

IPv4クライアントとIPv6サーバの通信を可能にする NTMobileアダプタの検討

150441104 成瀬 哲

渡邊研究室

1. はじめに

スマートフォンなどの携帯端末の普及やIoTデバイスの登場により、ネットワーク接続への需要が劇的に増加している。IPv4グローバルアドレスが枯渇するなか、IPv6への移行技術が求められている。アドレス枯渇の短期的な解決策としてプライベートアドレスが導入され、インターネットは延命したものの、IPv6技術への移行は避けられない状況となっている。いずれIPv6アドレスのみを持つサーバがインターネット上でサービスを提供することが予想される。

一方で、クライアントが存在するネットワークがIPv6アドレスに対応するには時間がかかる可能性がある。そのため、IPv4クライアントからIPv6サーバへのアクセスを可能にする技術が必要となってくる。そこで、本稿ではNTMobileを用いてこれを実現するための方法を検討した。

2. 既存技術とその課題

IPv4クライアントとIPv6サーバの間で相互通信を実現する既存技術として、Teredo (RFC4380) がある。TeredoはIPv6データをIPv4UDP (User Datagram Protocol) データ内にカプセル化することによりIPv6接続を提供する。デュアルスタックネットワーク上にTeredo ServerとTeredo Relayを設置する必要がある。

TeredoはNAT配下にあるクライアントでも使用することができるが、Symmetric NATを用いる場合には適用できないという課題がある。

3. NTMobileの概要

NTMobile (Network Traversal with Mobility) は、IPv6とIPv4の混在環境で、IPv4端末とIPv6端末間の通信やNAT配下端末どうしの通信を可能にする技術である。システムで一意的な仮想IPアドレスを各エンド端末に割り当て、すべての通信を実IPアドレスでカプセル化する。NTMobileは、NTMobileを組み込んだ各エンド端末 (NTM端末)、NTM端末の実/仮想IPアドレスの管理、及び通信経路指示を行うDirection Coordinator (DC) によって構成される。各エンド端末のアプリケーションは仮想IPアドレスのみを意識すればよく、NATの種類に関わらず通信が可能である。IPv4/IPv6通信はRS (Relay Server) がカプセルパケットの外側アドレスの変換を行うことにより実現する。

4. 提案方式

4.1 通信方式の概要

NTMobileを実装した、NAT配下のIPv4端末 (MNv4) からインターネット上の一般IPv6サーバ (GNv6) に通信を行うことを想定する。提案方式では、インターネット上にNTMobileの通信を終端するトンネル終端装置 (以下TT) を設置する。

通信開始時、MNv4はDCに対してGNv6に対する経路指示の要求を行う。DCは、まずTTに経路指示を行い、同時に一般サーバの名前解決の指示と通信に用いる仮想IPアドレスの通知を行う。TTはDNSを用いて名前解決を行い、通知された仮想IPアドレスとGNv6のIPアドレ

スの対応を示すテーブルを作成する。次に、DCはMNv4に経路指示を行う。MNv4とTTはDCの指示に従って両者の間にトンネル経路を構築する。以降の通信パケットは、MNv4とTT間がトンネル通信を行い、TTとGNv6は一般通信を行う。TTにおいて仮想IPアドレスと実IPアドレスの変換を行うことにより、MNv4とGNv6の通信が可能となる。

4.2 TTの構成

TTは、NTMAを流用して実現する。NTMA[1]とは、NTMobileを実装できない一般の通信装置にブリッジ接続することで、一般端末の通信をNTM通信へと変換する装置である。TTはパケットを中継する時、送信元/宛先の両方をアドレス変換する必要があるため、この機能をNTMAに追加する。

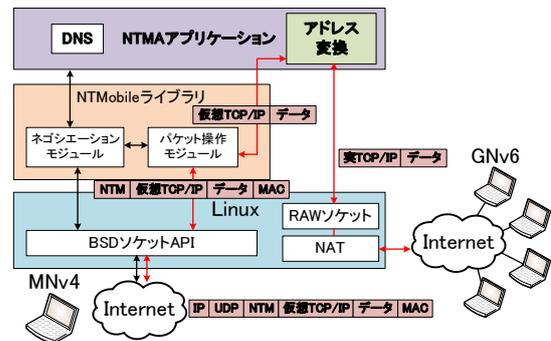


図 1: トンネル終端装置の構成

図 1 に TT の構成を示す。NTMA は、NTMA アプリケーションと NTMobile ライブラリから実現されている。NTMA アプリケーションに宛先アドレスの変換モジュールを追加実装する。

MNv4 からパケットを開始した場合を想定して、パケットフォーマットの変化を述べる。MNv4 から送信されたパケットは TT の Linux の BSD ソケット API で受信される。その後、パケット操作モジュールで NTM ヘッダなどを取り外し、NTMA アプリケーションアドレス変換モジュールにて宛先 IP アドレスの変換を行う。これを RAW ソケットから送信し、Linux の NAT により送信元 IP アドレスの変換を行い、GNv6 に送信する。

5. まとめ

NTMobileを用いて、NTMobileを実装したIPv4クライアントからインターネット上のIPv6サーバの間で通信を行うための方式を提案した。

参考文献

- [1] Ogyu etc. "Development of an End-to-End Communication Adapter and Implementation", The Tenth International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking, Oct.2017.

IPv4クライアントとIPv6サーバの通信を可能にする NTMobileアダプタの検討

渡邊研究室

150441104

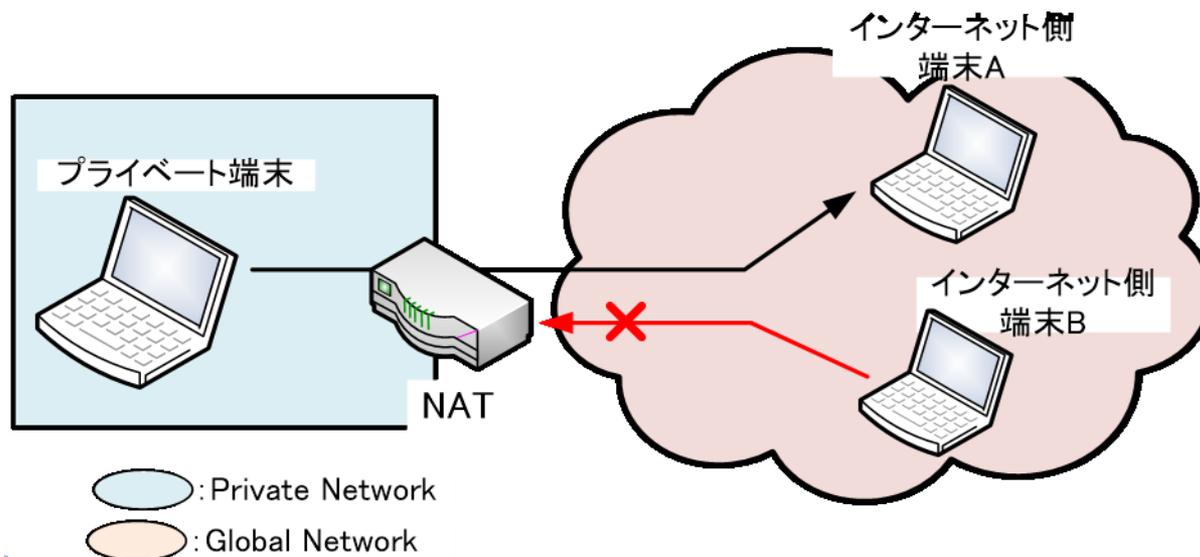
成瀬 哲

Watanabe Lab.



研究背景

- ▶ 現在の主流はIPv4ネットワーク
 - IPv4グローバルアドレスの枯渇問題
 - NATを用いたプライベートネットワークが一般的
- ▶ NAT越え問題
 - グローバル空間からプライベート空間への通信を開始できない



研究背景

- ▶ IPv6アドレスへの移行が進んでいる
 - 企業などのネットワークは、IPv4を継続する
 - 移行に対する費用がかかり、メリットが薄い
 - IPv6アドレスのみのサーバがサービス開始する可能性

プライベートIPv4クライアントからIPv6サーバへの
アクセスを可能にする技術が必要

既存技術: Teredo

- ▶ IPv6データをIPv4UDP(UserDatagramProtocol)データ内にカプセル化することにより IPv6 接続を提供する

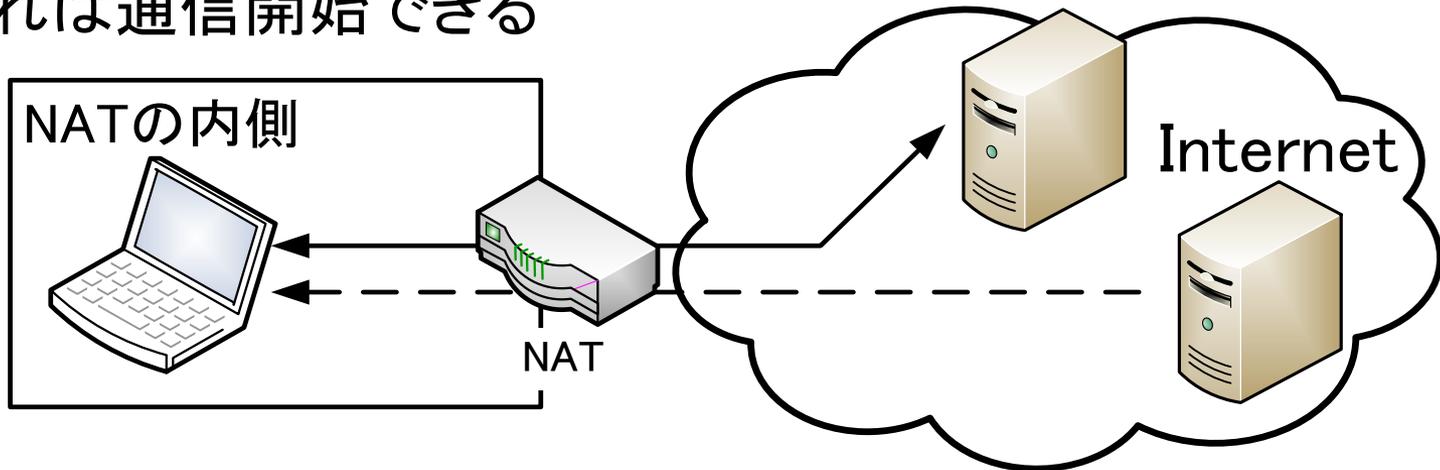
カプセル化: 新しいヘッダを付与し、元々のパケットをデータと見なしたパケットにすること

- ▶ RFC4380で標準化されている

NATの種類

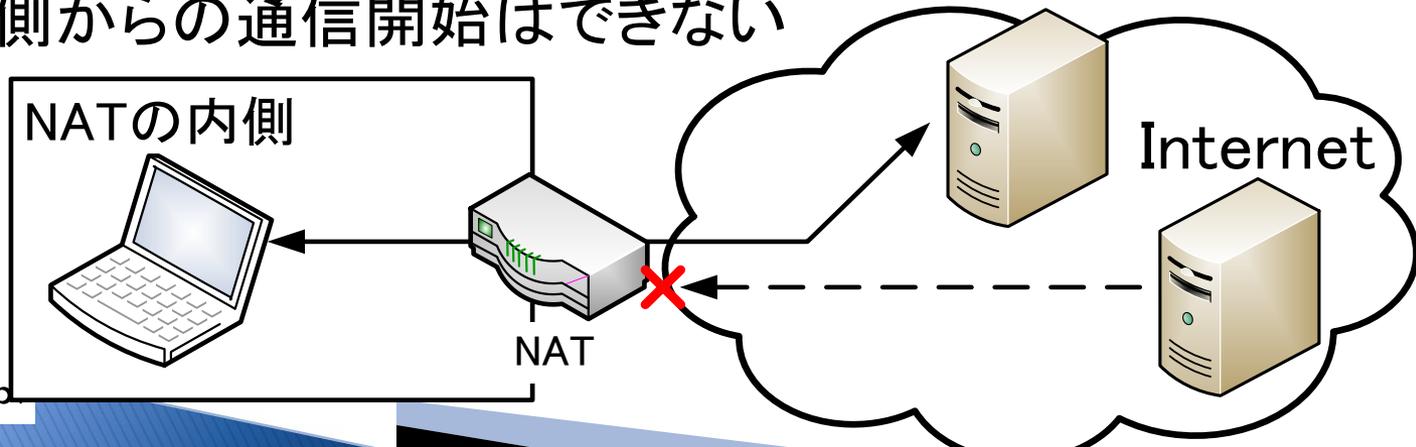
▶ Cone型

- 宛先であるNAT外部のアドレス/ポート番号が一致していれば通信開始できる

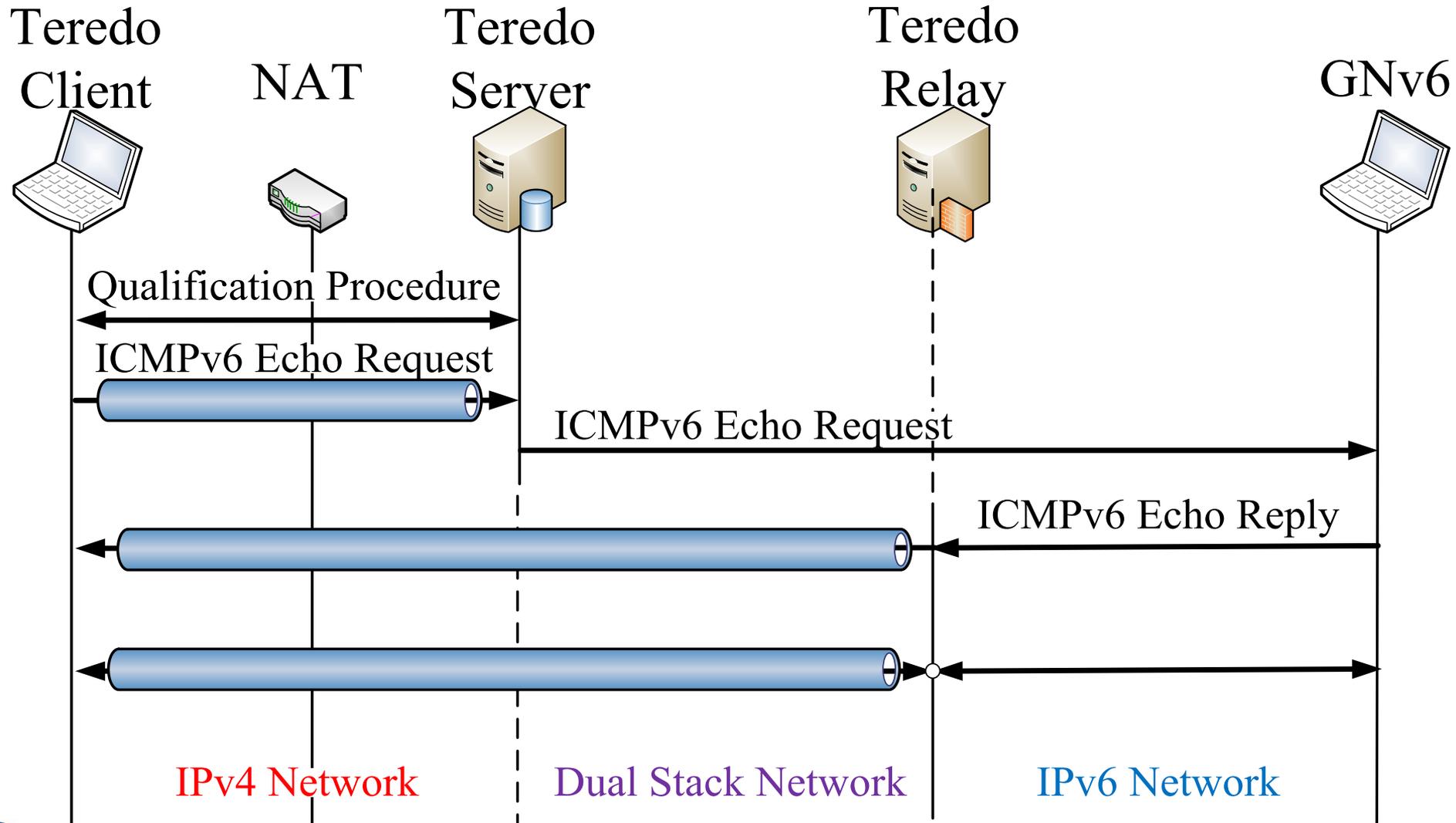


▶ Symmetric型

- 外側からの通信開始はできない



Teredo動作図(Cone NAT)



提案方式

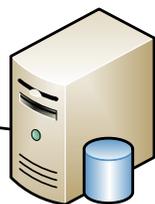
▶ NTMobileを利用した方式

- NAT越え問題解決, IPv4/IPv6間通信を実現する技術
- 通信は仮想IPアドレスを使って行われる

仮想IPアドレス
NTMobile専用のアドレス
実IPアドレスの変化を隠蔽できる

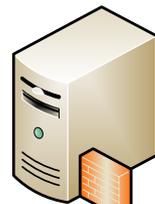
RS(Relay Server)
NTM端末のIPv4/IPv6通信を
可能にする

DC(Direction Coordinator)
NTM端末の仮想IPアドレス
の管理



DC

Dual-Stack
Internet

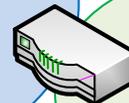


RS

IPv4
Network



NTM端末



NTM端末

Private IPv4
Network



NTM端末

IPv6
Network



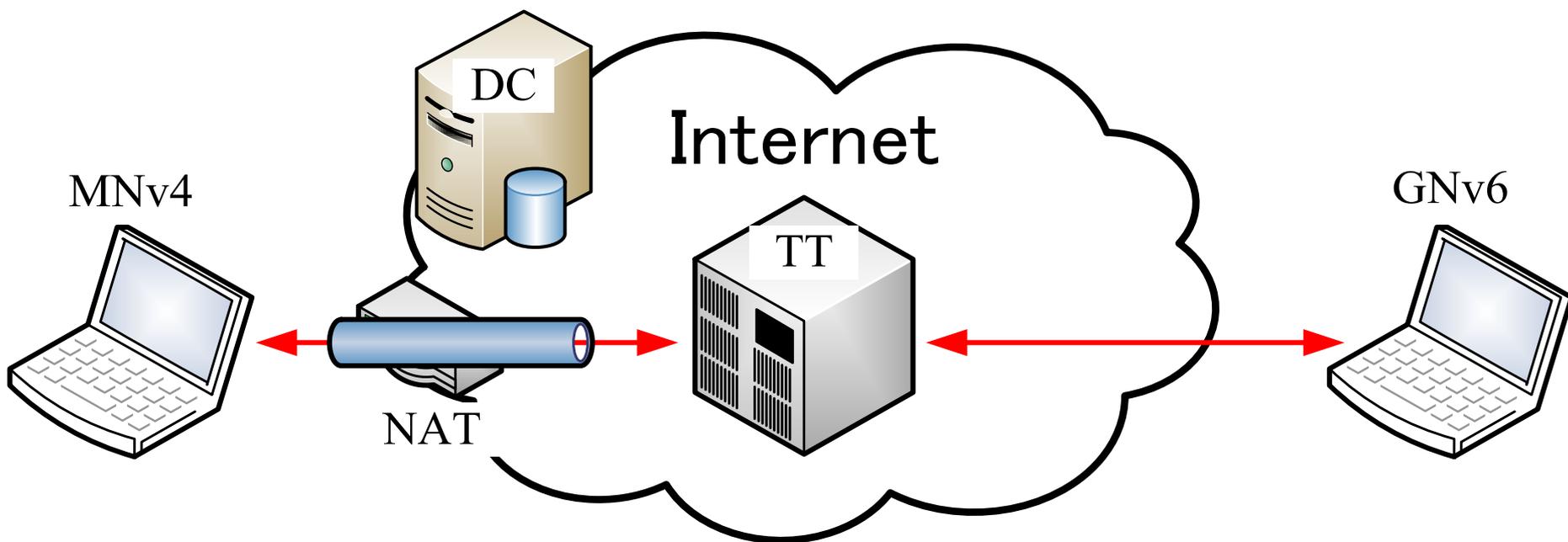
NTM端末

NTM端末
NTMobileを実装した端末

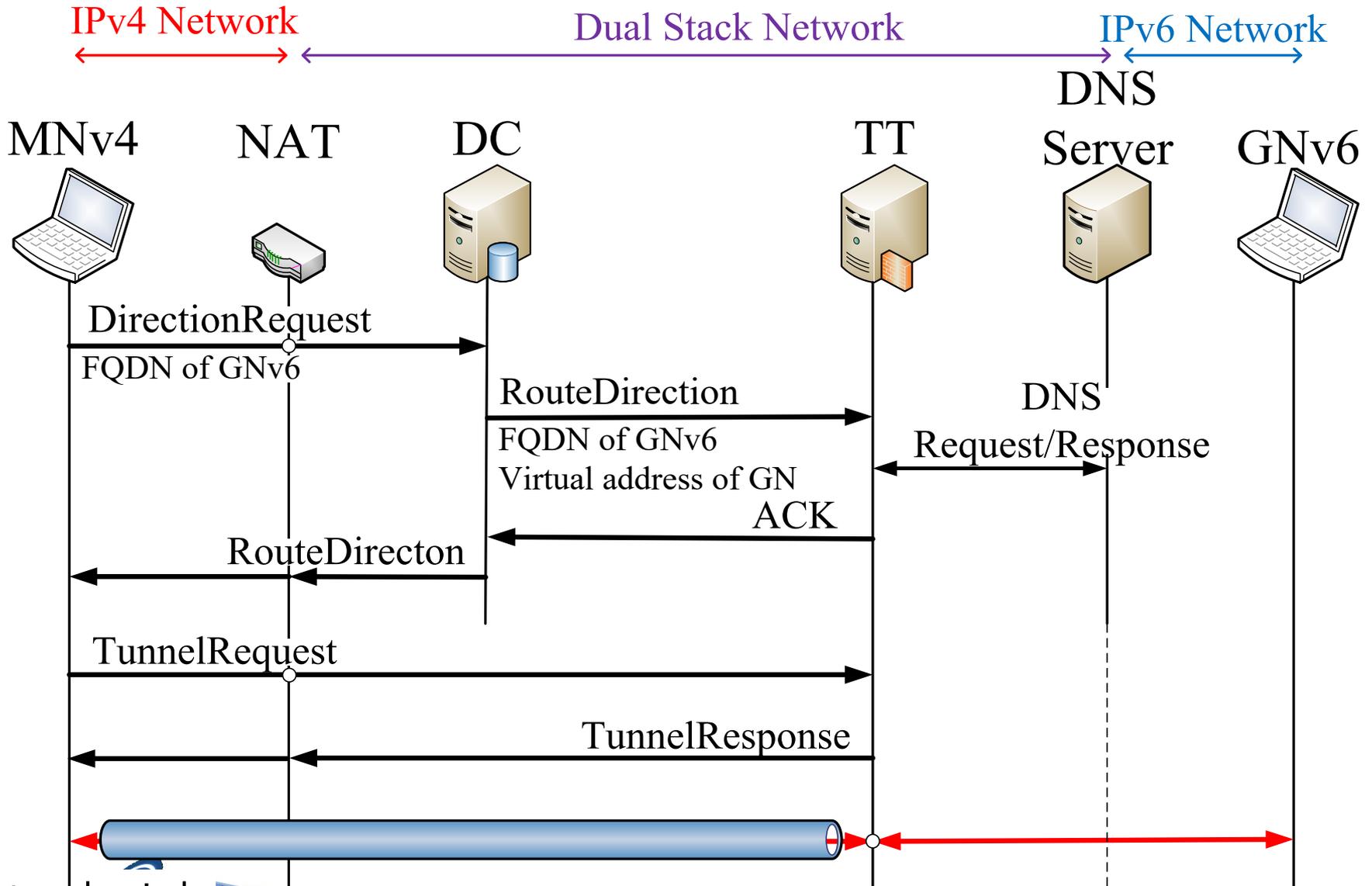


提案方式

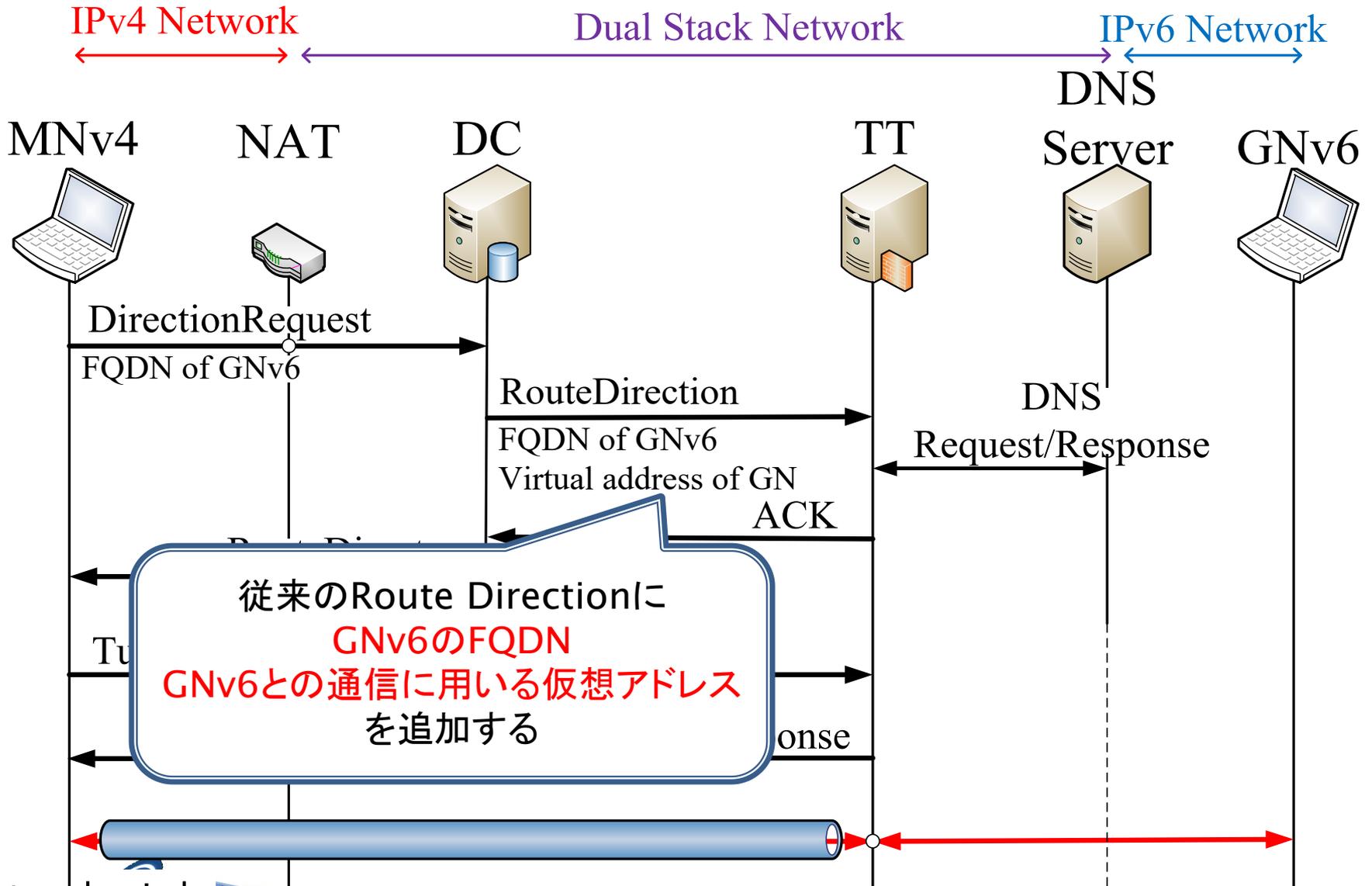
- ▶ トンネル終端装置(TT: Tunnel Terminator)の導入
 - 一般IPv6サーバとNTM端末の通信を中継する



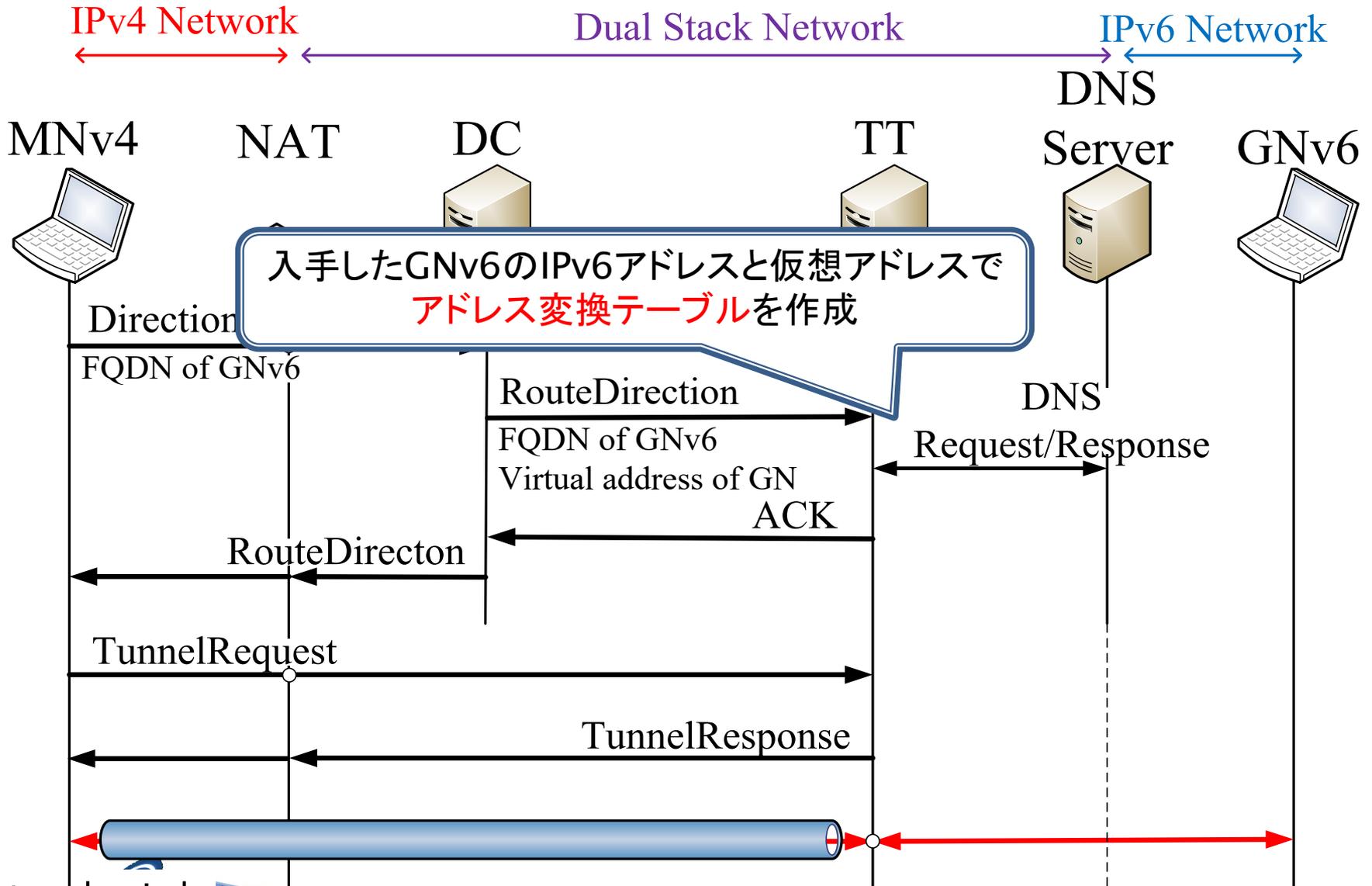
提案方式 シーケンス



提案方式 シーケンス

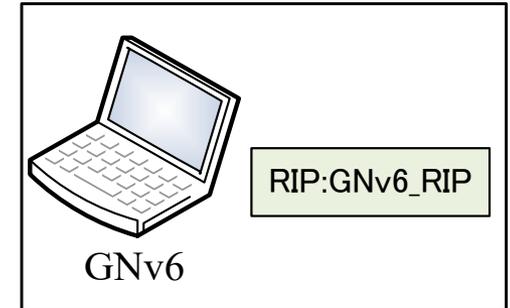
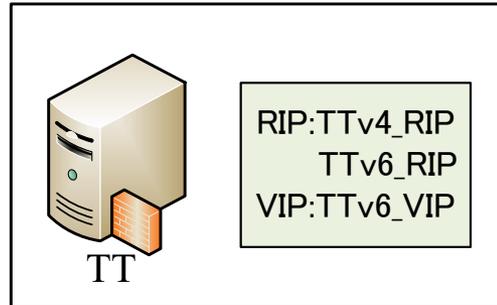
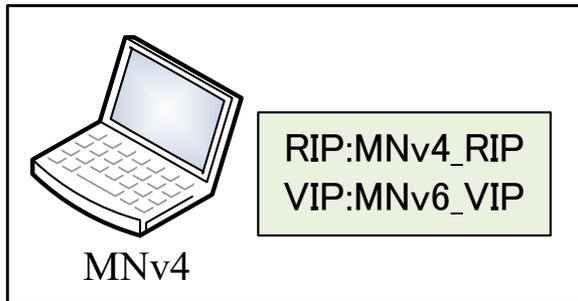


提案方式 シーケンス



提案方式 パケット遷移

Webサーバのポート番号: 80

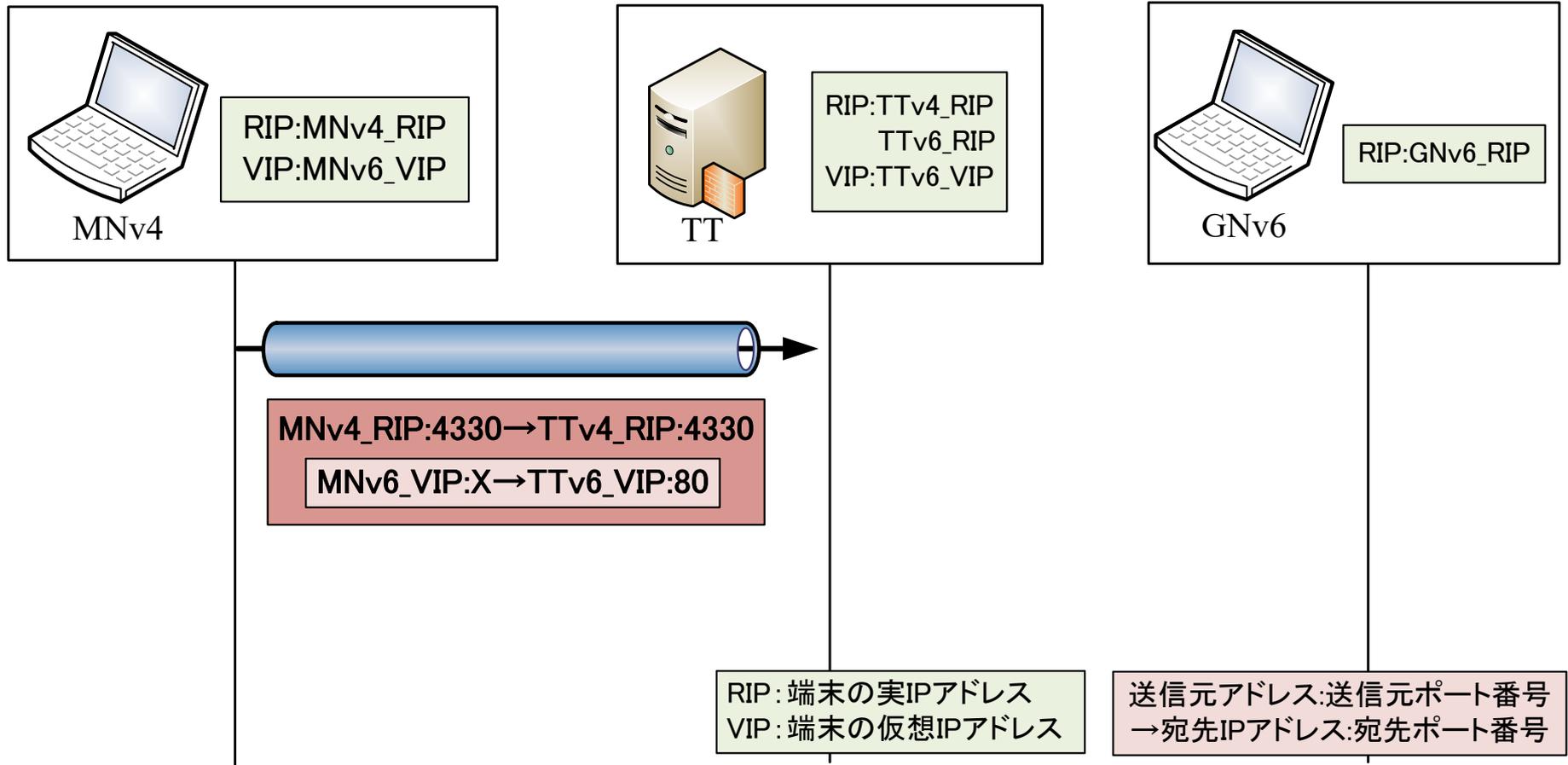


RIP: 端末の実IPアドレス
VIP: 端末の仮想IPアドレス

送信元アドレス:送信元ポート番号
→宛先IPアドレス:宛先ポート番号

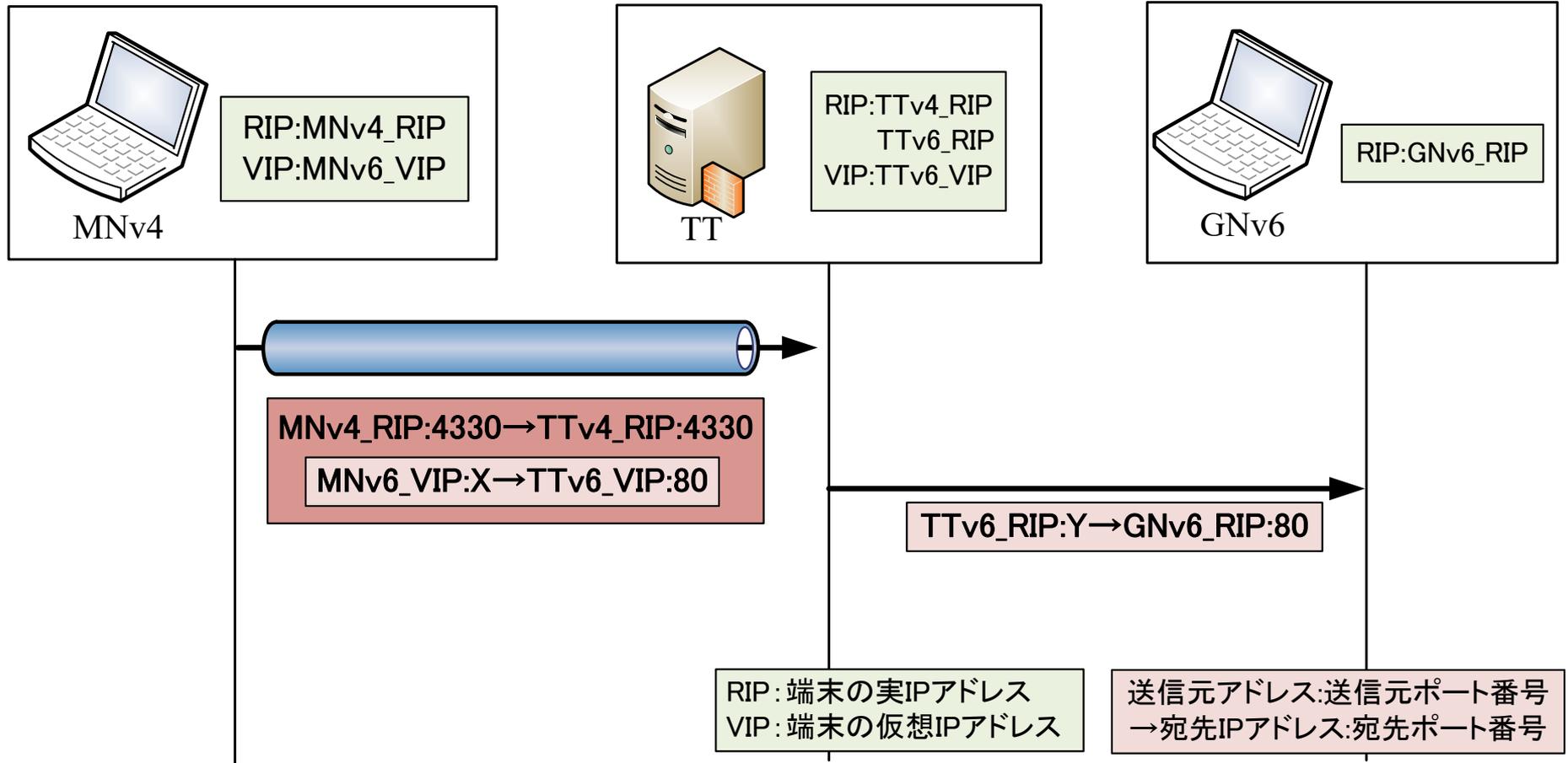
提案方式 パケット遷移

Webサーバのポート番号: 80



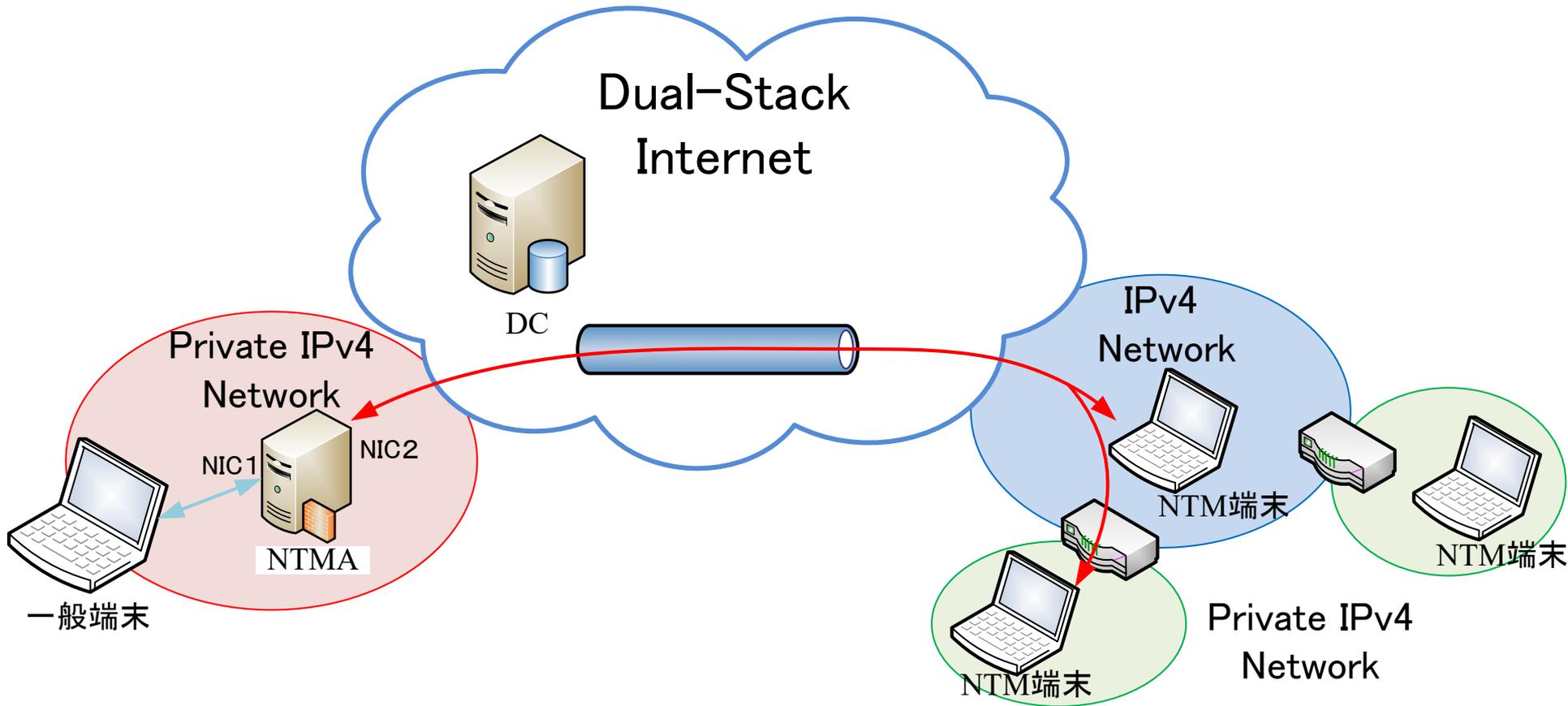
提案方式 パケット遷移

Webサーバのポート番号: 80

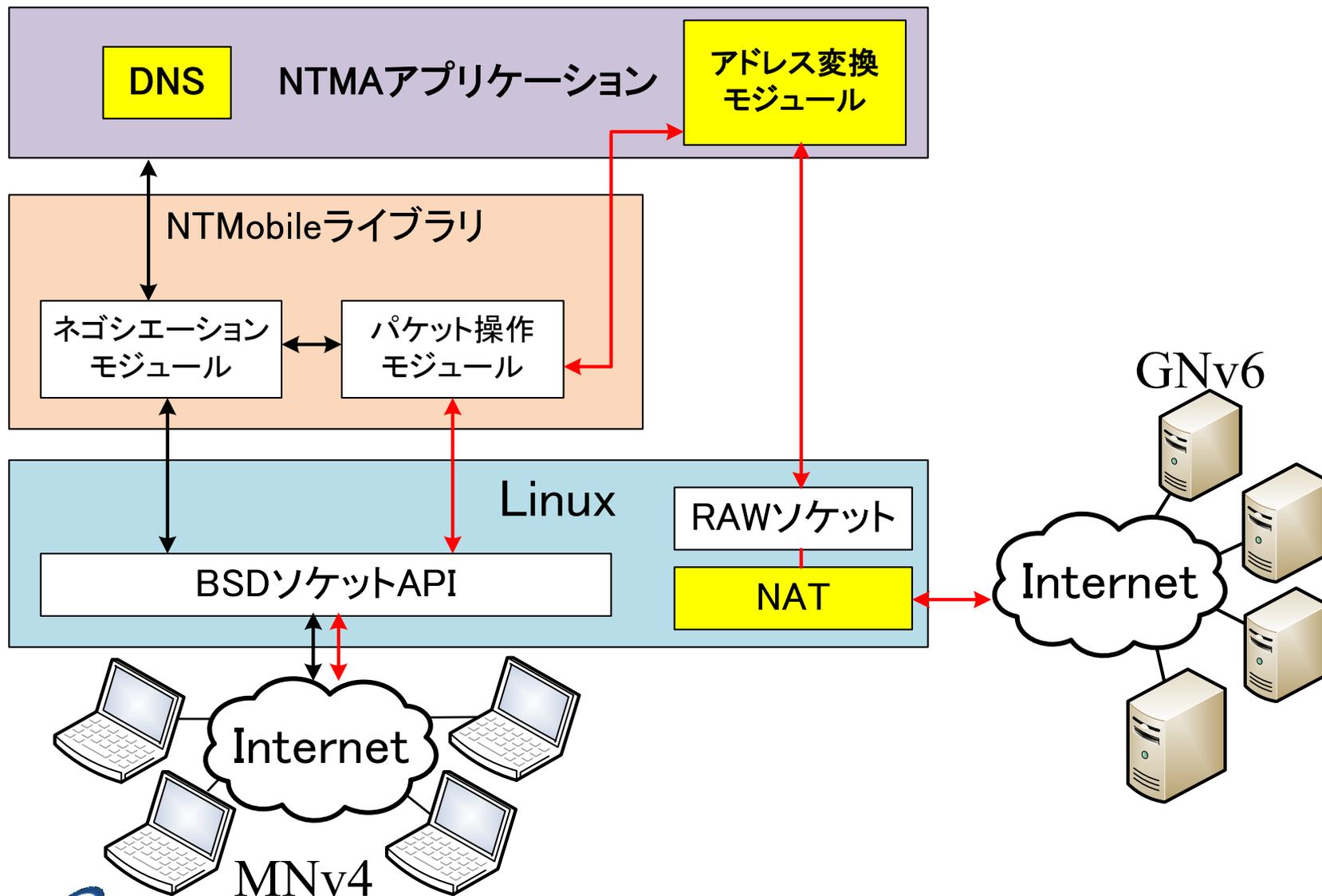


NTMA (NTM Mobile Addapter)

- ▶ プログラムに変更を加えずNTM通信を実現する
- ▶ アプリケーションレベルでの実装



提案方式 モジュール構成



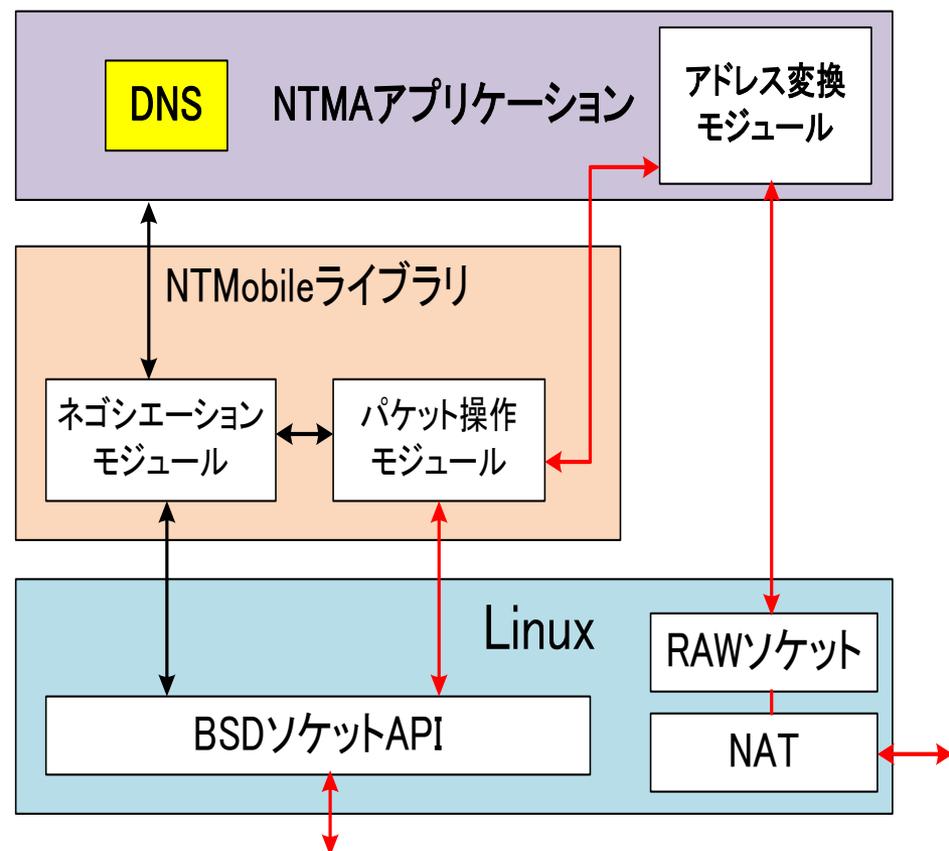
提案方式 モジュール構成

DNSモジュール

- ・DNS処理とアドレス変換テーブルの作成

アドレス変換モジュールの変換テーブル

TTv6_VIP ↔ GNV6_RIP



提案方式 モジュール構成

アドレス変換モジュール

- ・変換テーブルを用いた宛先アドレスの変換

アドレス変換モジュールの変換テーブル

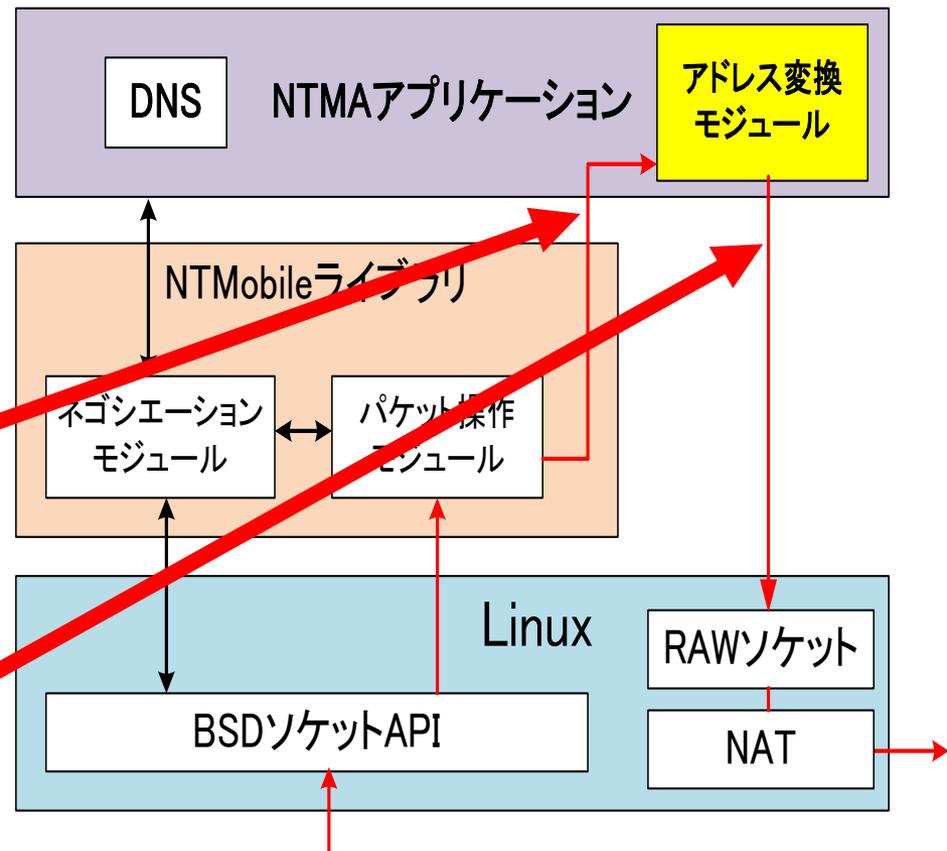
TTv6_VIP ↔ GNV6_RIP

仮想TCP/IP

MNv6_VIP:X → **TTv6_VIP:80** データ

仮想TCP/IP

MNv6_VIP:X → **GNv6_RIP:80** データ



提案方式 モジュール構成

NAT

- Linuxの機能のひとつ
- 送信元アドレスとポート番号の変更を行う

NATの変換テーブル

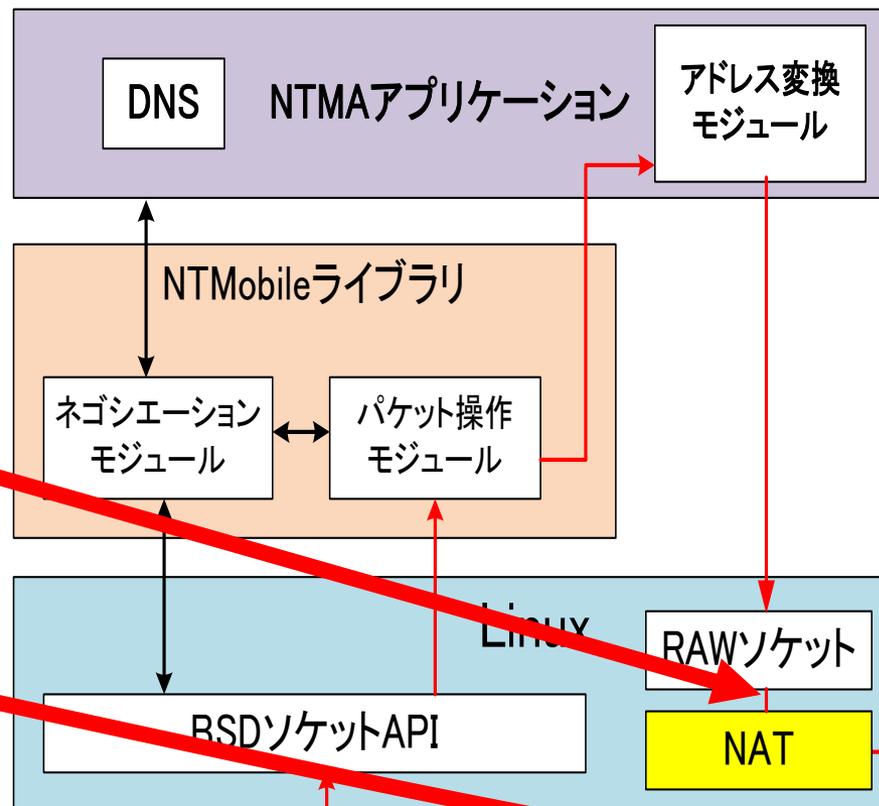
MNv6_VIP:X ↔ TTv6_RIP:Y

仮想TCP/IP

MNv6_VIP:X → Gv6_RIP:80 データ



TTv6_RIP:Y → Gv6_RIP:80 データ



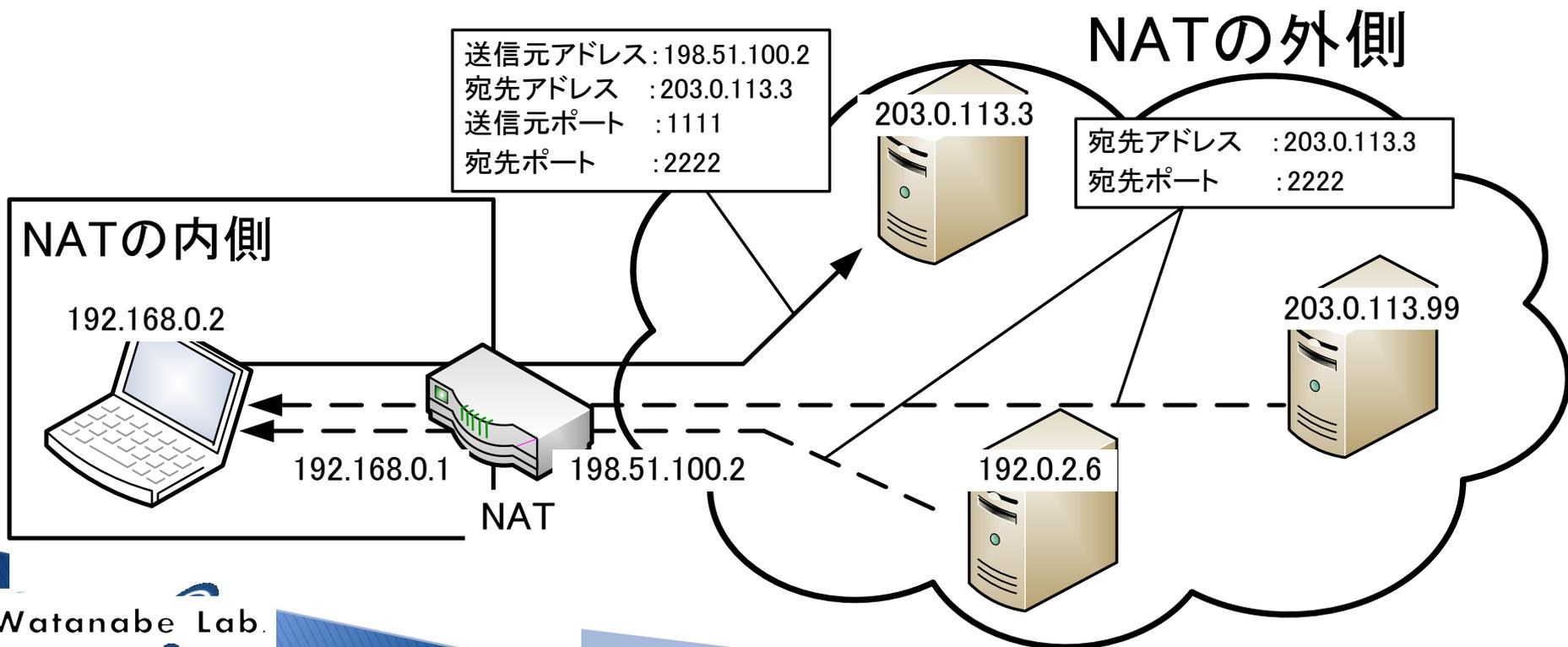
まとめ

- ▶ IPv4クライアントとIPv6サーバの通信
 - トンネル終端装置(TT)の提案
 - シーケンスを明示
 - アドレス変換の明示
 - NTMAの流用で実現できることを示した
- ▶ 今後の方針
 - TTの実装

NATの種類

▶ Full Cone NAT

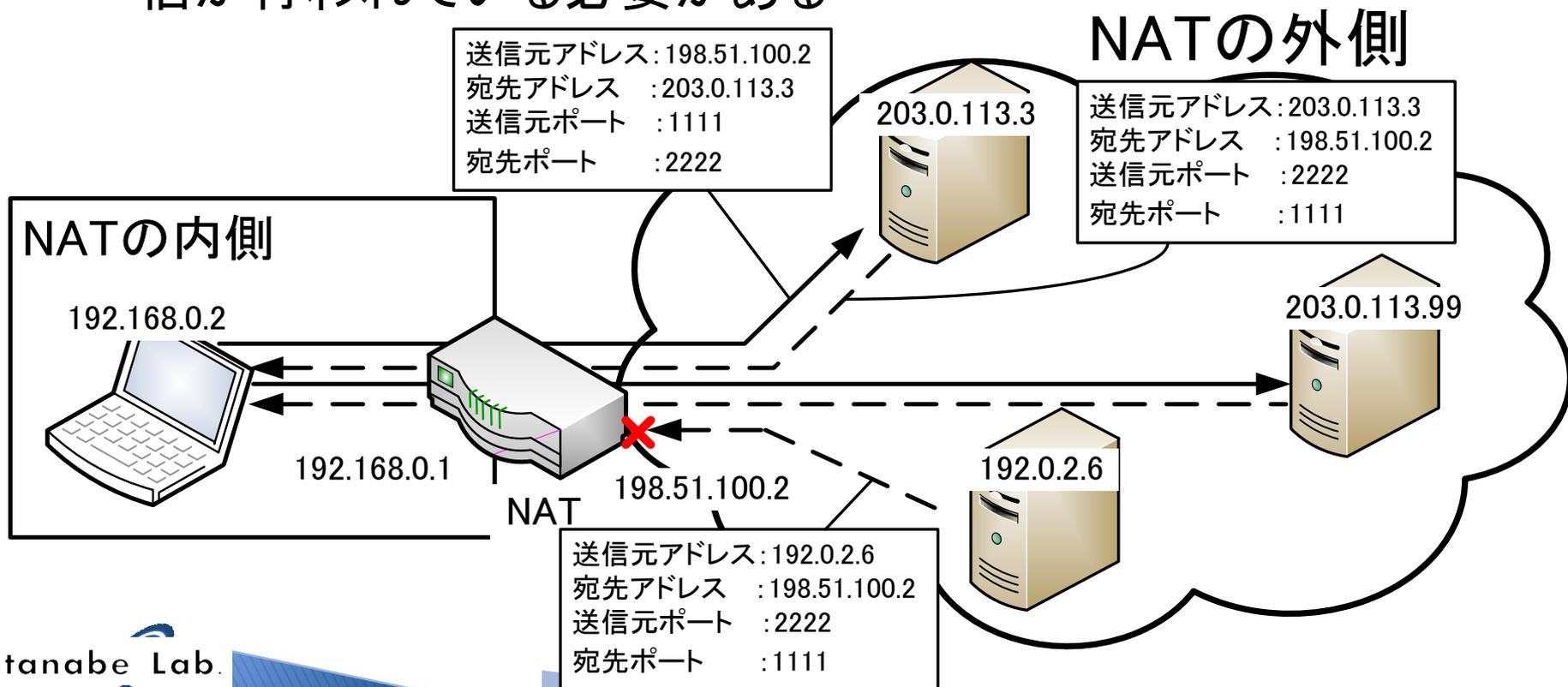
- 特定のIPアドレスとポート番号を特定の外部IPアドレスとポート番号にマッピング
- 外部の特定のアドレスとポート宛の通信が、送信元IP アドレスに依存せず、内部の単一のIP アドレスに転送される



NATの種類

▶ Restricted Cone NAT

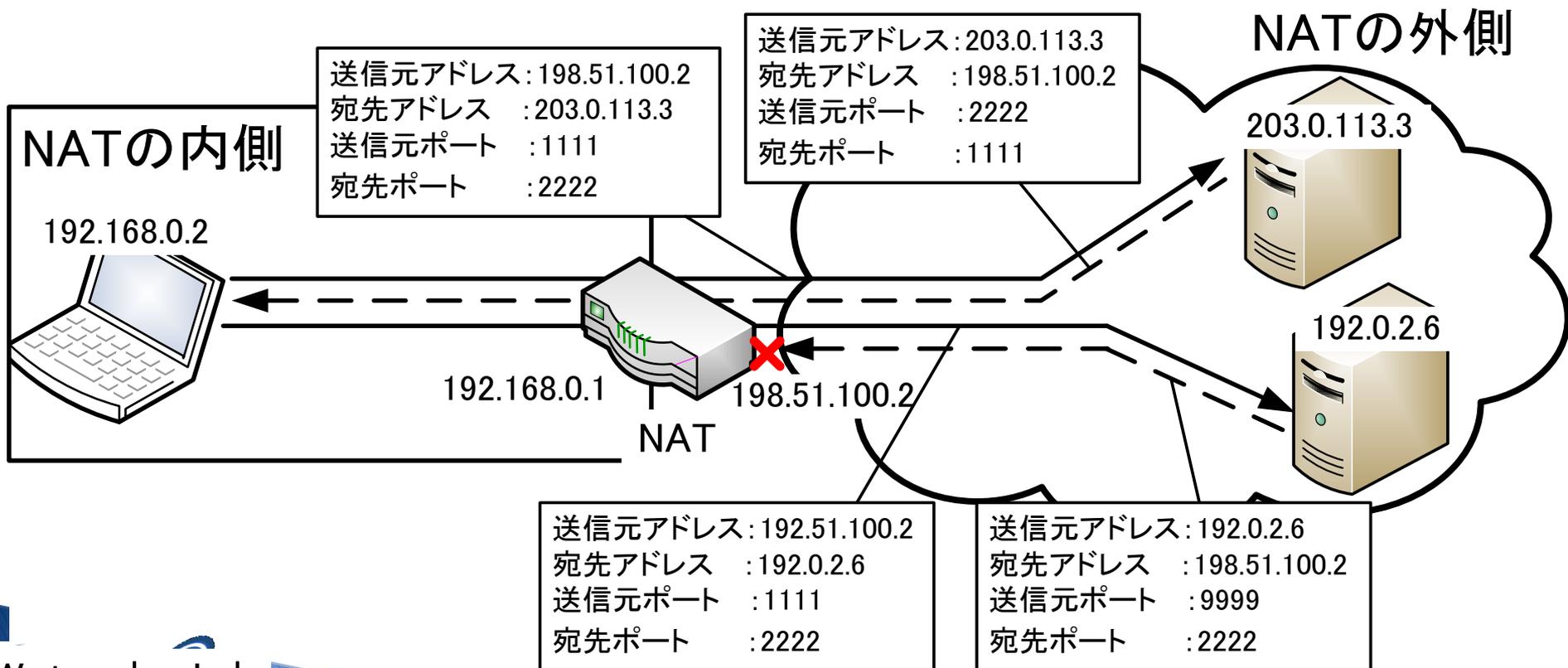
- 特定のIPアドレスとポート番号を特定の外部IPアドレスとポート番号にマッピング
- 内部への通信は、過去に内部からそのIPアドレスへの通信が行われている必要がある



NATの種類

▶ Port-restricted Cone NAT

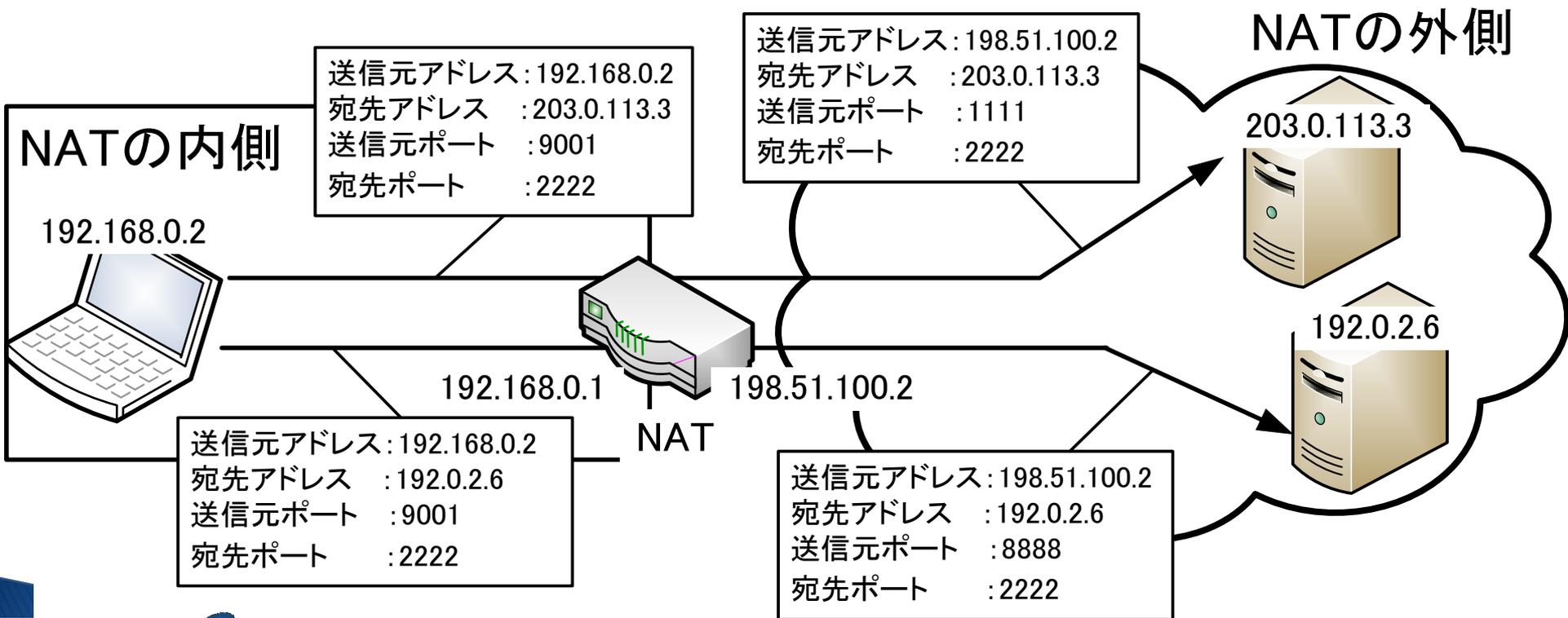
- Restricted Cone NATの制約にポート番号を加えたもの
- 内部への通信は、過去に内部からそのIPアドレスとポート番号への通信が行われている必要がある



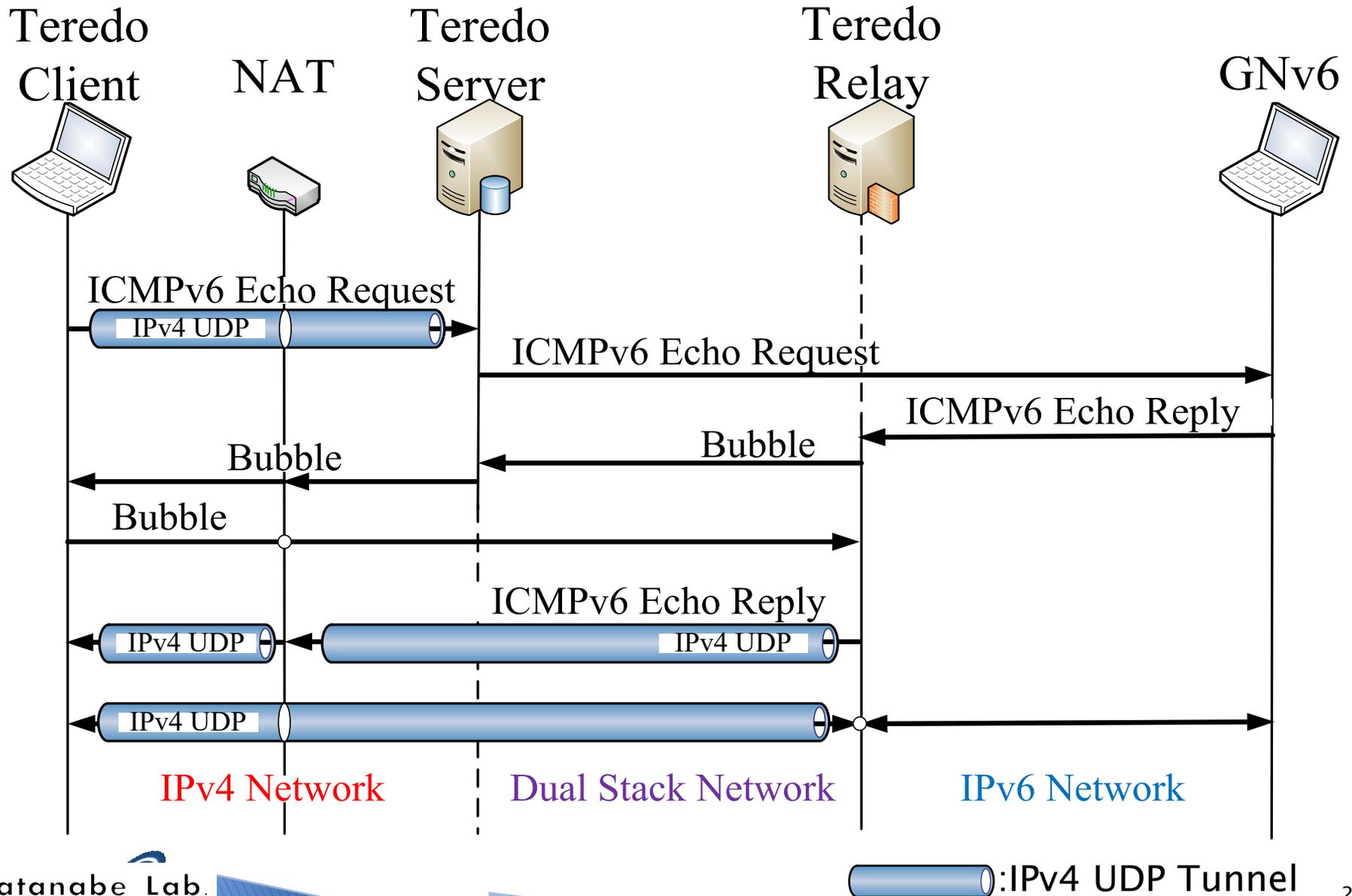
NATの種類

▶ Symmetric NAT

- 送信元が利用する内部IPアドレスとポート番号の組が同じであっても、別IPアドレスに対するセッションに対しては別の外部ポート番号が割り当てられる

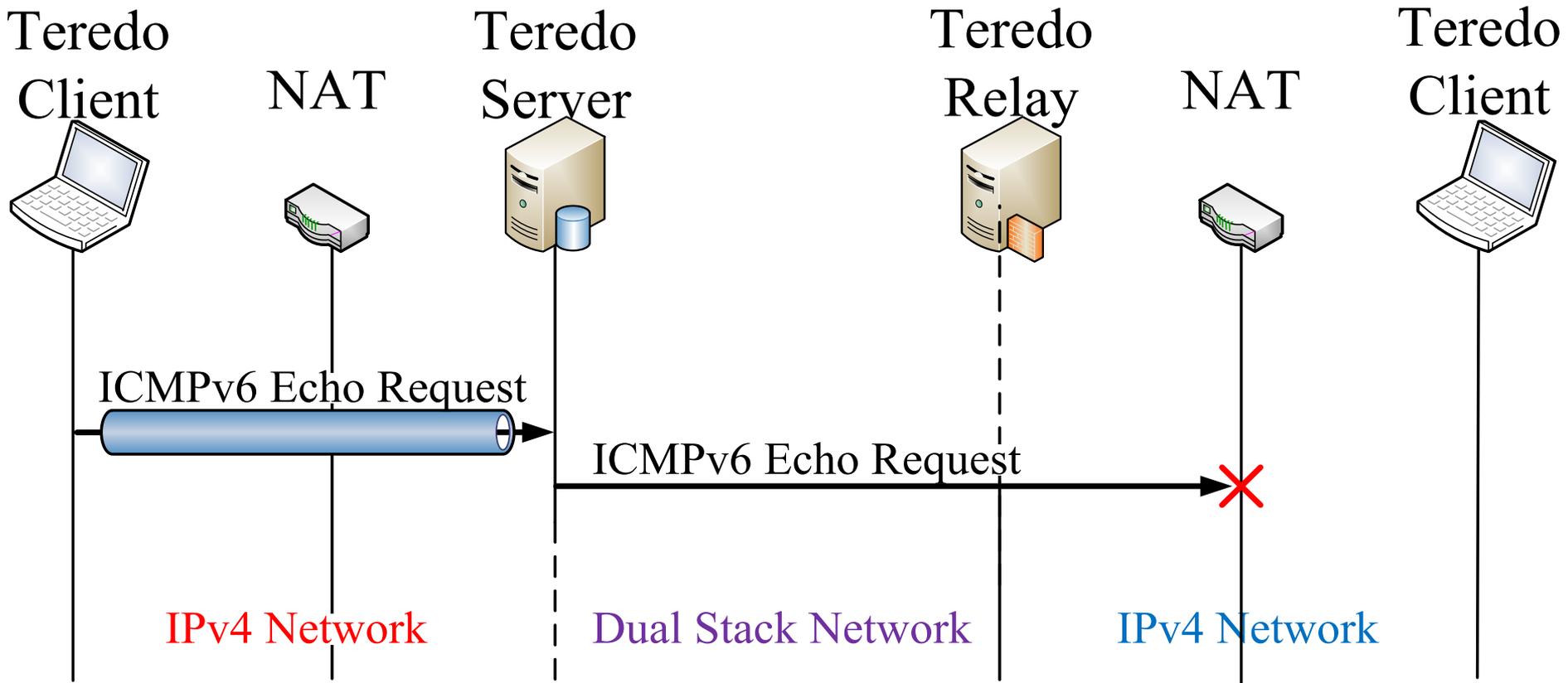


Teredo動作図(Restricted Cone NAT)



Teredo 欠点

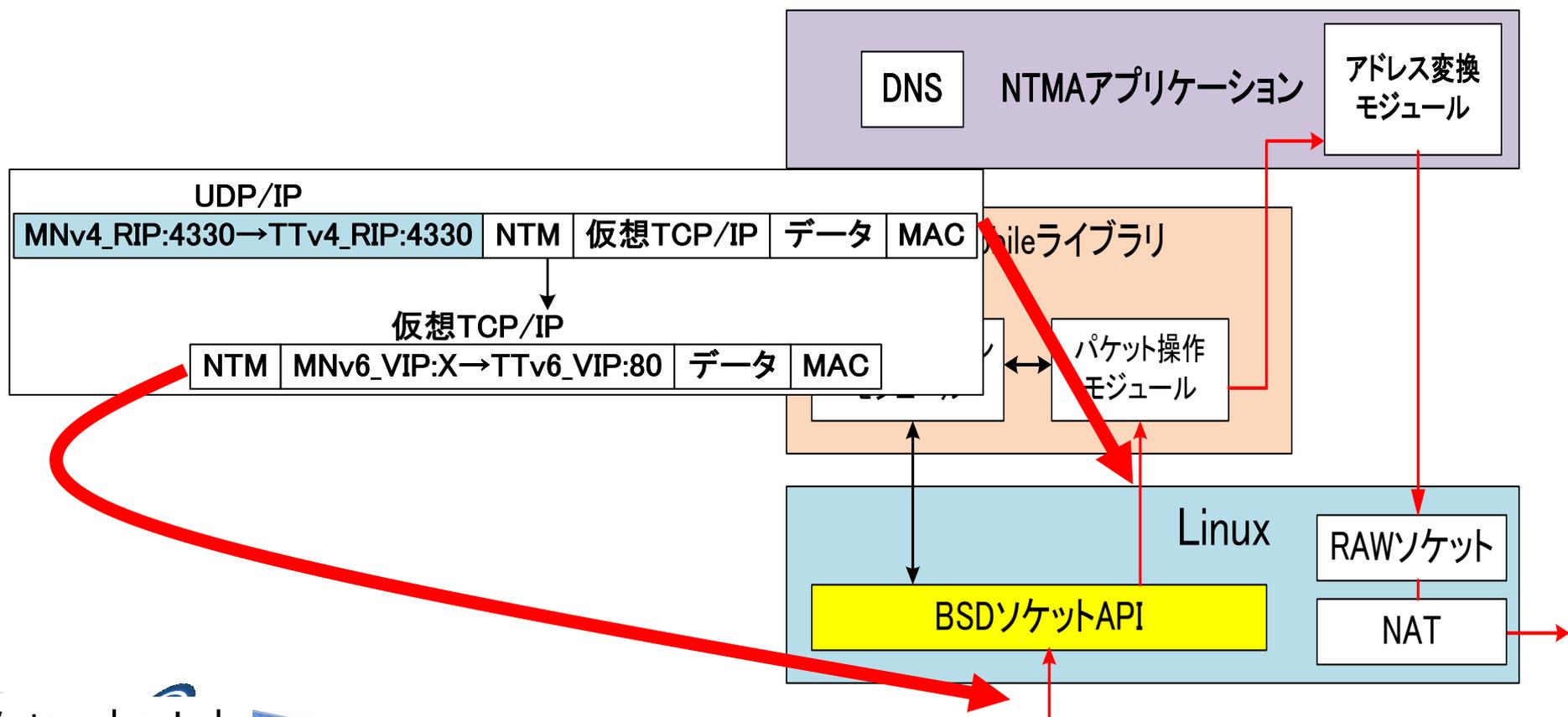
- ▶ Teredo使用端末どうしのIPv6通信時、Symmetric NAT配下では使用することができない



提案方式 モジュール構成

BSDソケットAPI

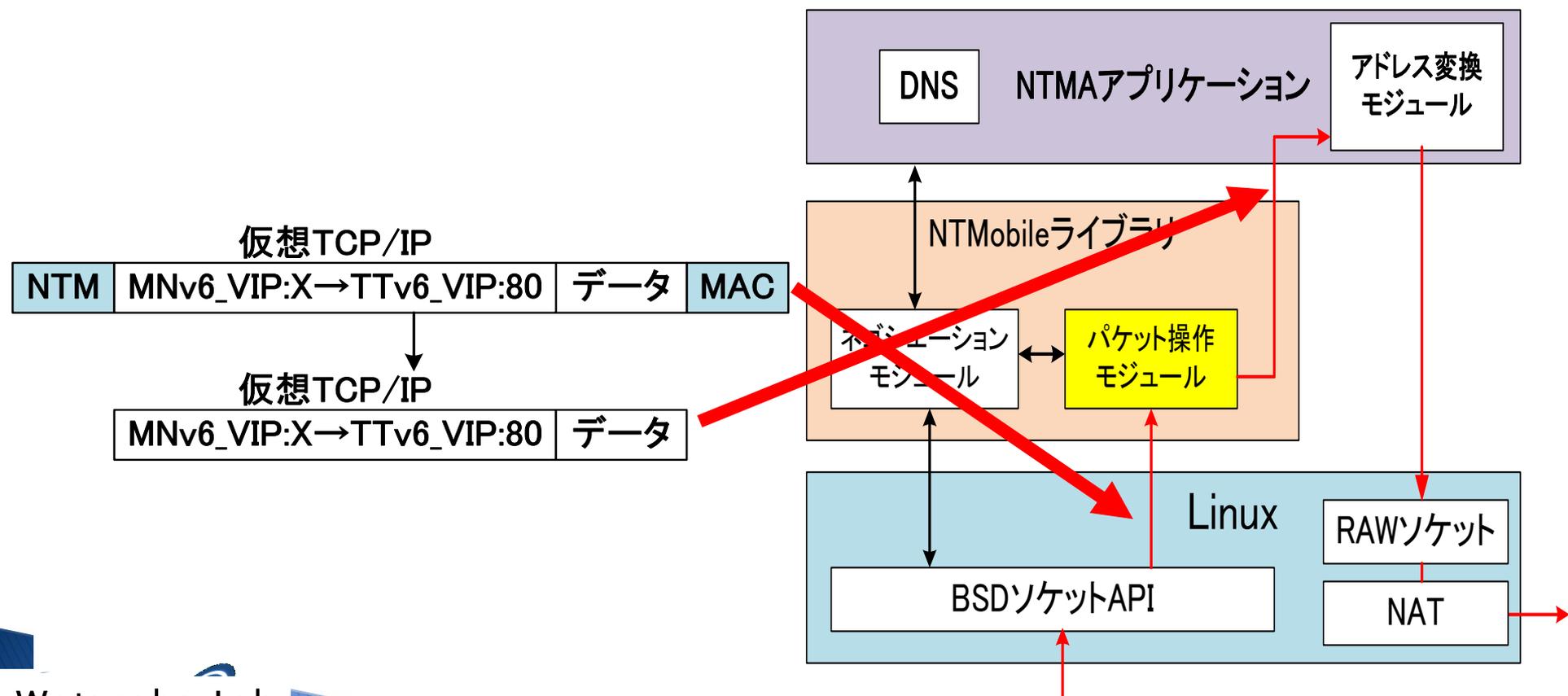
- ・C言語のソケットAPI
- ・パケットの送受信をNTM端末と行う(カプセル化/デカプセル化)



提案方式 モジュール構成

パケット操作モジュール

- ・NTMヘッダの付与/取り外し
- ・MACの付与/取り外し



提案方式 モジュール構成

RAWソケット

- ・パケットに変化を与えずに送信/受信をGNと行う

