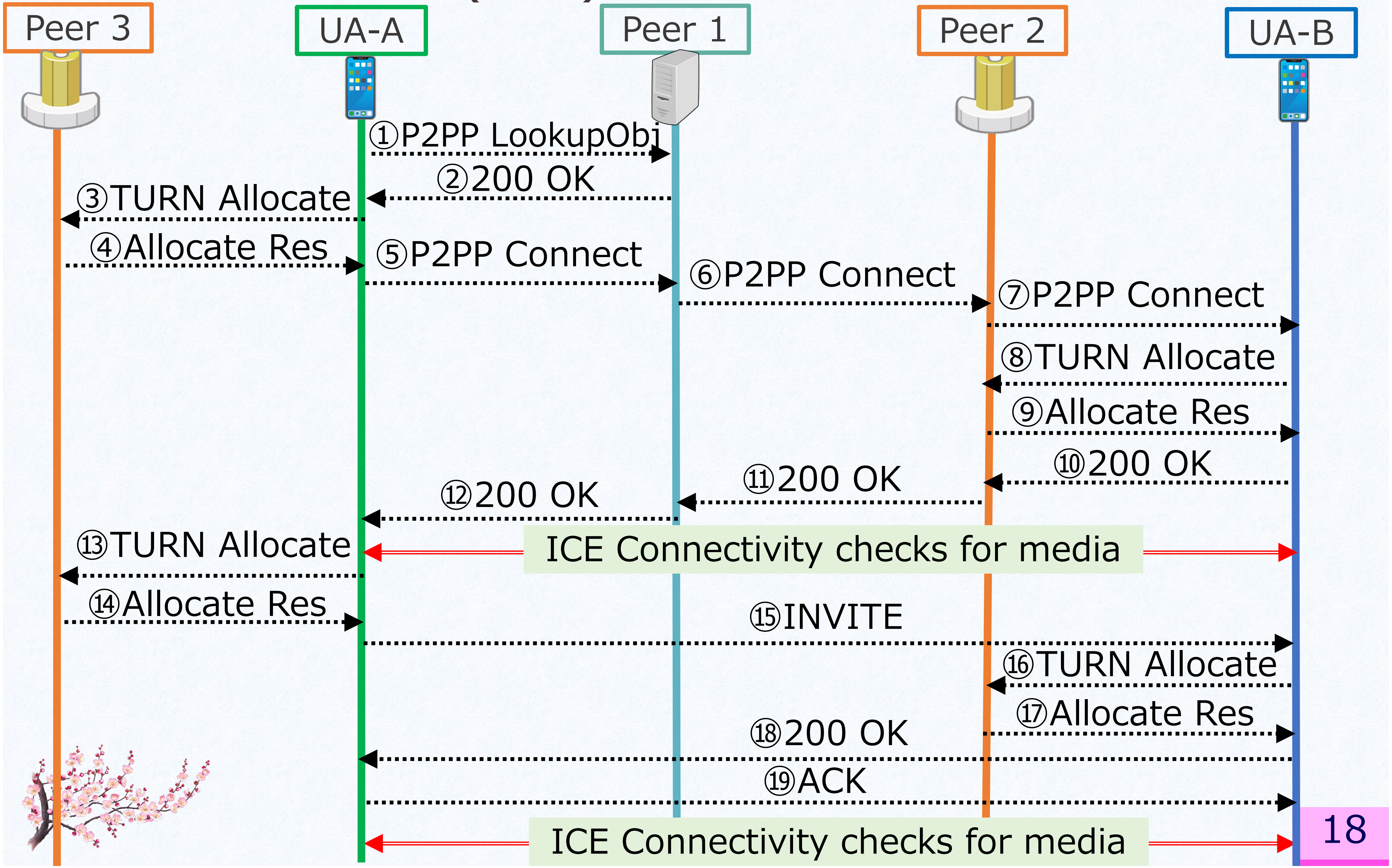
C. Peer間コネクションの確立と通話の開始

■ Client-to-Server(C2S)型モデル



C. Peer間コネクションの確立と通話の開始

■ Peer-to-Peer(P2P)型モデル



4. 実験

検証環境

- 携帯電話と固定電話で150件の通話を設定
  - ✓ 両者はいずれも同じヘルシンキ地域に存在
- 携帯電話：Sony Ericsson W910, K85（3G回線）
  - ✓ HSDPA UL: 384 kbit/s, DL: 2048 kbit/s
- PC：Dell Latitude D630 LAPTOP PC
  - ✓ ADSL 8Mbit/s
- ※帯域の消費は少なかったため結果への影響はほぼ無い
- Peerは1000台用意➡Chordリングでノード識別子を変化
  - ✓ Publicに存在するノードはPeerとして動作
  - ✓ NAT配下に存在するノードはクライアントとして動作
- ICEチェック
  - ✓ 最大実行時間: 10s (人の会話時の最大遅延許容時間)
  - ✓ 最小実行時間:　2s (推奨される接続後平均遅延時間)

測定項目

- コールセットアップ遅延時間の測定
  - ✓ 通話開始から, RTPのICE接続チェックを終えるまでの遅延時間
- クライアント接続形態 / SIPアーキテクチャ
  - ✓ モバイル P2PSIP
  - ✓ 有線 P2PSIP
  - ✓ モバイル クライアント・サーバ SIP
  - ✓ 有線 クライアント・サーバ SIP
- ネットワーク環境
  - ✓ 両ノードがPubilcに存在し,ICEは不使用
  - ✓ 両ノードがPubilcに存在し,ICEを使用 (NAT無し)
- NATの分類
  - ✓ EIMF / Cone型 NAT
  - ✓ APDMF / Symmetric型 NAT

※APDMF NATsにおいてはTURNが通信を中継

5. 結果・まとめ

結果：P2PSIP

- モバイルP2PSIPの遅延は**許容できない**
  - ✓ 有線接続時の平均遅延時間
    - ✓ Pulic かつICEが存在しない場合: 1.27s
    - ✓ Pulic かつICEが存在する場合: 5.57s
  - ✓ ITUが推奨する国際通話の平均遅延時間は8.0s以下
  - ✓ 無線における平均遅延時間は13.9s

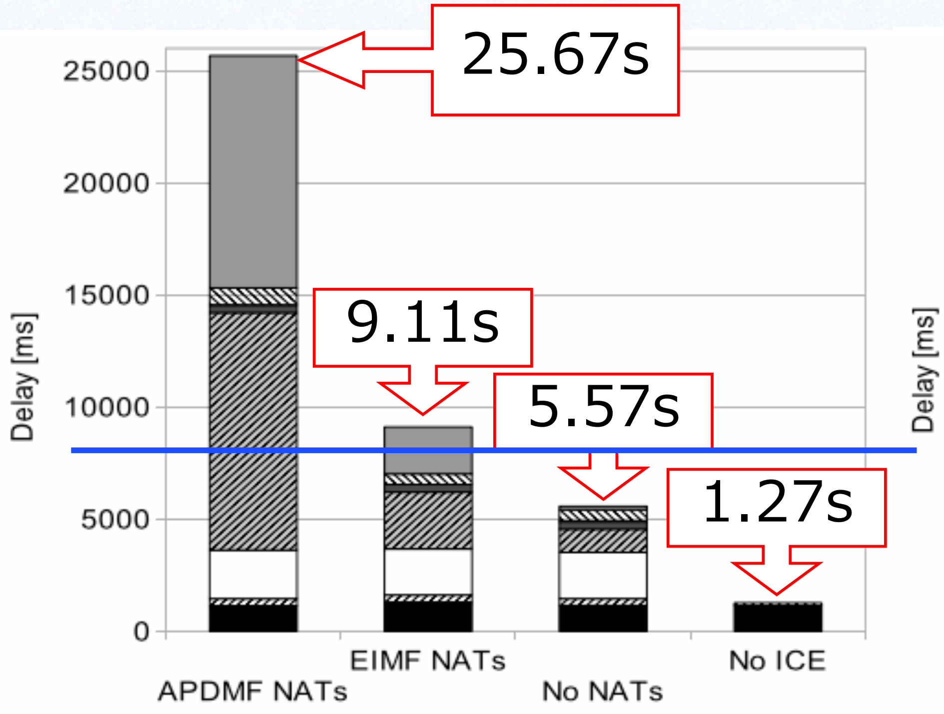


図1: 有線 P2PSIP

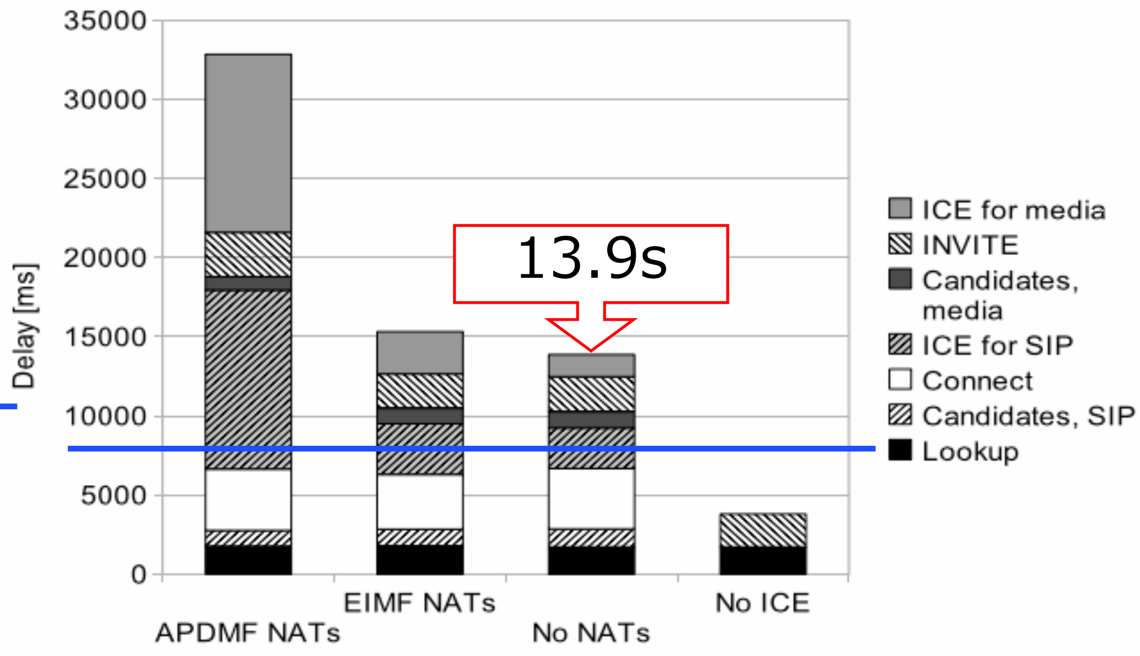


図2: モバイル P2PSIP

結果：C2SSIP

- モバイルはデータ送信時に専用チャネルを生成
  - ✓ WCDMAにより高スループット, 低レイテンシを実現
  - ✓ 数秒間データを送信しないと専用チャネルは解放
  - ✓ ICEチェック時, 専用チャネルがあるとは限らない
  - ✓ 遅延や標準偏差が増大

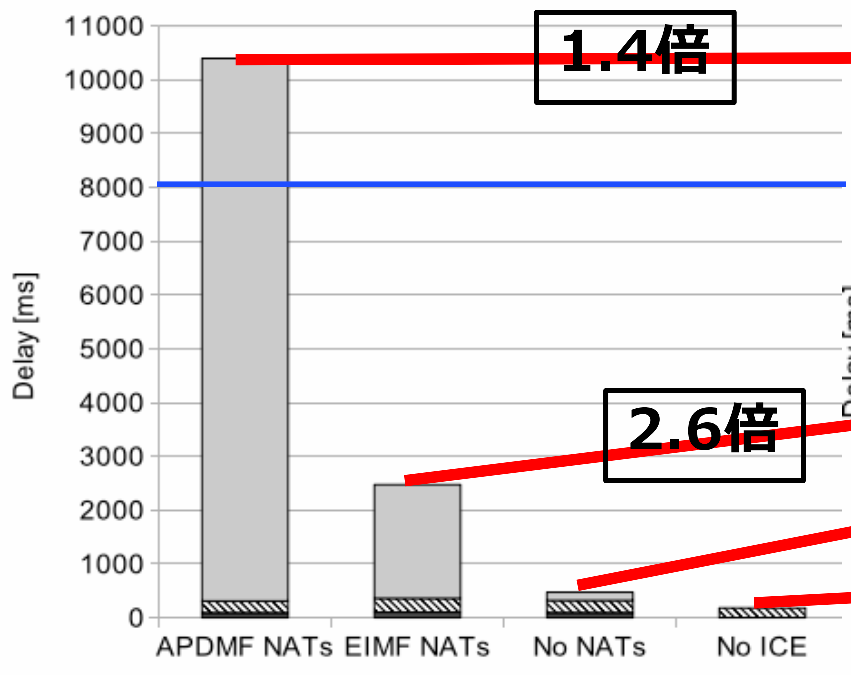


図1: 有線 SIP

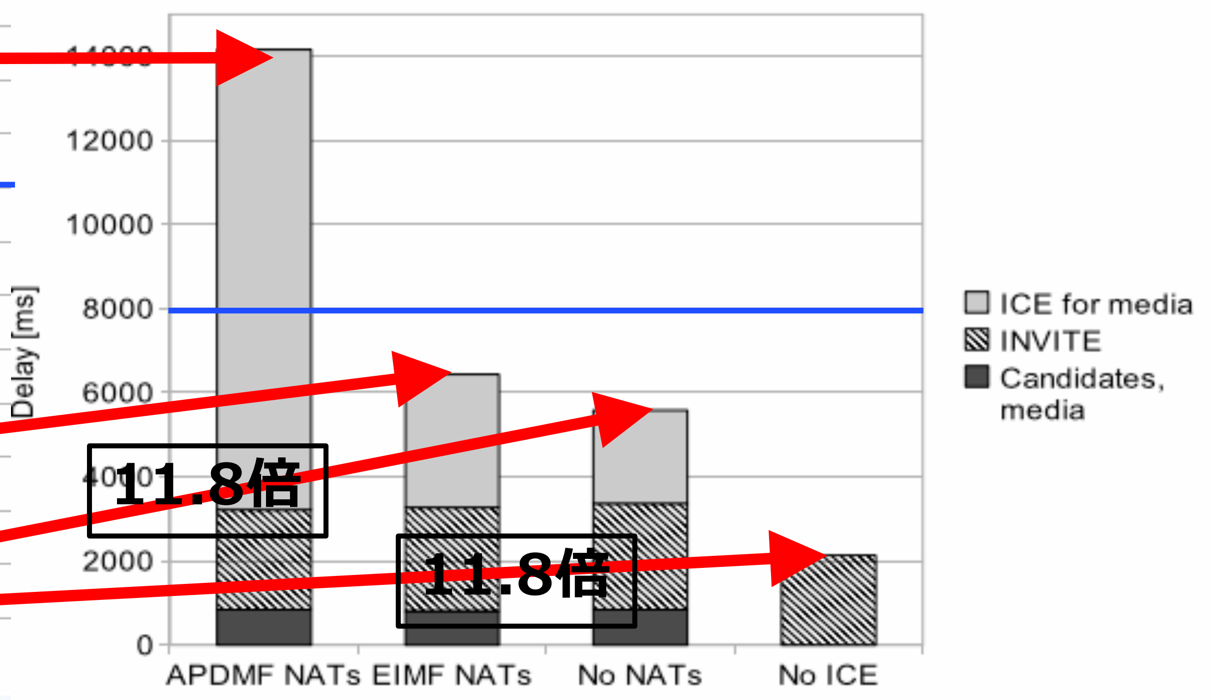


図2: モバイル SIP

まとめ

NAT TraversalがP2PSIPの
コールセットアップ遅延に与える影響を調査

実験の結果, P2PSIPにおいて
許容平均遅延時間を5.9秒も下回ることが判明

『実用するのは現実的でない』
P2PSIPの実装には最適化処理が必要

ご静聴有難うございました。

論文・参考文献

[1] Impact of Network Address Translator Traversal on Delays in Peer-to-Peer Session Initiation Protocol

©2010 IEEE - Jouni Ma ¨enpa ¨a ¨, Veera Andersson, Gonzalo Camarillo, Ari Kera ¨nen Ericsson Finland

[2] Chord: A Scalable Peer-to-peer Lookup Service for Internet Applications

©2001 - Ion Stoica, Robert Morris, David Karger, M. Frans Kaashoek, Hari Balakrishnan

[3] 分散ハッシュテーブル Chord における ノード離脱を考慮した複製配置手法

平成26年度修了 - 三重大学大学院 工学研究科 博士前期課程 情報工学専攻 松浦 佑紀

[4] 分散ハッシュテーブル（DHT）

©2009 livedoor Co.,Ltd - 伊勢 幸一

[5] ChordアルゴリズムによるDHT入門

https://www.slideshare.net/did2/chorddht