i-path プロジェクト

- インターネットの見える化の実現に向けて-

小林 克志（産総研）
下田晃弘、後藤 滋樹（早大）
村瀬 一郎（早大理工学研究所、三菱総研）
持永 大（三菱総研）

インターネットの『見える化』とは

- 従来は、職人芸的手法で内部状態を『推定』

➡基盤の多様化で『推定』だけでは効率的な通信は困難に

  - 帯域幅 9.6Kbps - 10Gbps、ハンドオーバー、輻輳以外が原因の損失・遅延
  - P2P・CDN のピア・サーバ選択、可用帯域に最適化された符号化選択

➡情報開示による付加価値

  - 提供サービス検証、通信障害時の状況把握、位置情報の利用

- ネットワーク内部の『見える化』＝『可視化』が不可欠
  - Knowledge Plane[*] に必要な、“sensor”, “actuator” のうち “sensor” を実現

インターネットの『見える化』とは

- 『見える化』＝『可視化』
- 通信パスに関する情報を、「端末側」提供する枠組み
  - 目標：
    - 「端末側」（利用者、アプリケーション）に対して「ネットワーク」を『可視化』する
  - 目標外：
    - 「運用者」向けの『可視化』
    - 「運用者」向けに『可視化』された情報の提供

『可視化』の要件

- スケーラビリティ
  - 端末数、ルータ数、フロー数、複数ドメイン....
- 遅れのない情報取得
- 単純で正確な処理
- 開示範囲の制御
  - パス利用以外の端末からのアクセス制限
  - 通過 ISP, 利用者の意向の尊重

直接 SNMP, Proxy による「可視化」

1.端末からの直接 SNMP アクセス解放

- 管理プレーンの介在
- 高頻度のアクセス
- 通信パスの決定にはルータ経路表からパスを再構成
- 誰でも（パスに関係ない端末から）ルータにアクセス可

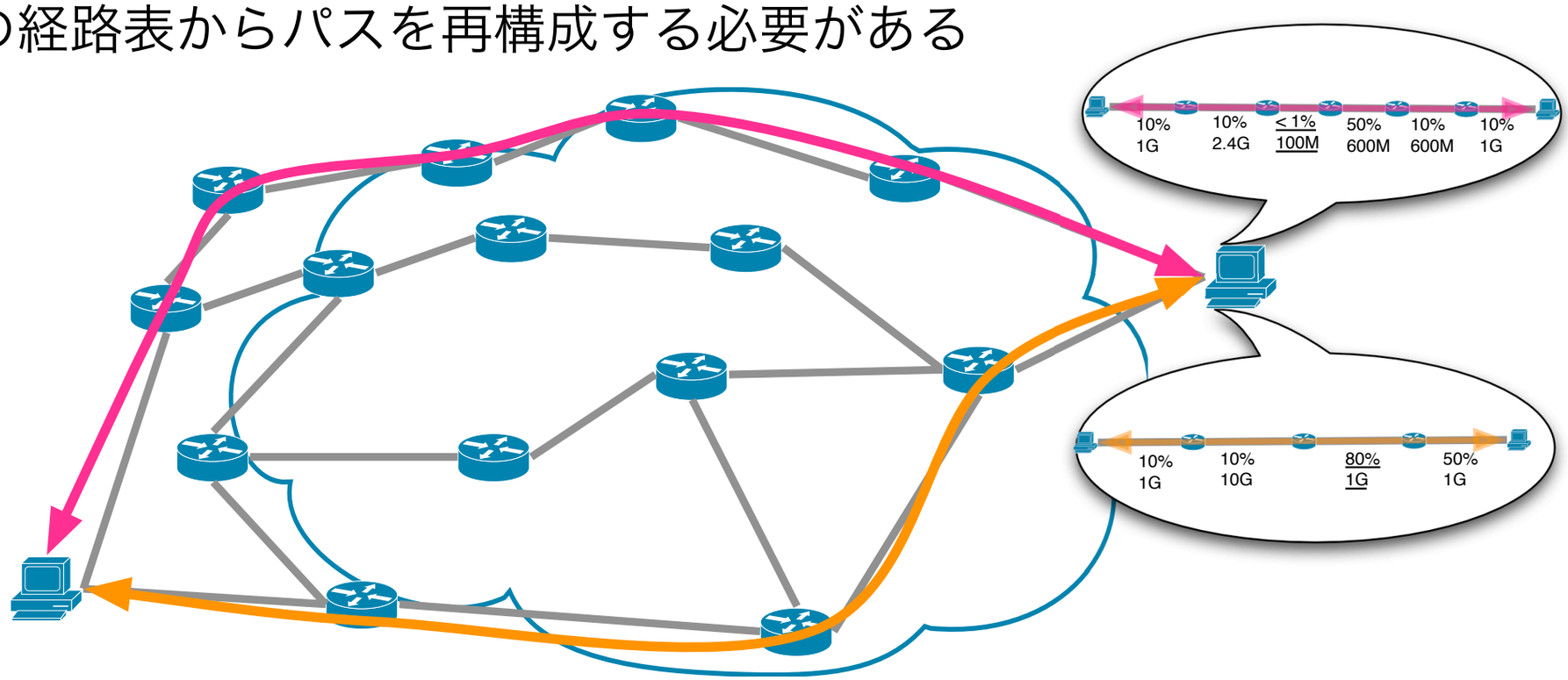
2.Proxy, NMS アクセス

- 端末／サーバ数の適正化、管理ドメインごとに異なるサーバ
- 端末 - サーバ, サーバ - ルータへの高頻度のアクセス
- 通信パスの決定は、サーバ？端末？
- 誰でも（パスに関係ない端末から）情報にアクセス可能
  - ISP vs. P2P サービス提供者の対立 -> draft-kiesel-alto-h12-00.txt

● 運用向け「可視化」手法を解放するというアプローチに問題

「端末」に必要な情報とは？

- 通信相手までのパスに関する情報
  - 輻輳状態,ボトルネック帯域,可用帯域,遅延,corruption loss
  - 複数パスが選択できる場合は、個々のパスの情報を利用
- 一般「端末」にはネットワーク全体の情報は冗長
  - ソースルーティングは無効、端末からの径路指定は不可能
  - 途中ルータの経路表からパスを再構成する必要がある



『可視化』とend-to-end 原理

- end-to-end 原理は端末側の性能向上が背景
  - 電話からコンピュータへ
  - 『可視化』によって端末側に情報が提供されれば、振る舞いの最適化余地は大きい
    - end-to-end 原理：端末側で実現不可能な機能をネットワークで実現することを禁止していない
  - ネットワークに何かを頼むのではなく、なにができるかを聞く

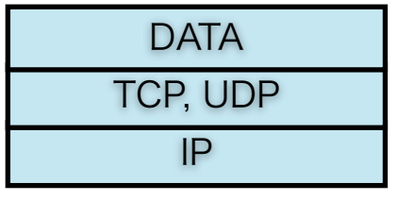
in-band cross-layer approaches - for enhancing transport-

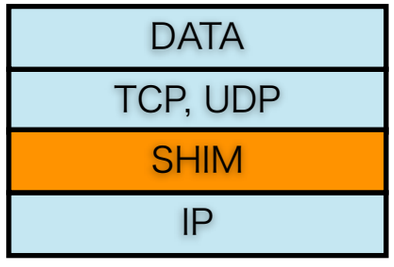
- ルータは多くの情報を管理している
  - Network is dumb, router is also smart, not only terminals.
- Jack up with shim layer between IP and TCP/UDP
  - ETEN, PTP, SIRENS

➡ ルータが SHIM 層に書き込むことで情報を提供

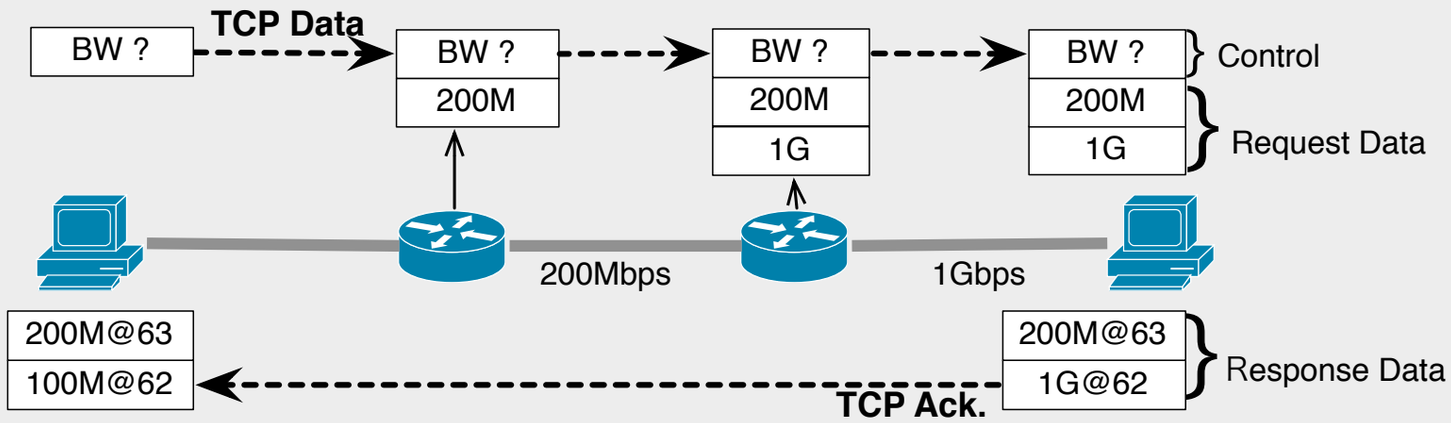
  - XCP, TCP-QS

➡＋シグナリングとリソース（空き帯域）管理機構

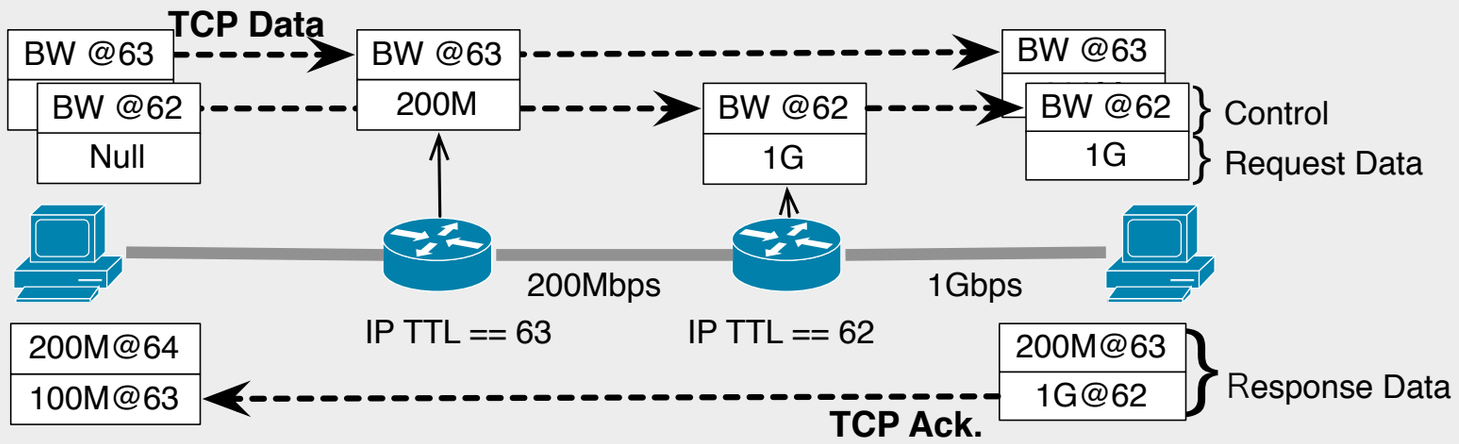




in-band cross-layer approaches



PTP: retrieve every hop's data by single packet with header growth



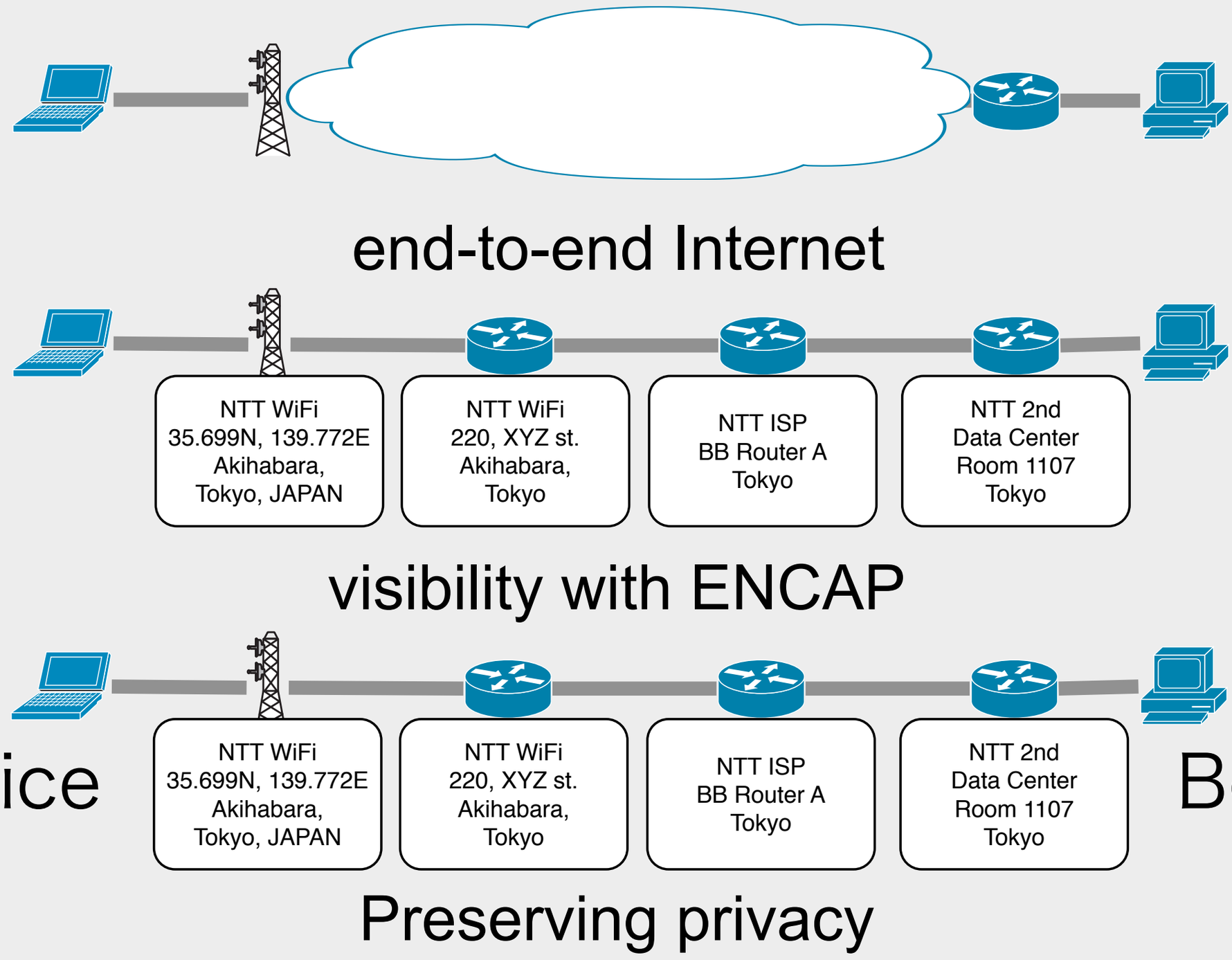
SIRENS: one packet collects one router's data, multiple packets are required to retrieve whole path

送受信側の協業が必須、送受信者間のルータにのみアクセス可

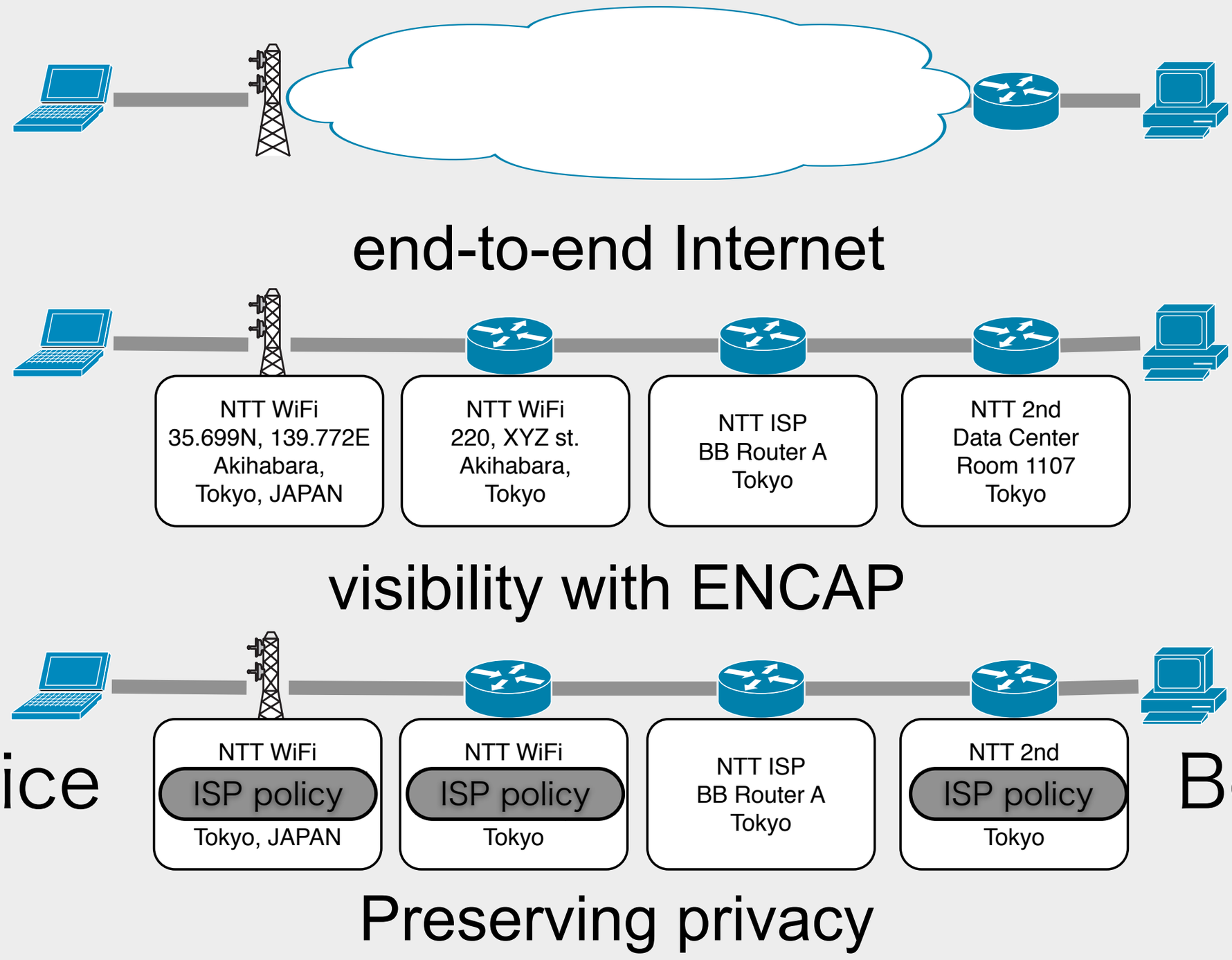
『可視化』の要件

- スケーラビリティ
  - 端末数、ルータ数、フロー数、複数ドメイン....
- 遅れのない情報取得
- 単純で正確な処理
- 開示範囲の制御
  - パス利用以外の端末からのアクセス制限
  - 通過 ISP, 利用者の意向の尊重

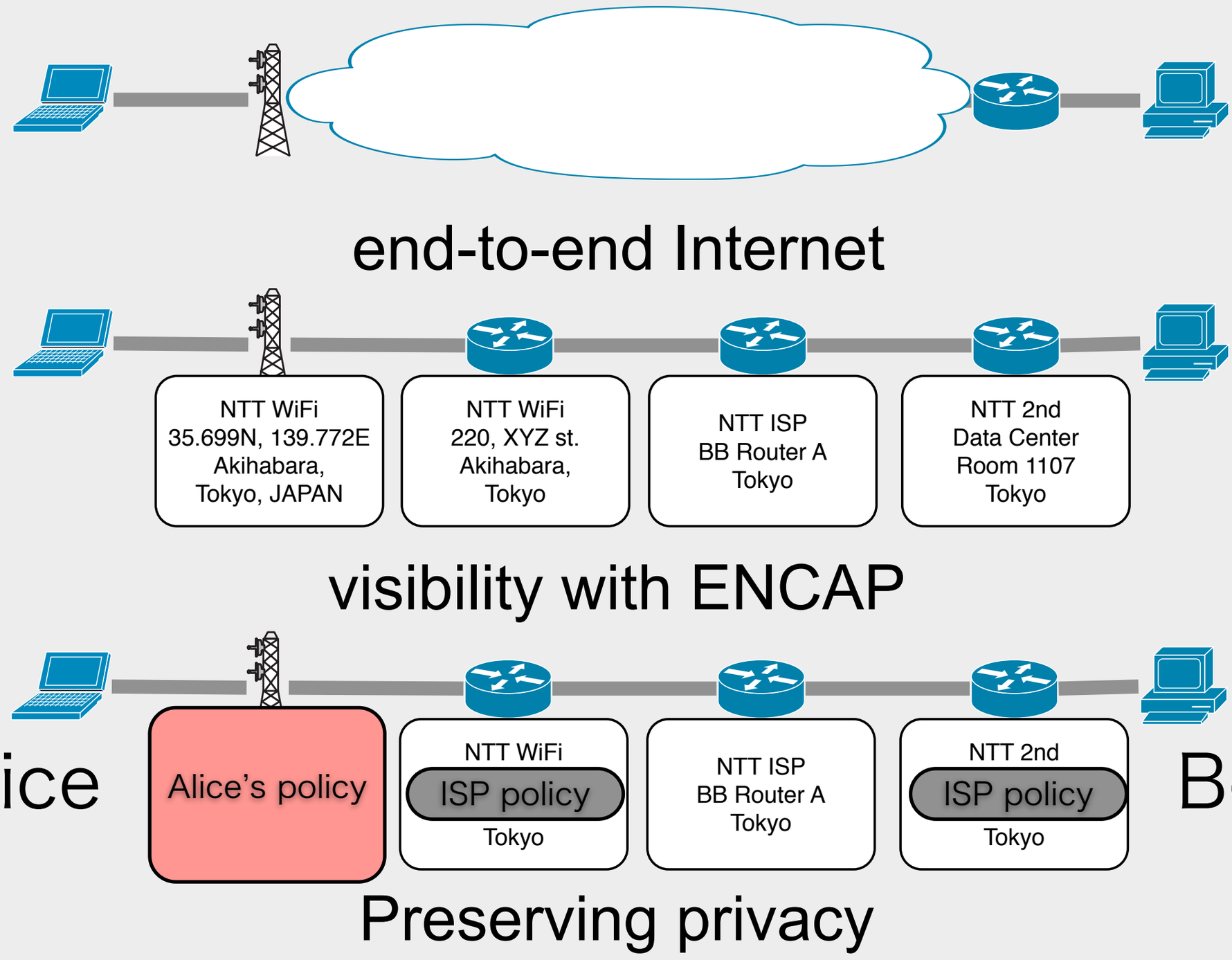
意向 = ポリシの尊重



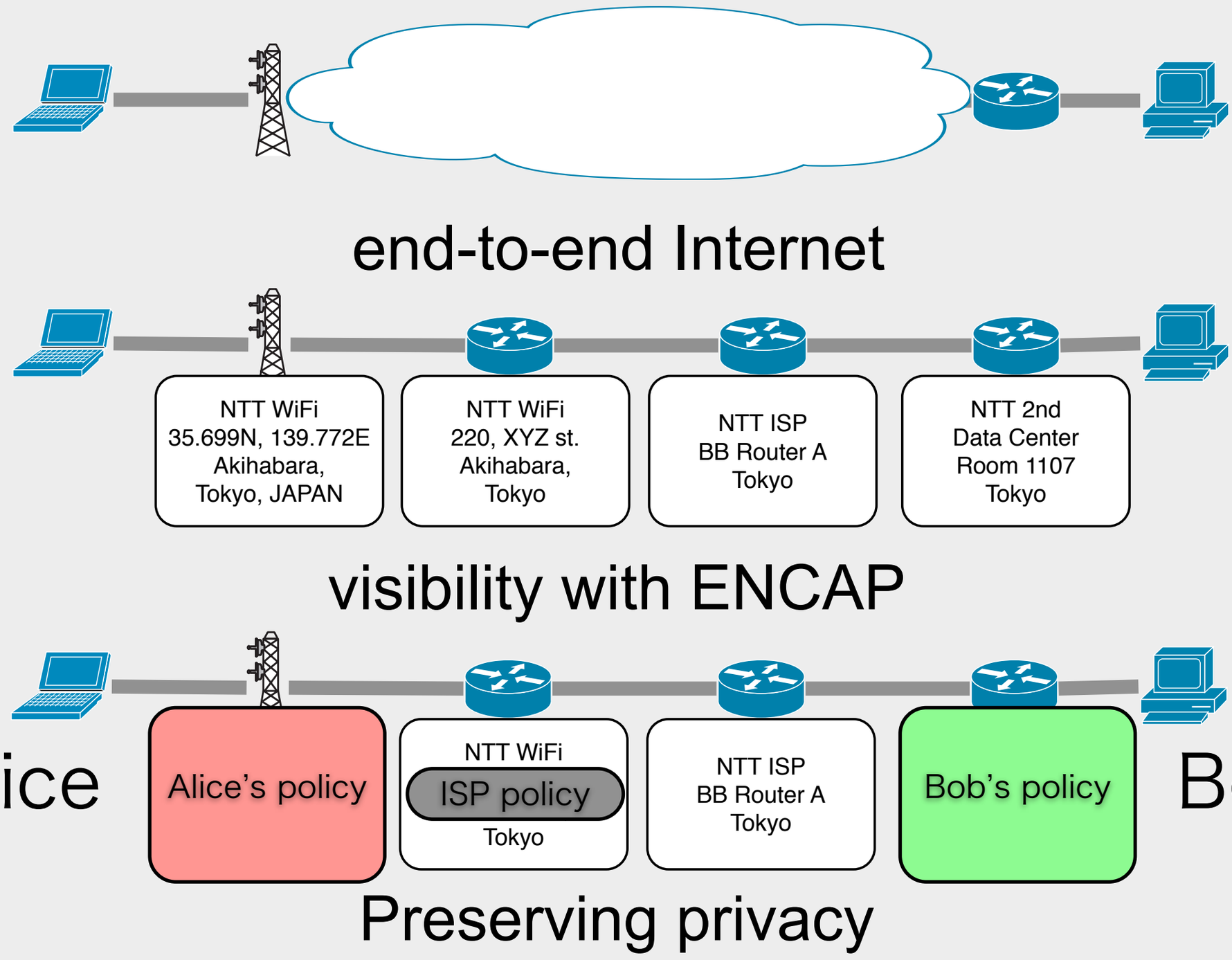
意向 = ポリシの尊重



意向 = ポリシの尊重



意向 = ポリシの尊重

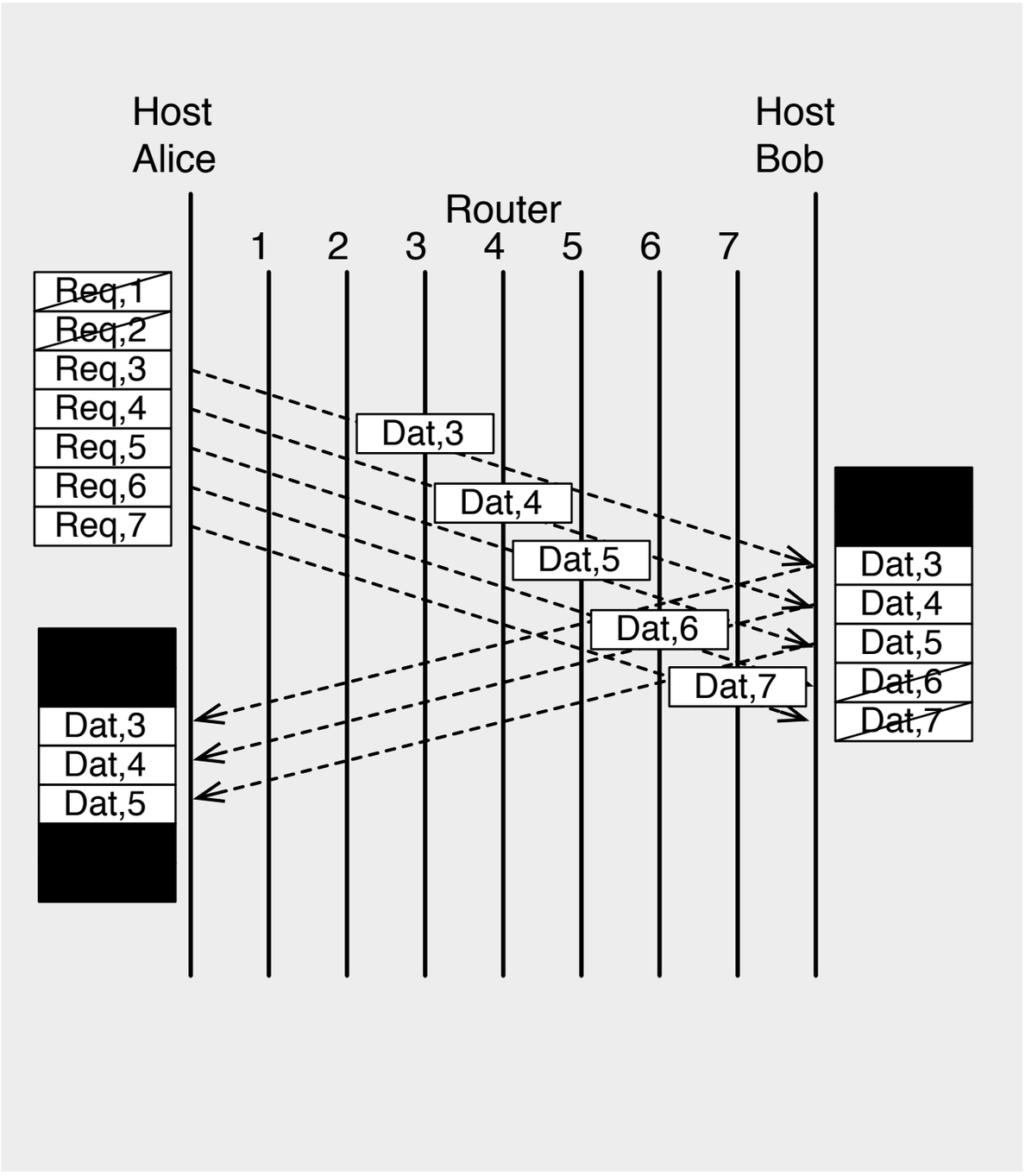


開示ポリシ尊重の実現方法

- 基本：ISP と送受信者が開示に合意した情報だけ開示
- ISP の開示ポリシ：
  - ルータ側で ACL を設定
    - ルータ単独で動作、管理ドメイン毎に独立したポリシ
- 送受信者のポリシ：
  - 送受信者が開示可能な範囲を指定
    - 選択的情報開示

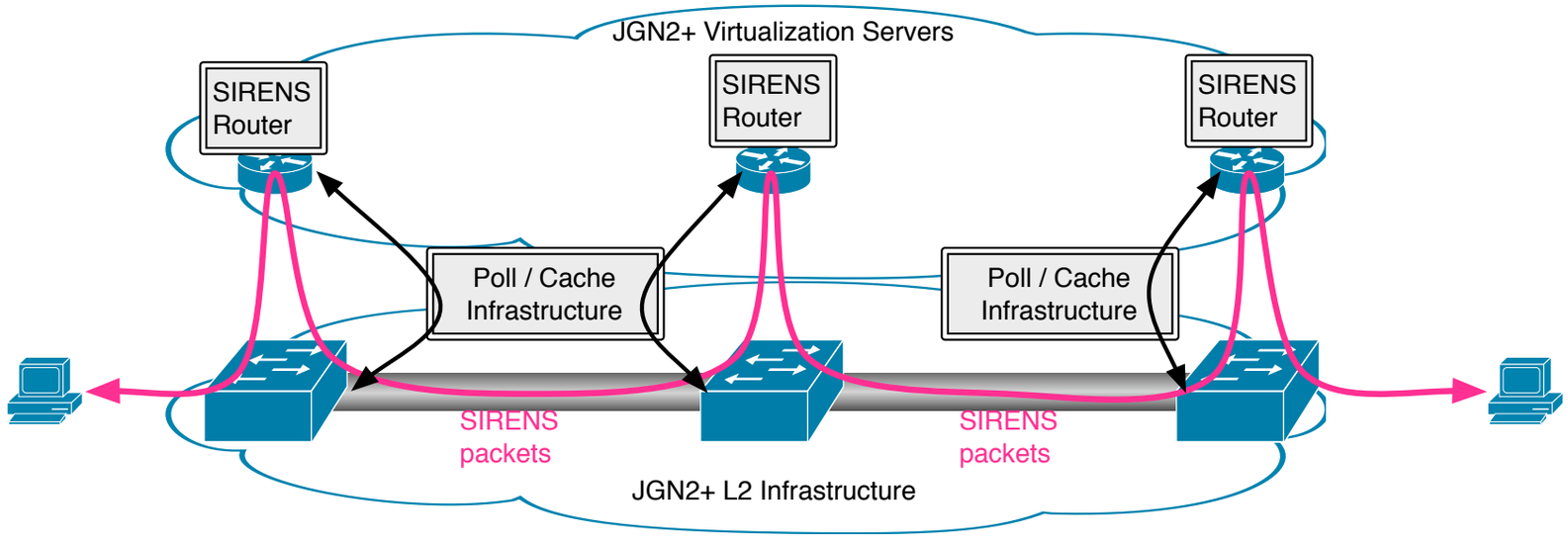
選択的情報開示

- Policy:
  - Alice & Bob allow to disclose beyond 3rd hop routers.
- Implementation:
  - Alice does not send req. for neighbor & next neighbor routers, i.e.,1st & 2nd hop.
  - Bob does not send back res. as Alice, i.e., 6th & 7th hop.
- Result:
  - Alice obtains 3-5 hops' data.
  - Bob obtains 3-7 hops' data



実装、展開状況

- 拡張 SIRENS を FreeBSD 上に実装
  - ルータ機能:TTL モード、基盤情報のキャッシュ・代理応答機構
  - 端末機能:raw IP, ICMP echo/reply
- 展開
  - 実験室内：13 台のテストベッドを秋葉原、つくばに構築
  - JGN2+：大手町、堂島の物理ホストにルータを展開
- アプリケーション



展開にあたっての問題

- ISP は情報開示に否定的
  - 競合他社との関係、技術的制約、セキュリティ
- Future Internet でも状況は同じ？

- 研究開発に自ら制約を課すのはどうよ
- 透明性の確保は世の流れ
- Provisioning/Active-net が実現すれば「可視化」不要
  - Intserv/active node 普及につながる技術革新は？
  - 提供パスの検証は不要？

まとめ

- 「端末」にとってのネットワーク「可視化」
  - ➡Knowledge Plane における “sensor” 機能の実現
- in-band クロスレイヤ方式を拡張
  - 端末、ISP の開示ポリシのすりあわせ
    - ➡ACL と選択的開示

謝辞とお知らせ

- NICT 委託研究『新世代ネットワークサービス基盤構築技術に関する研究開発』として実施した。
- 電子通信情報学会 IA 研究会　（7/17（金）〆切）
  - 9/25(金) @機械振興会館
    - 『ネットワーク研究開発テストベッド運用』

- Policy
  - Alice & Bob allow to disclose beyond 3rd hop routers'.
- Implementation
  - Alice sends req. & One Time Pad (OTP) key pairs for all routers.
  - Original OTP key is overwritten by ciphertext at designated router.
  - Bob does not send back ciphertexts ciphered by 6th & 7th.
  - Alice does not send keys for 1st & 2nd.
- Result:
  - Alice obtains 1-5 hops' data.
  - Bob obtains 3-7 hops' data