

NTMobile機能を持つアダプタの実現方式の検討

130441034 尾久 史弥

渡邊研究室

1. はじめに

現状のネットワークは、NAT を利用してプライベートネットワークを構築することが一般的である。しかし、グローバル側の端末からプライベート側の端末に対して通信を開始できない問題がある (NAT 越え問題)。

この問題を解決するための技術として、著者らは NT-Mobile(Network Traversal with Mobility) を提案している [1]。NTMobile は、NTMobile framework(NTMfw) と呼ばれるアプリケーションをエンド端末に組み込むことにより、NAT の有無に関わらず双方向通信を実現する。しかし、組み込み型家電や安定性を重視するサーバなどは新たな機能の組み込みが出来ない場合がある。そこで一般端末に隣接設置し、一般端末の通信を NTMobile 通信に変換するアダプタ (以下 NTMA) の実現方式について検討した。本論文では、NTMA をイニシエータ側の一般端末に設置した場合の動作について確認したので記述する。

2. NTMobile の概要

NTMobile は、NTMfw を実装した端末 (NTM 端末)、NTM 端末の実 IP アドレスと仮想 IP アドレスの管理、及び通信経路を指示する DC(Direction Coordinator) によって構成される。

NTM 端末は、起動時に DC に対して実 IP アドレスを登録するとともに、位置に依存しない仮想 IP アドレスの割り当てを受ける。NTM 端末のアプリケーションは、仮想 IP アドレスに基づいて通信を行う。実際の通信は、実 IP アドレスで全パケットをカプセル化し、UDP 通信を行う。DC が適切に通信経路を両 NTM 端末に指示することにより、通信経路上に NAT が存在しても常に双方向通信が実現できる。

3. NTMfw の概要

NTMfw は、アプリケーション層で動作する通信ライブラリであり、上位アプリケーションに対して、NTMobile 通信用のソケット API を提供する。NTMfw において NTMobile 通信を実現する方法は、以下の通りである。

データを送信する場合は、NTMfw の機能によって、送信元/宛先アドレスが仮想 IP アドレスの IP パケットを生成し、さらに NTM ヘッダを追加する。このパケットをデータとみなして、Linux が提供する UDP ソケットによりカプセル化して送信する。データを受信する場合は、受信したパケットを Linux が提供する UDP ソケットで受信した後、NTMfw によって NTM ヘッダを除去し、さらに lwIP によってユーザデータを上位アプリケーションに渡す。

4. NTMA の実現

4.1 想定するネットワーク構成

NTMA は物理 NIC を 2 枚用意して、一方は NAT 配下の一般端末 (GN: General Node) とブリッジ接続し、他方はインターネット側とブリッジ接続する。GN の通信相手となる NTM 端末は、NAT 経由でプライベートネットワークから接続されている。DC はインターネット上に設置する。NTM 端末と NTMA は、起動時に DC に対して実 IP アドレスの登録及び仮想 IP アドレスの割り当てを受け

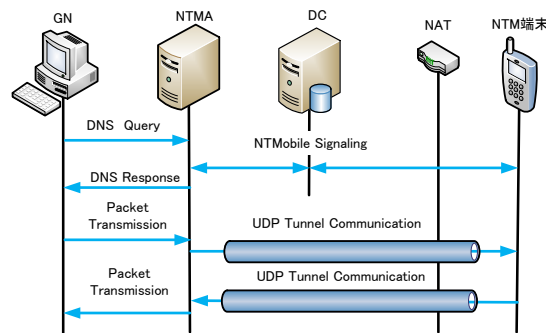


図 1: 提案方式の通信シーケンス

る。GN の IP アドレスには、NTMA が DC から割り当てられた仮想 IP アドレスを割り当てる。

4.2 提案方式のシーケンス

図 1 に提案方式の通信シーケンスを示す。通信開始時に、GN は相手 NTM 端末の FQDN を指定して DNS クエリを送信する。DNS クエリを受信した NTMA は、NTMfw の機能を利用して、NTMobile シグナリング処理により、DC の指示に従って NTMA と NTM 端末との間でトンネル構築を行う。トンネル構築終了後、NTMA は相手 NTM 端末の仮想 IP アドレスを取得するので、このアドレスを DNS レスポンスに乗せて GN へ送信する。次に GN は、相手 NTM 端末の仮想 IP アドレス宛にパケットを送信する。このパケットを受信した NTMA は、NTMfw の機能を利用して NTMA と相手 NTM 端末の実 IP アドレスでカプセル化して送信する。相手 NTM 端末からパケットが返信されてきた場合は、パケットを受信した NTMA が NTMfw によりデカプセル化を行い、一般通信のパケットに変換してから GN へ送信する。

5. 実装

提案方式を実装するにあたって、GN から送信されたパケットを RAW ソケットで IP ヘッダから受信して、受信したパケットを NTMfw の改造した API を介して相手 NTM 端末に送信する実装を行った。RAW ソケットを使用して、GN からの ARP 要求に対して、自身の MAC アドレスで ARP リプライを送信する実装を行った。

6. まとめ

本論文では、NTMobile を実装できない一般端末のために、一般端末に隣接設置して NTMobile 通信を代行する NTMA を提案した。また、試作により NTMA が動作できることを確認した。今後、NTMA のレスポンス側の機能について検討していく。

参考文献

- [1] 上醉尾一真ほか：情報処理学会論文誌，Vol.54, No.10, pp2288-2299, (2013)

NTMobileアダプタの実現方式の検討

渡邊研究室

130441034

尾久 史弥



研究背景 -現状のネットワーク-

◆ 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

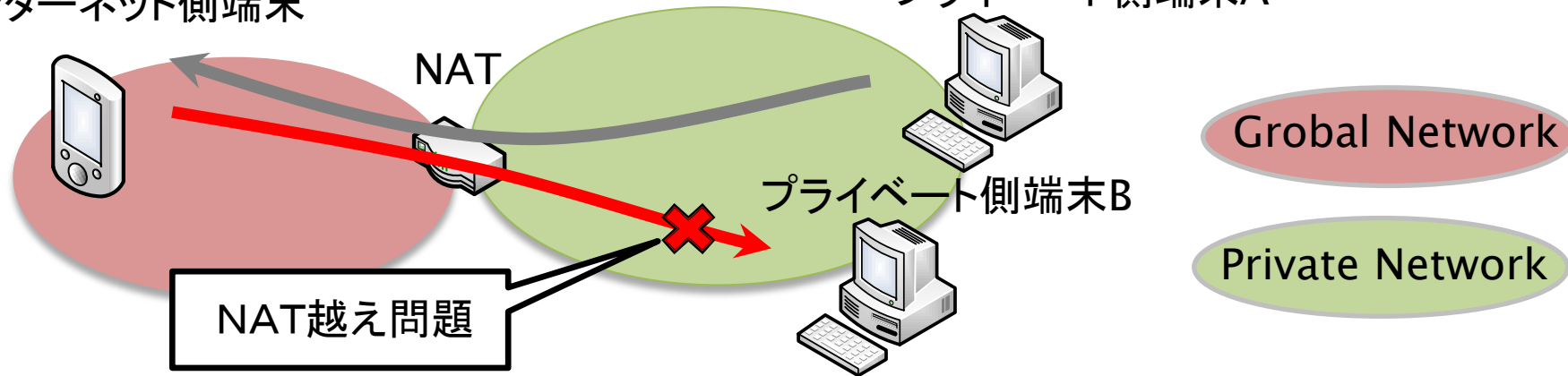
- NATを利用したプライベートネットワークの構築が一般的

◆ NAT越え問題

➤ インターネット側端末から通信を開始できない

インターネット側端末

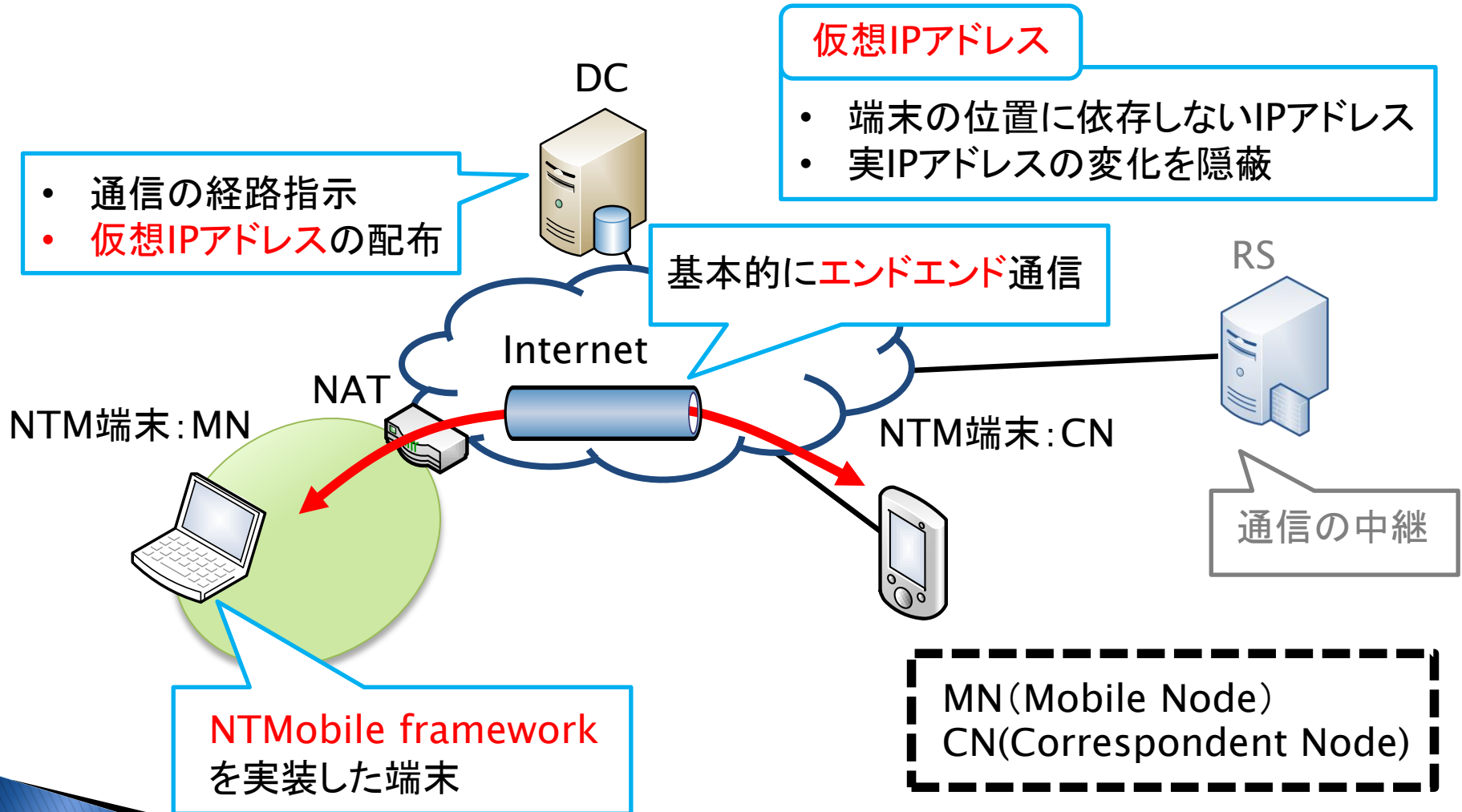
プライベート側端末A



NAT越え問題を解決する技術
NTMobile(Network Traversal with Mobility)が提案されている

NTMobile(Network Traversal with Mobility)

- NAT越え問題を解決する技術
- NTM端末, DC(Direction Coordinator), RS(Relay Server)で構成



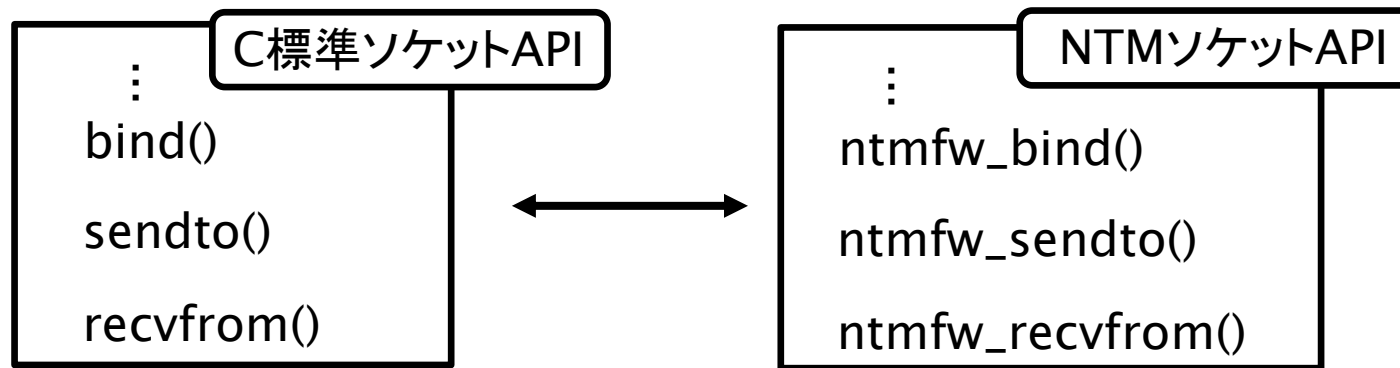
NTMobileの課題

- NTMobileはLinuxで動作が確認されている

✗ Linux以外のOSは未対応

✗ NTMfwが未実装の端末

- NTMfw(NTMobile framework)を組み込めない



✗ 組み込み型の家電

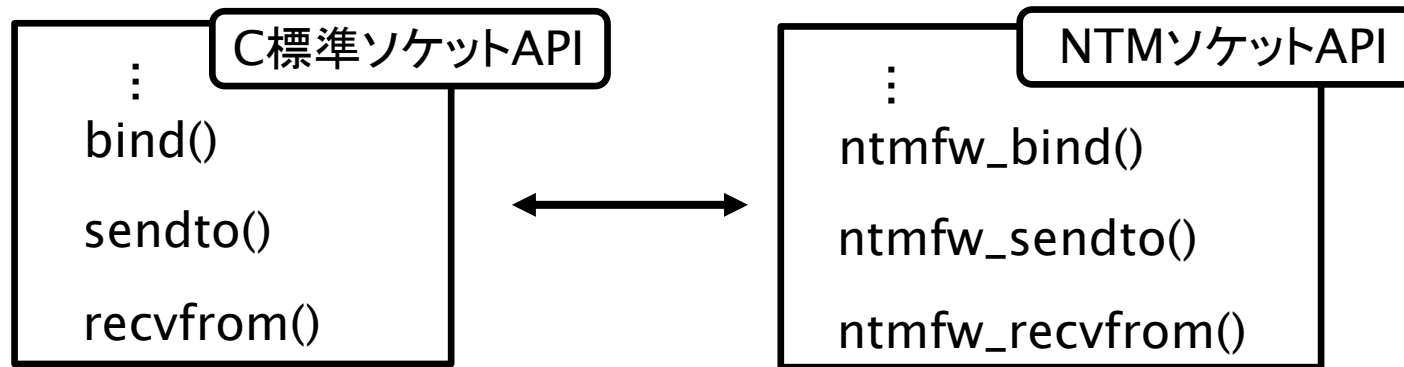
- 工場出荷後はプログラムを書き換えられない

✗ サーバー

- 安定性を重視することから、新しい機能の追加が許可されない

NTMobileの課題

- NTMobileはLinuxで動作が確認されている
 - ✗ Linux以外のOSは未対応
 - ✗ NTMfwが未実装の端末
- NTMfw(NTMobile framework)を組み込めない

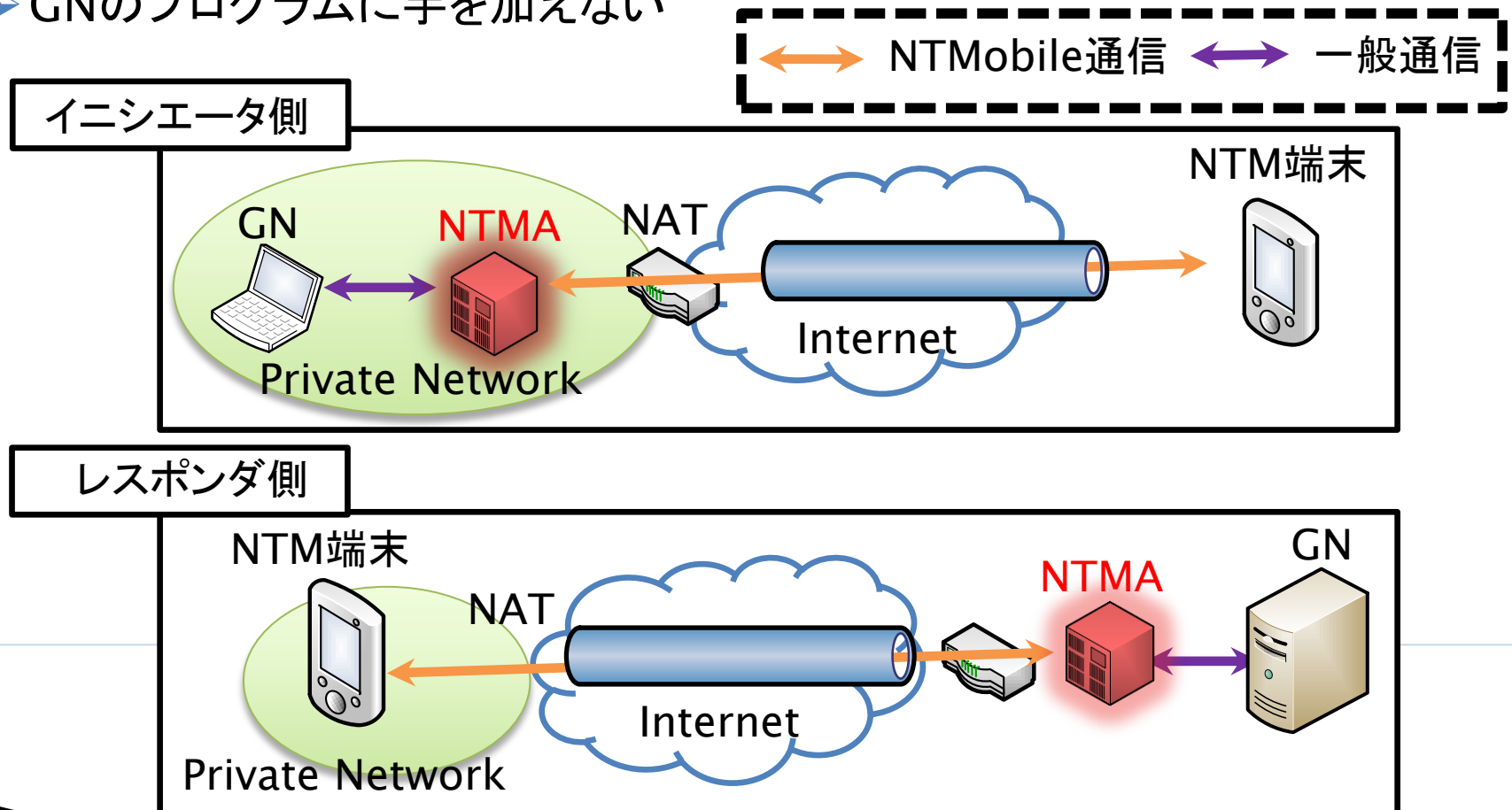


✗ 組み込み型の家電

NTMobileアダプタ(NTMA)の提案

研究目的 (1)

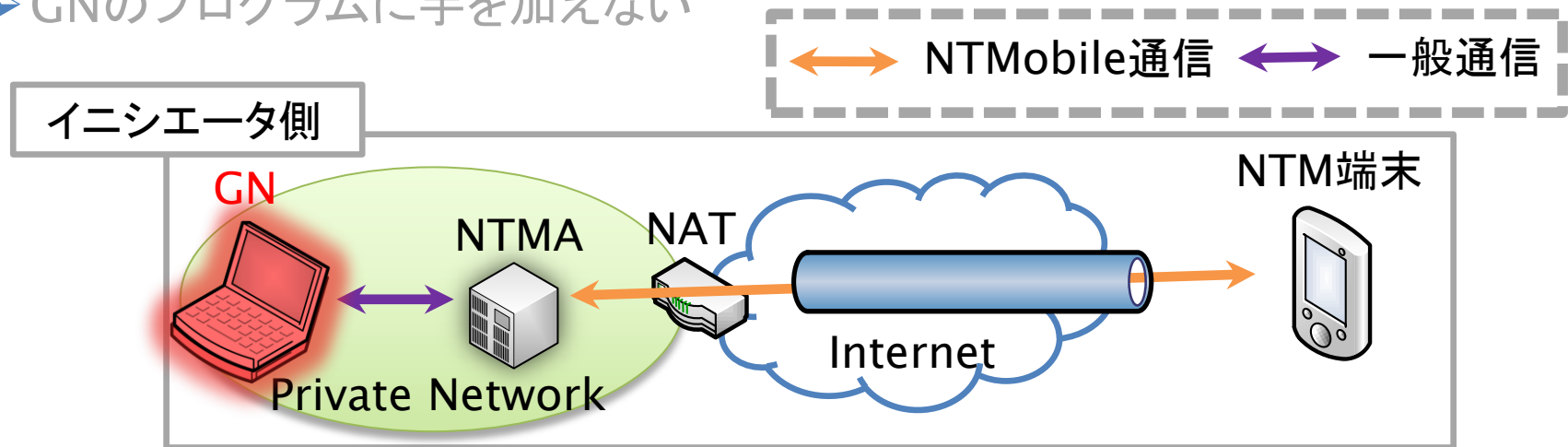
- 一般端末(GN:General Node)に**NTMA**を隣接設置
 - GNの通信をNTMobile通信に変換
 - GNのプログラムに手を加えない



研究目的 (2)

■ 一般端末にNTMAを隣接設置

- 一般端末(GN:General Node)の通信をNTMobile通信に変換
- GNのプログラムに手を加えない



GNの想定環境

- ✓ Windows PC
- ✓ NTMfw未実装端末

NTMobileの課題

- ✓ NTMfwが未実装
- ✗ Windowsは未対応
- ✗ NTMfwが未実装の端末

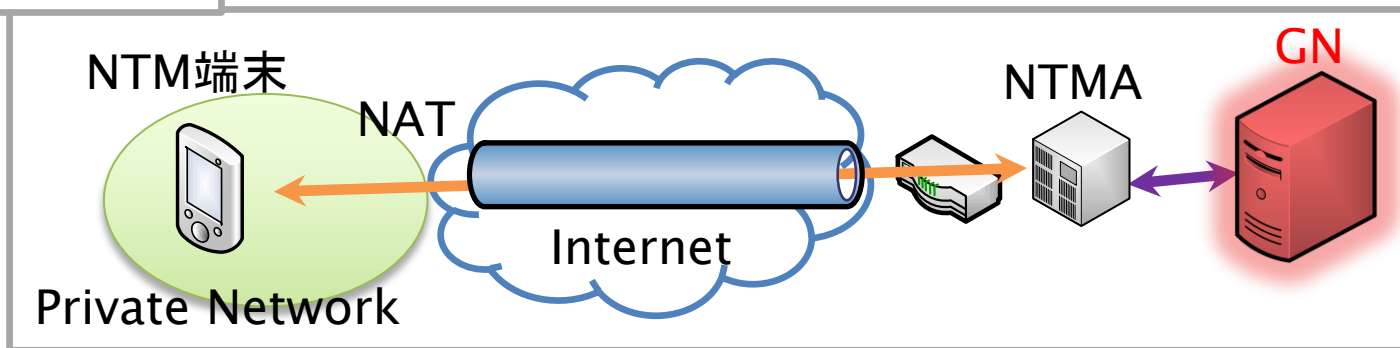
研究目的 (3)

■ 一般端末にNTMAを隣接設置

- 一般端末(GN:General Node)の通信をNTMobile通信に変換
- GNのプログラムに手を加えない



レスポнда側



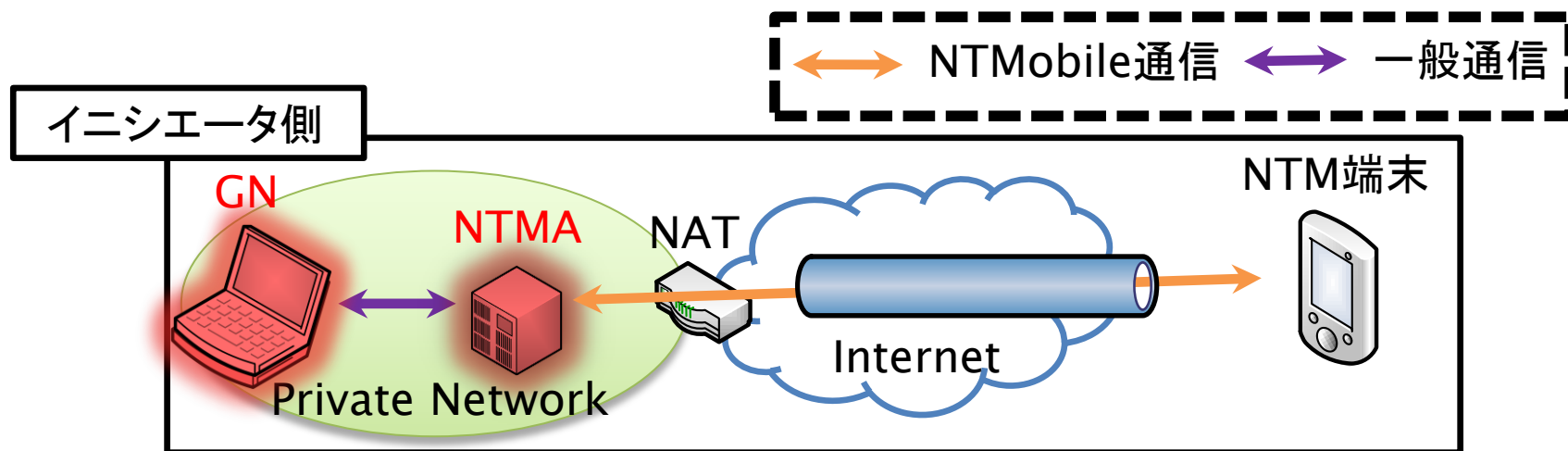
GNの想定環境

- ✓ サーバー
- ✓ 組み込み型家電

NTMobileの課題

- ✓ NTMfwを組み込めない
- ✗ 新しい機能の追加が許可されない
- ✗ 工場の出荷後はプログラムを書き換えれない

研究目的 (4)



GNの想定環境

- ✓ Windows PC
- ✓ NTMfw未実装端末

NTMobileの課題

- ✓ NTMfwが未実装
- ✗ Windowsは未対応
- ✗ NTMfwが未実装の端末

イニシエータ側NTMAの動作について確認

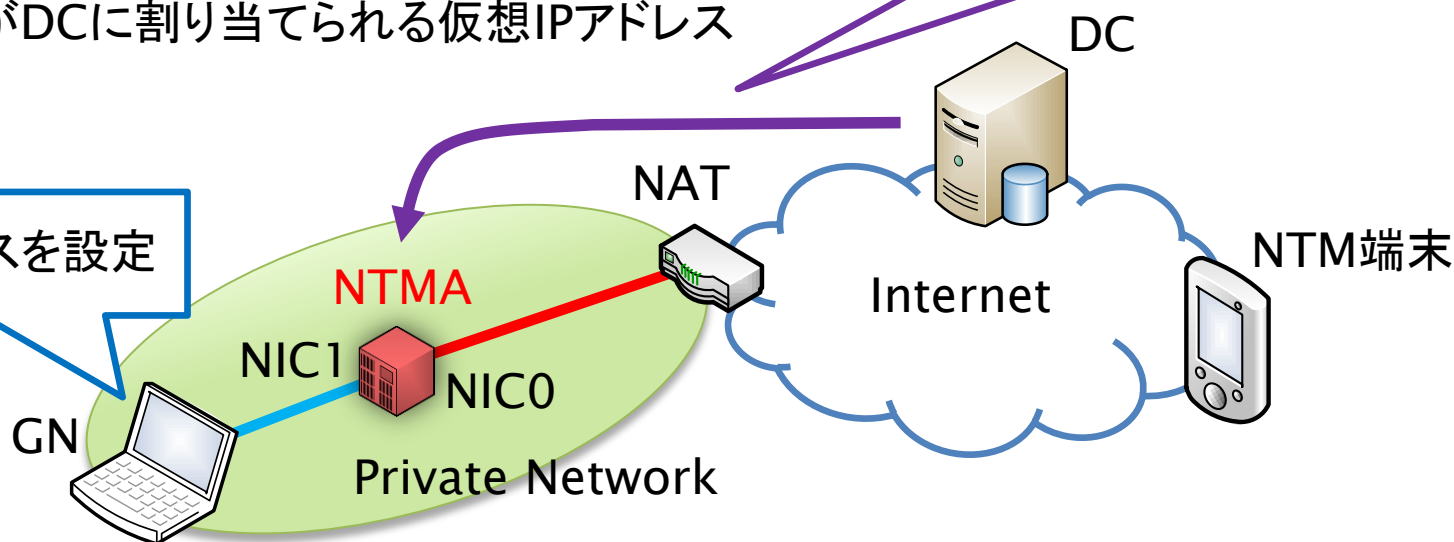
提案方式の構成

- NICを2枚用意
 - NIC0をインターネット側にブリッジ接続
 - NIC1をGNにブリッジ接続
- GNに仮想IPアドレスを設定
 - NTMAがDCに割り当てられる仮想IPアドレス

NIC: Network Interface Card
✓ LANに接続するための装置

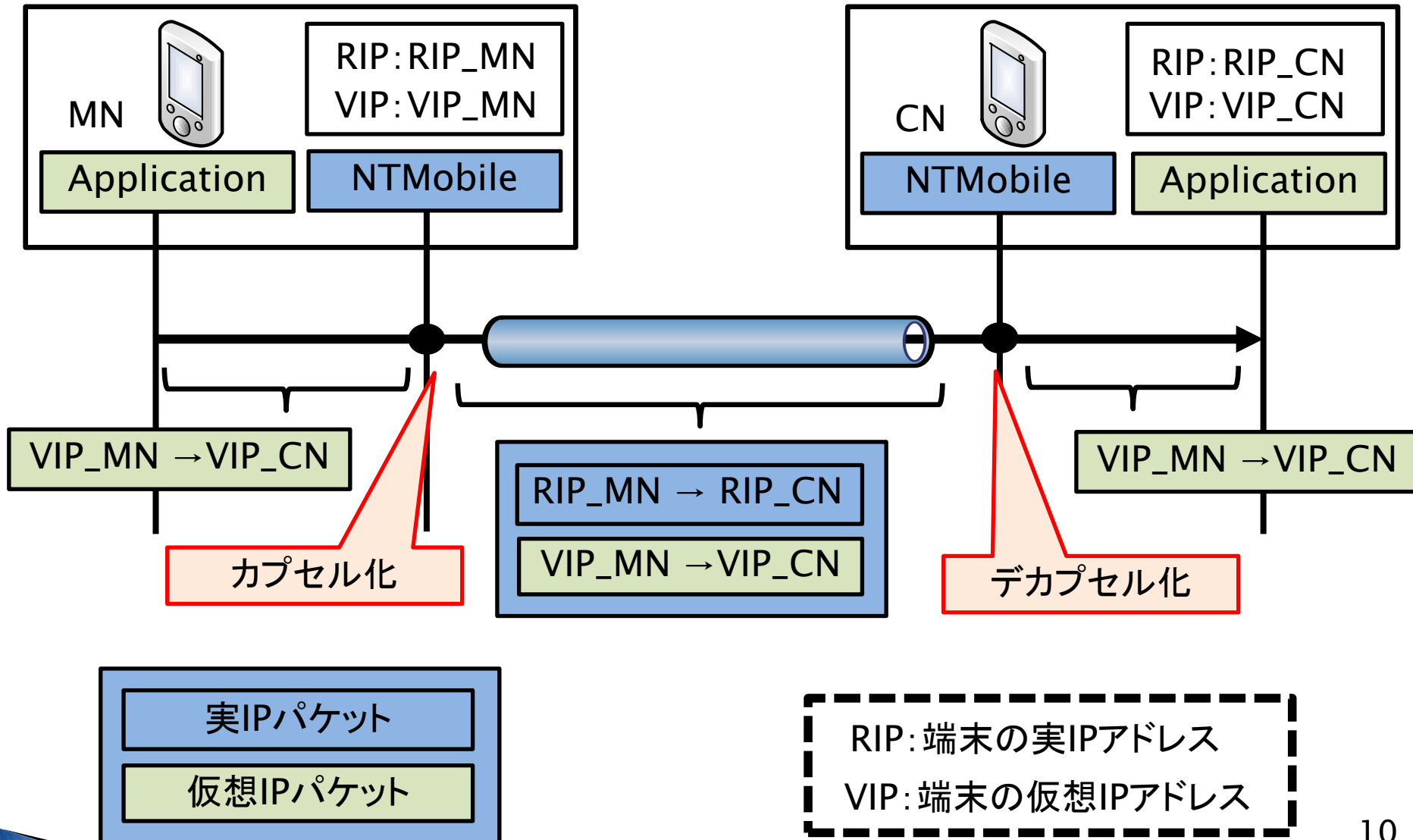
仮想IPアドレスの割り当て

仮想IPアドレスを設定

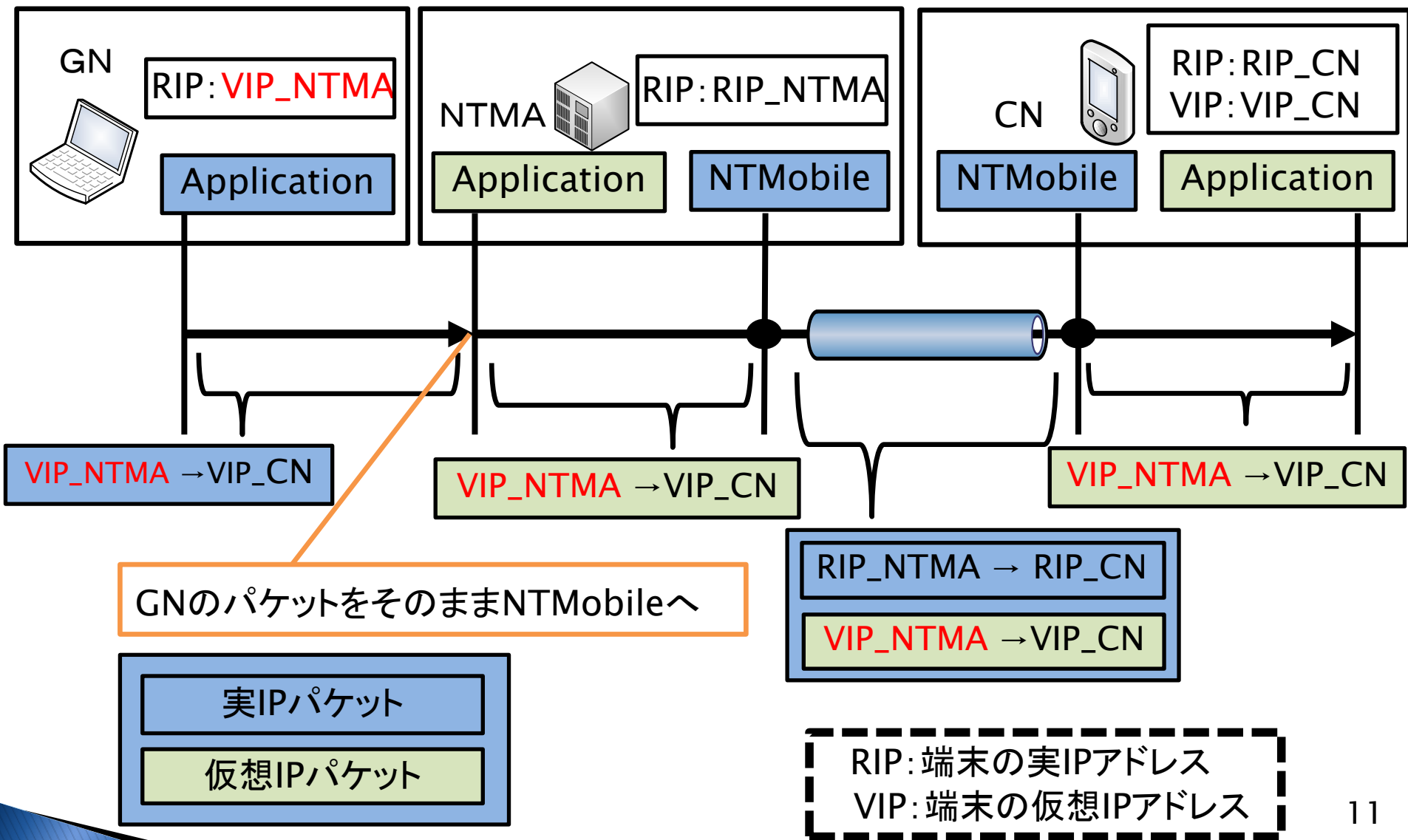


イーサネット0 イーサネット1

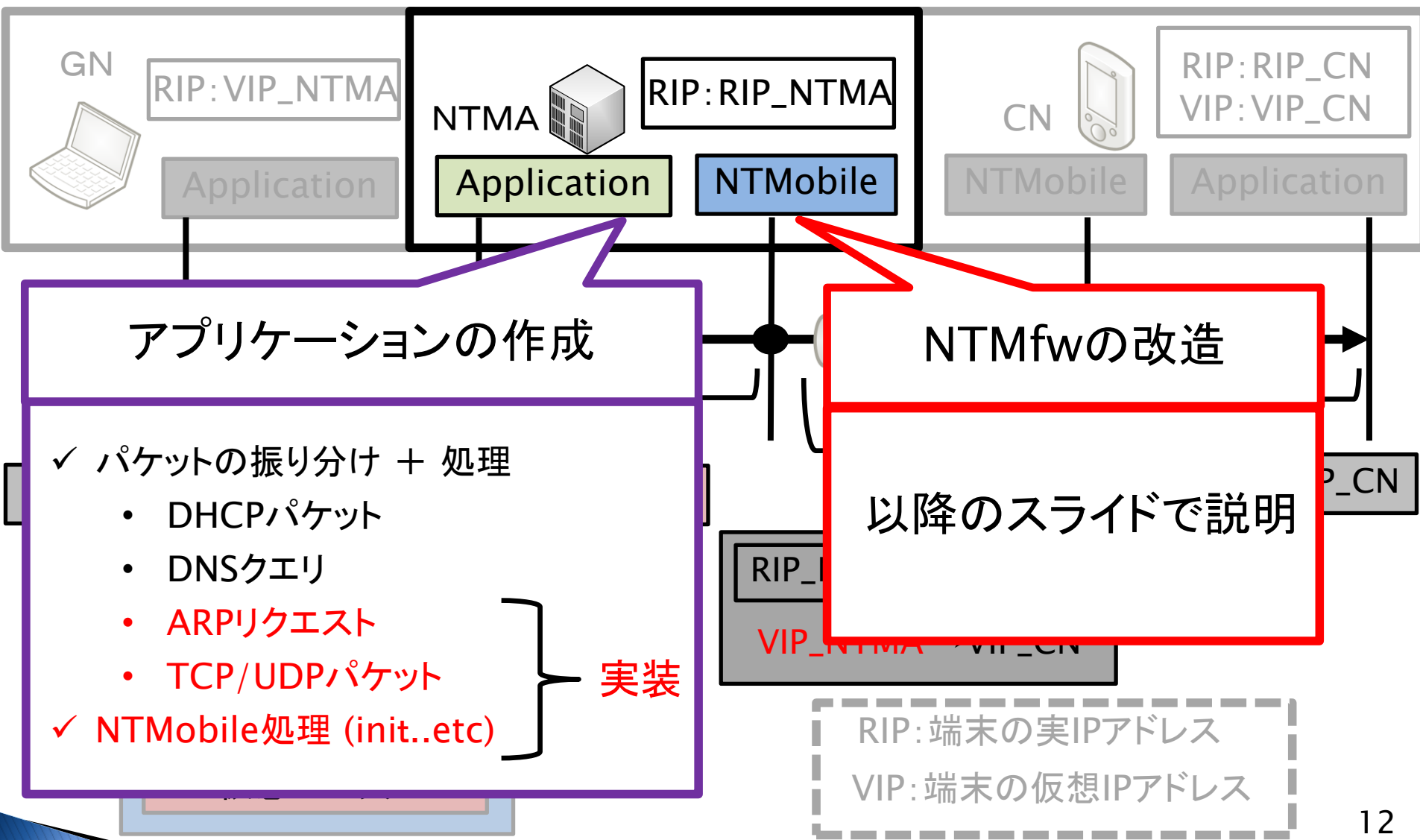
NTMobile -通信時-



提案方式 -通信時-



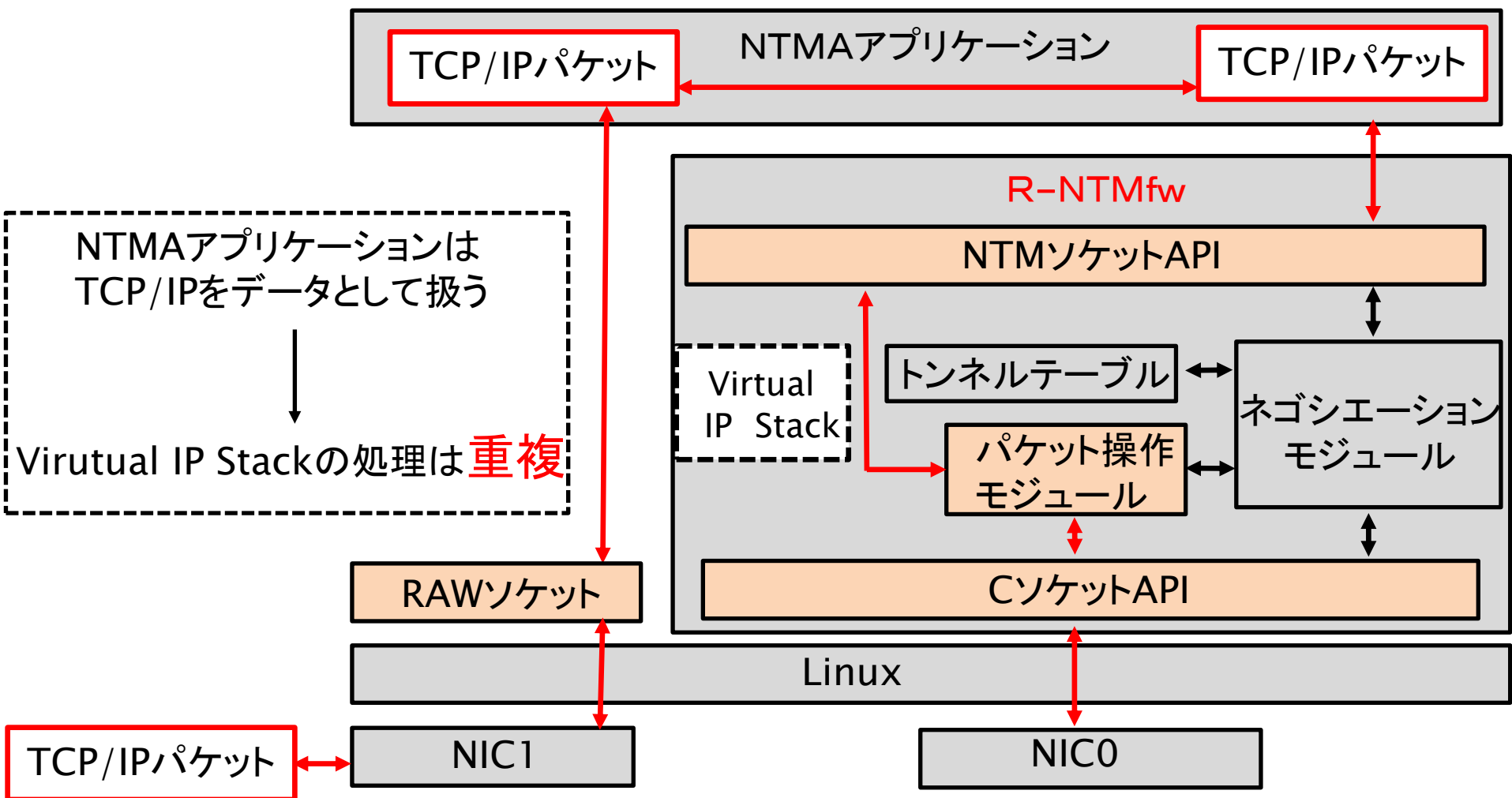
提案方式 -通信時-



R-NTMfw(Remodeled NTMfw)

- R-NTMfw

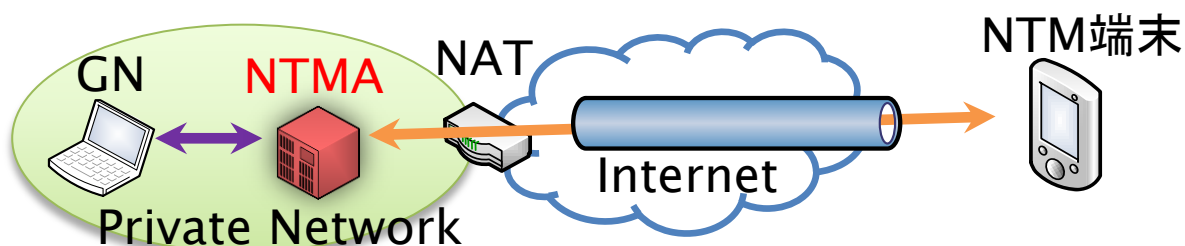
- NTMfwを改造したアプリケーション



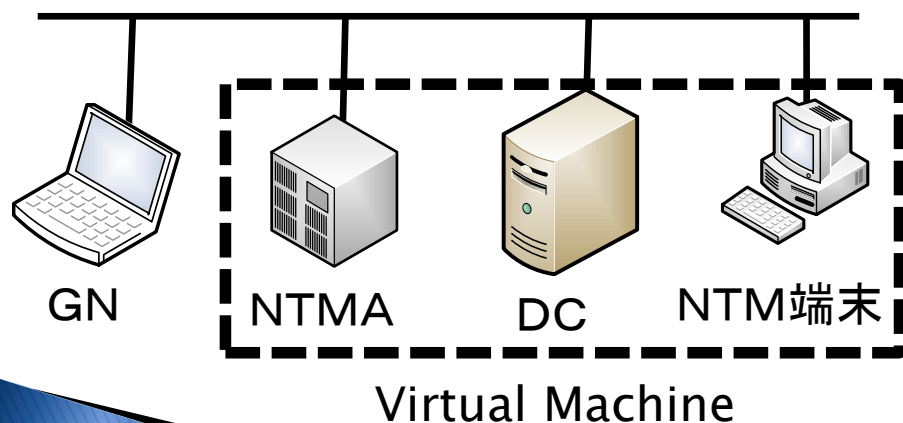
※Virutual IP Stack: TCP/IPの処理をアプリケーション上で行う 13

動作検証

- 提案方式をLinux上に実装
 - 一般通信をNTMobile通信に変換する動作を確認



- 測定環境
 - 仮想マシン上にNTMAを実装
 - 仮想マシン上にNTM端末, DCを構築
 - Windows実機のGN



NTMA(Virtual Machine)	
OS	Ubuntu 14.04
CPU	Intel Corei7-930(2.80GHz)
Memory	2GB

性能評価

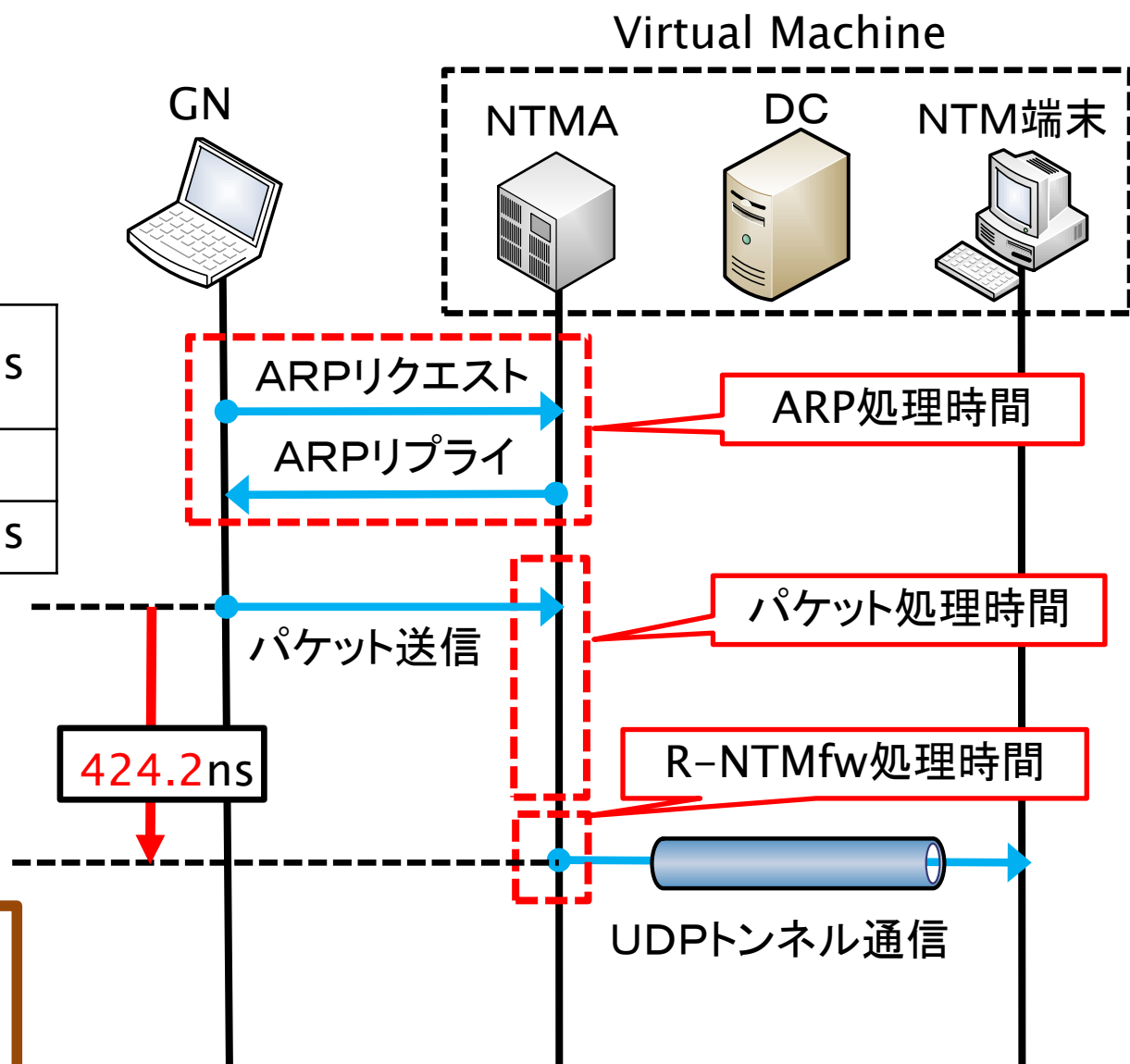
10回の平均値

パケット中継に 要する時間	424.2ns
パケット処理時間	15.5ns
R-NTMfw処理時間	408.7ns

ARP処理時間	485.7ns
---------	---------

424.2ns

一般通信をNTMobile通信に
変換する時間は**僅か**



まとめ

■ NTMobileアダプタの実現方式の検討

- 一般端末にNTMAを隣接設置
 - 一般通信をNTMobile通信に変換
 - 一般端末のプログラムに手を加えない

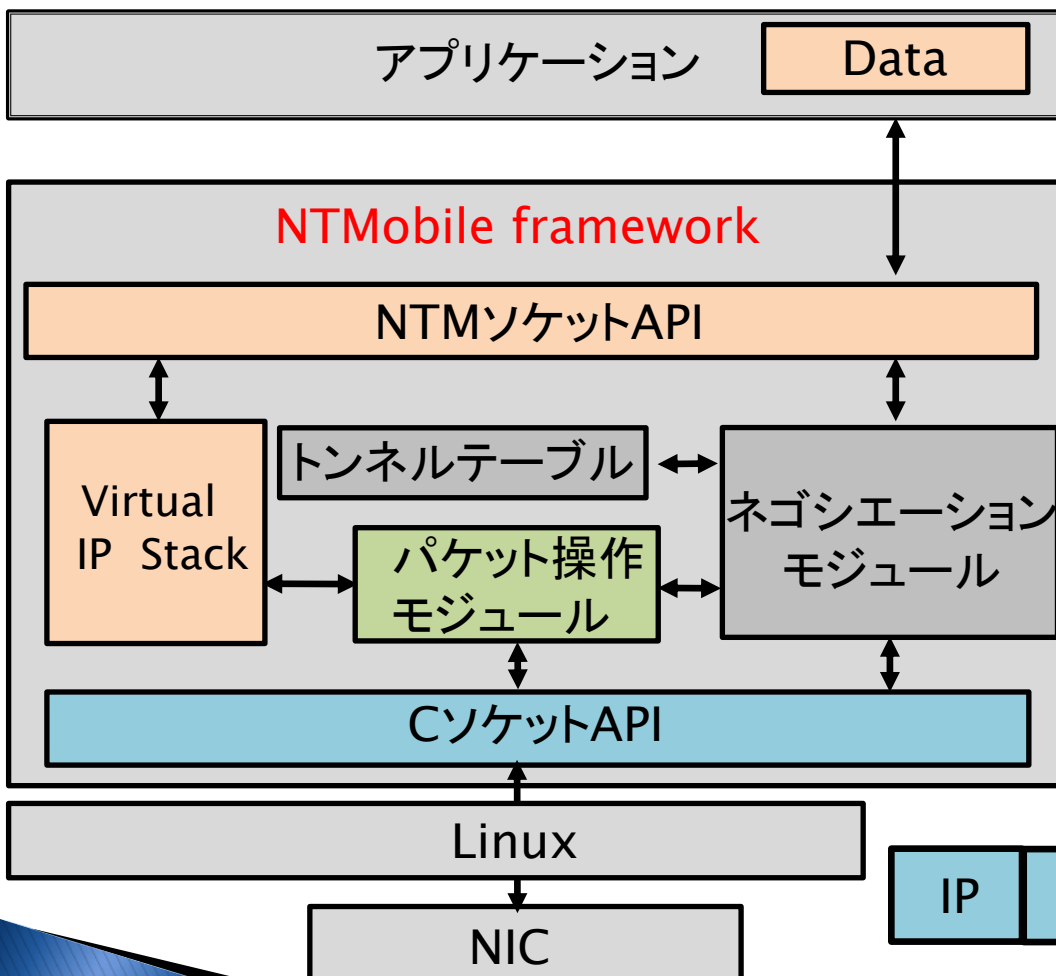
■ 今後の方針

- イニシエータ側NTMAの実装の完了
- レスポнда側NTMAの機能について検討・実装
- NTMAの機能拡張に向けて検討

付録

NTMfw (NTMobile framework)

- アプリケーション層で動作する通信ライブラリ
 - 上位アプリケーションにNTMobile機能を提供



● NTMソケットAPI

- 上位アプリケーションにNTMソケットAPIを提供

```
ntmfw_sedto()..etc
```

● Virtual IP Stack

- 仮想IPパケットの生成



● パケット操作モジュール

- 暗号化・MAC付与



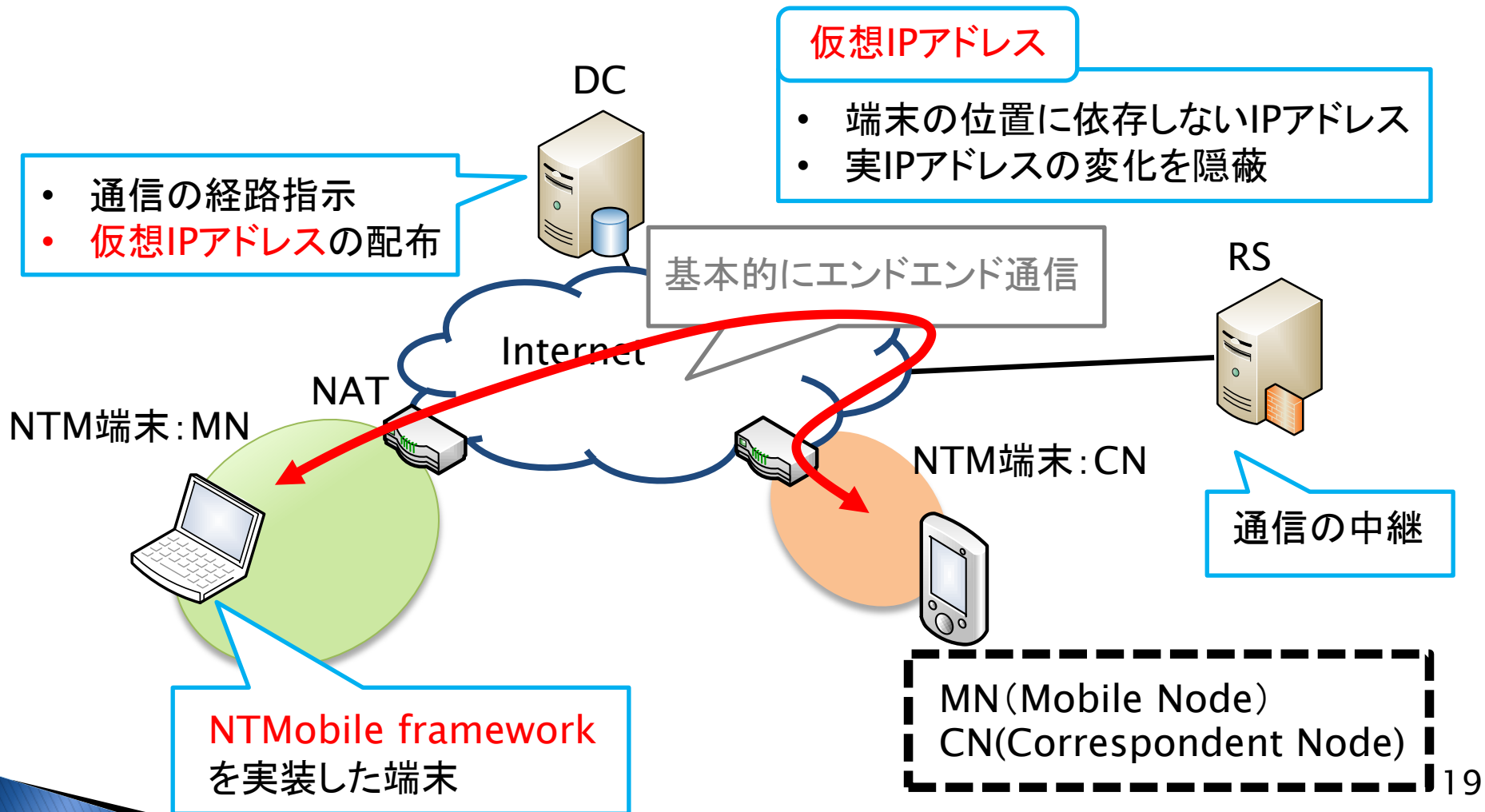
● CソケットAPI

- Linuxが提供するCソケット

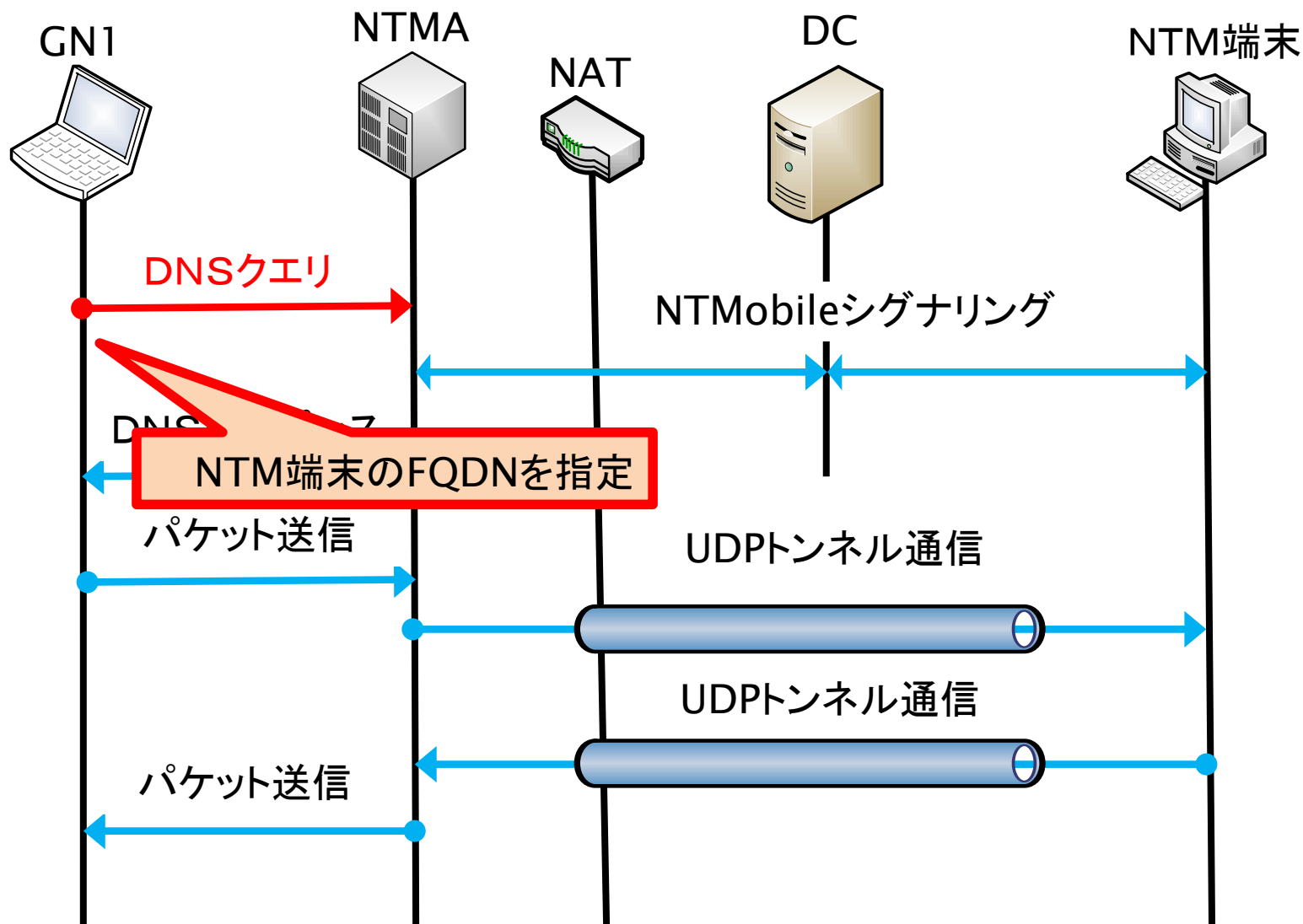


NTMobile(Network Traversal with Mobility)

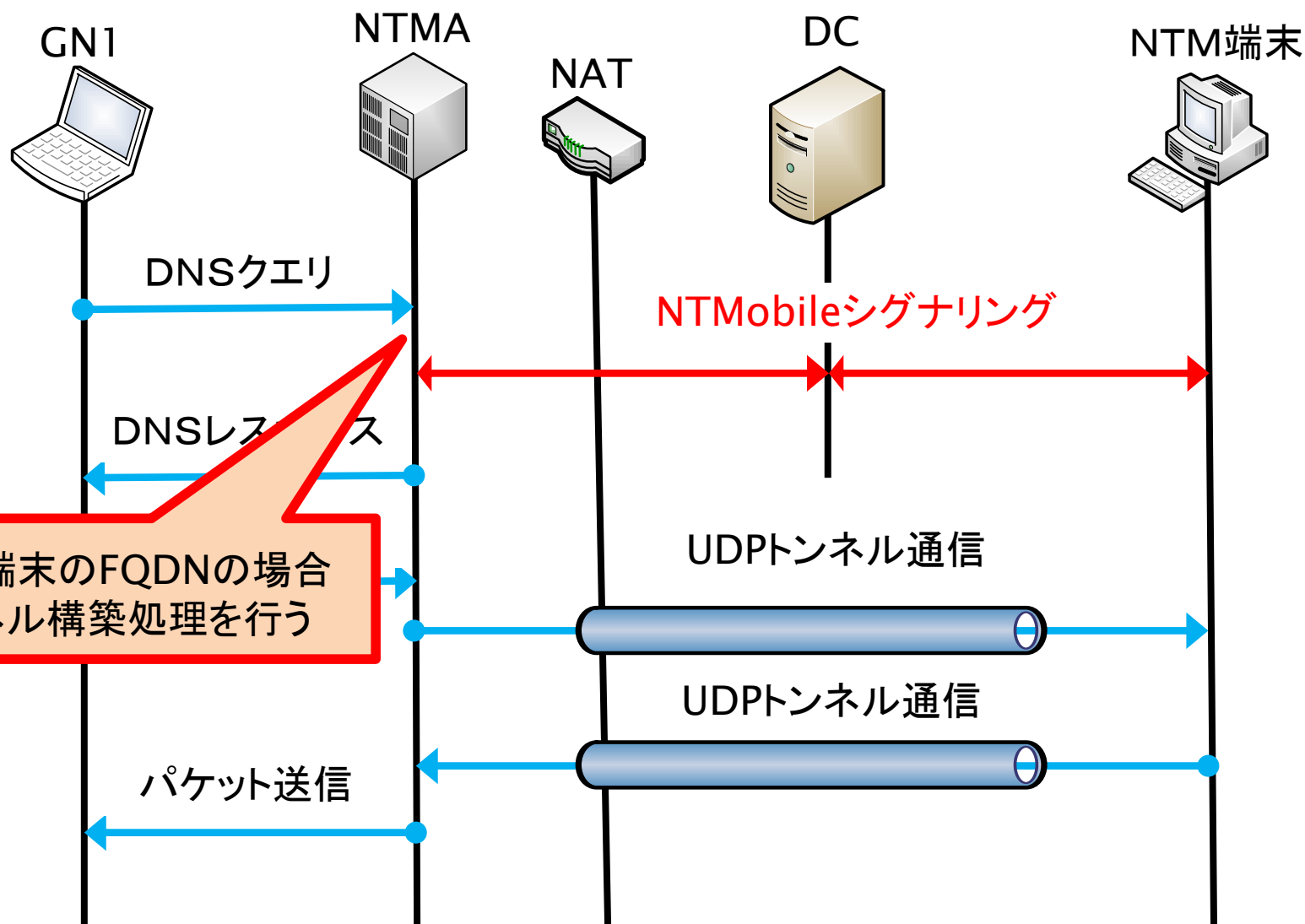
- NAT越え問題を解決する技術
- NTM端末, DC(Direction Coordinator), RS(Relay Server)で構成



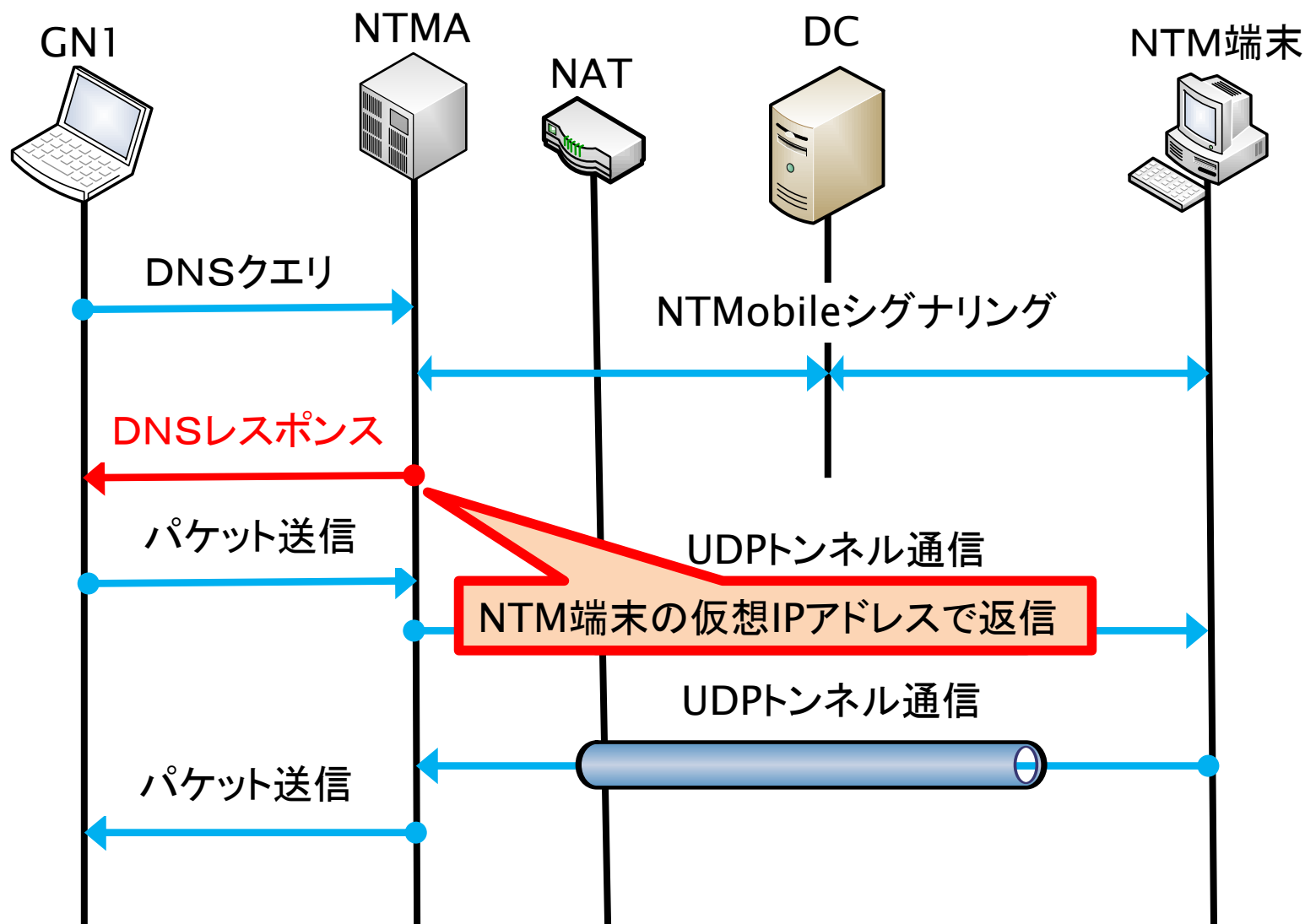
提案方式 -動作シーケンス-



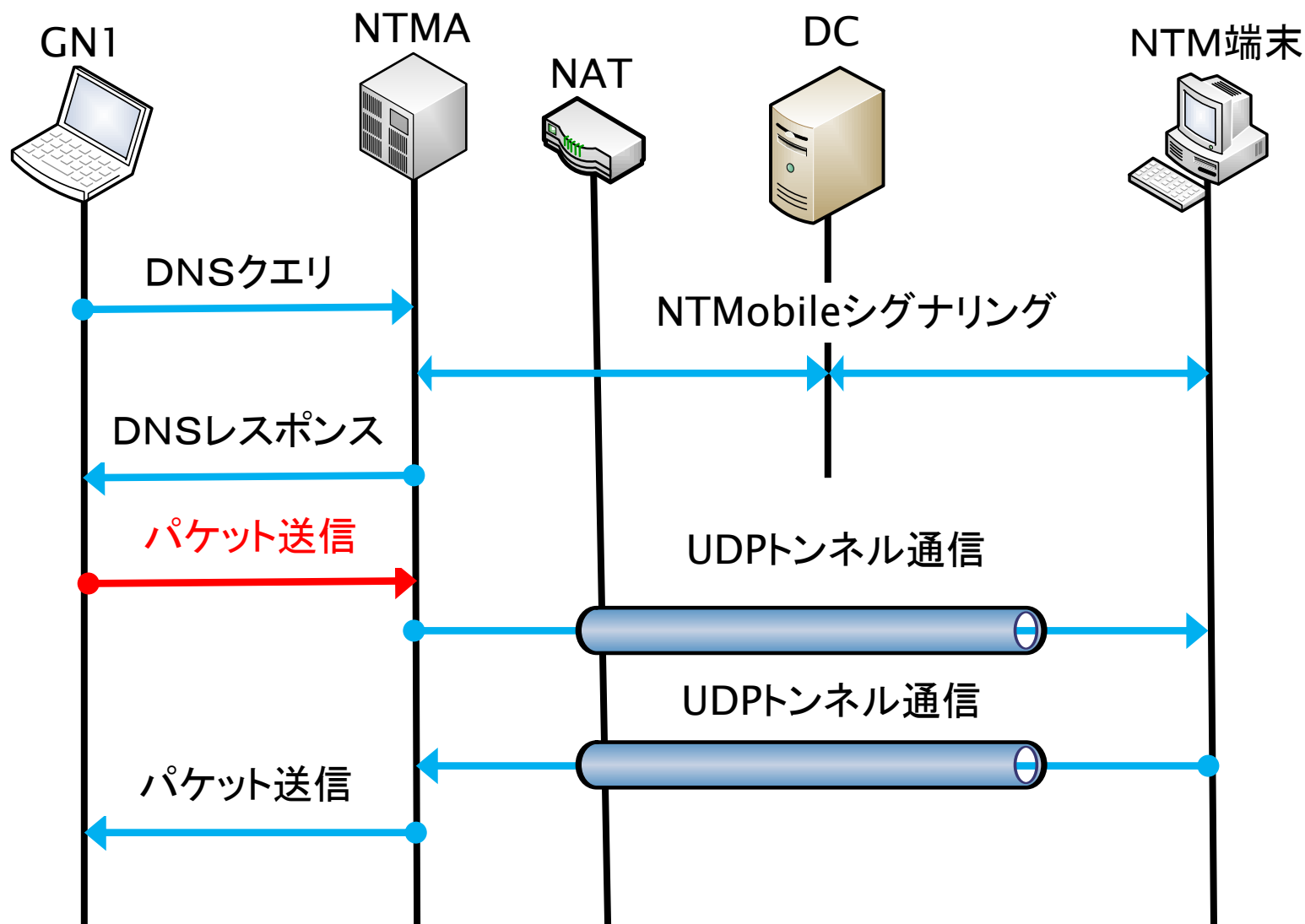
提案方式 -動作シーケンス-



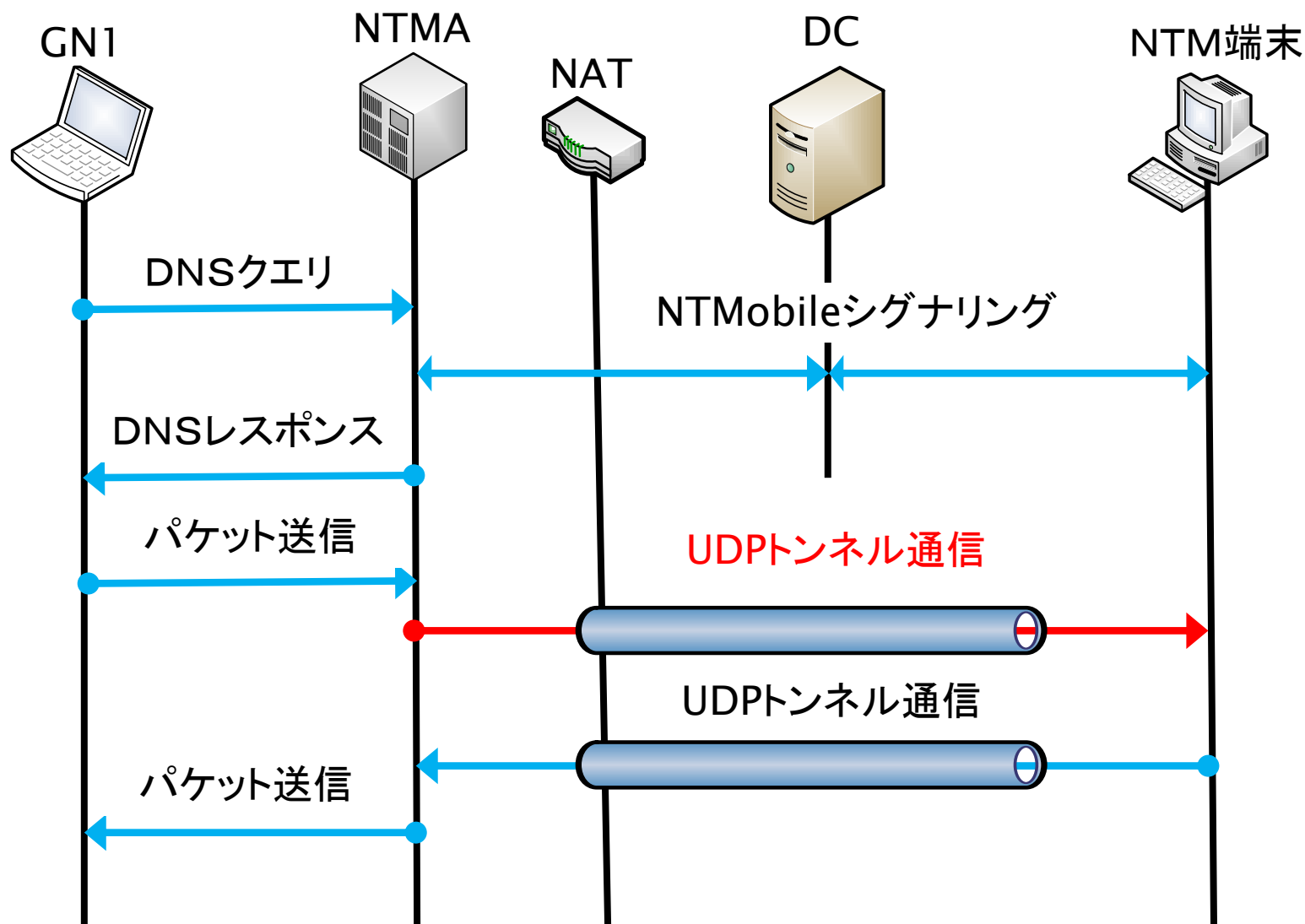
提案方式 -動作シーケンス-



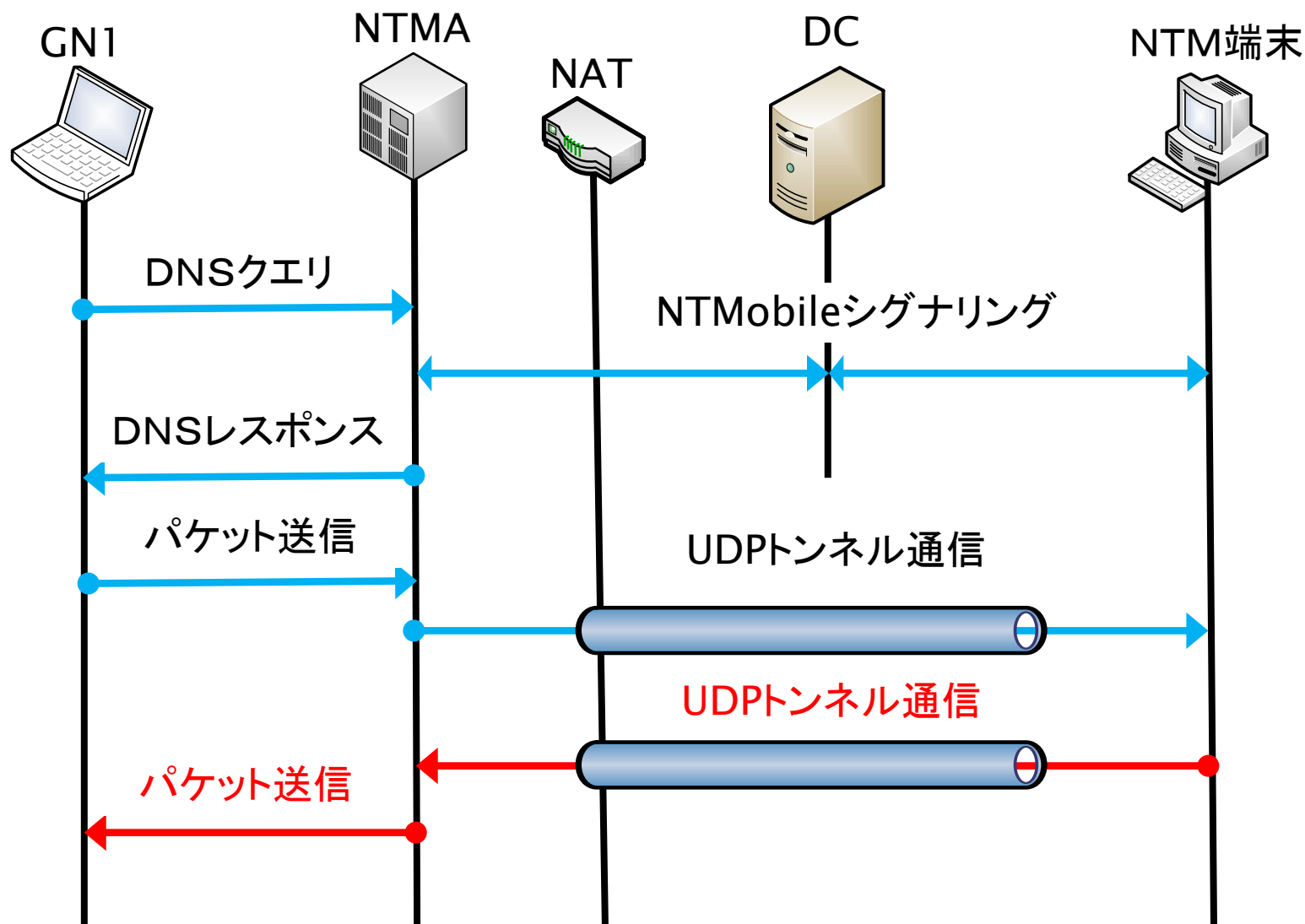
提案方式 -動作シーケンス-



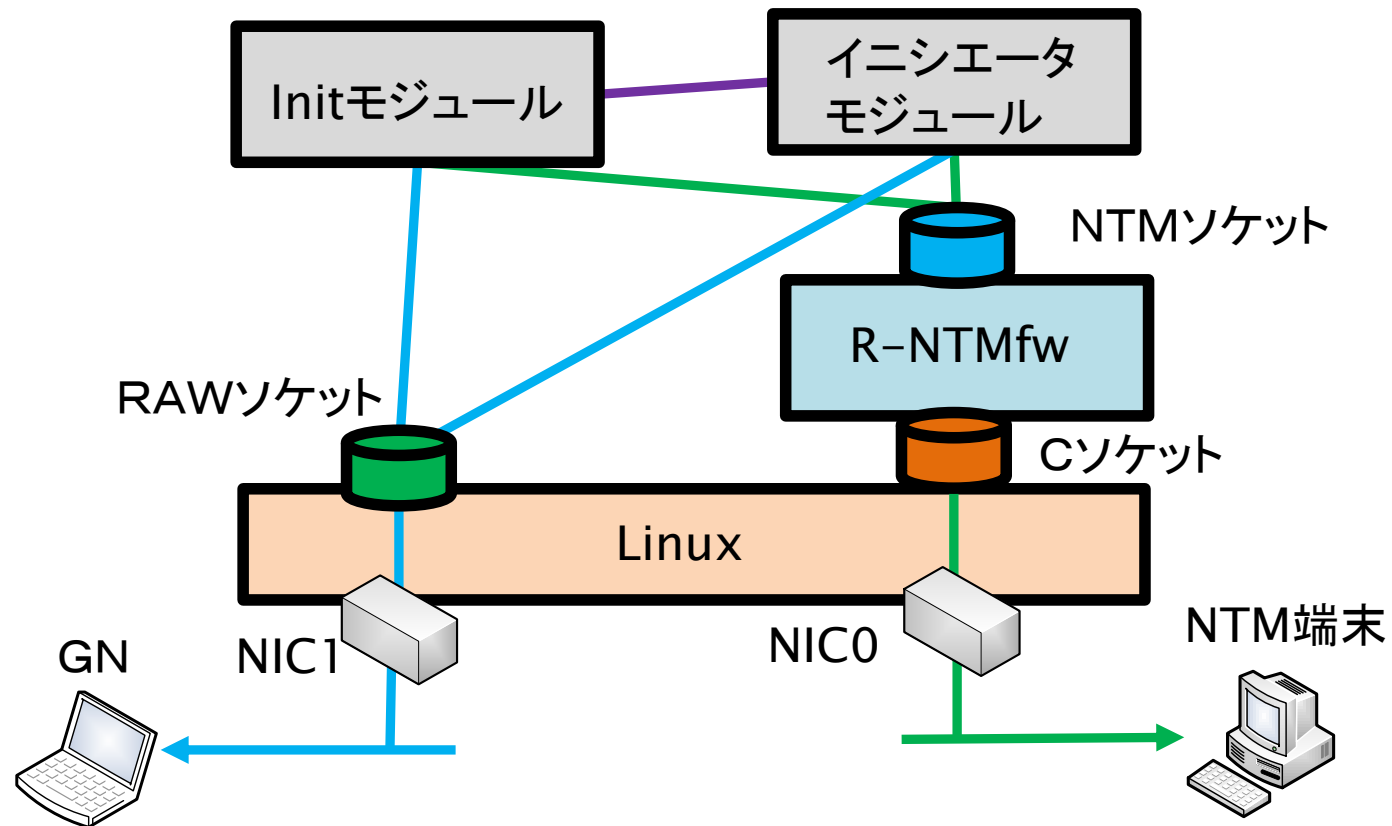
提案方式 -動作シーケンス-



提案方式 -動作シーケンス-

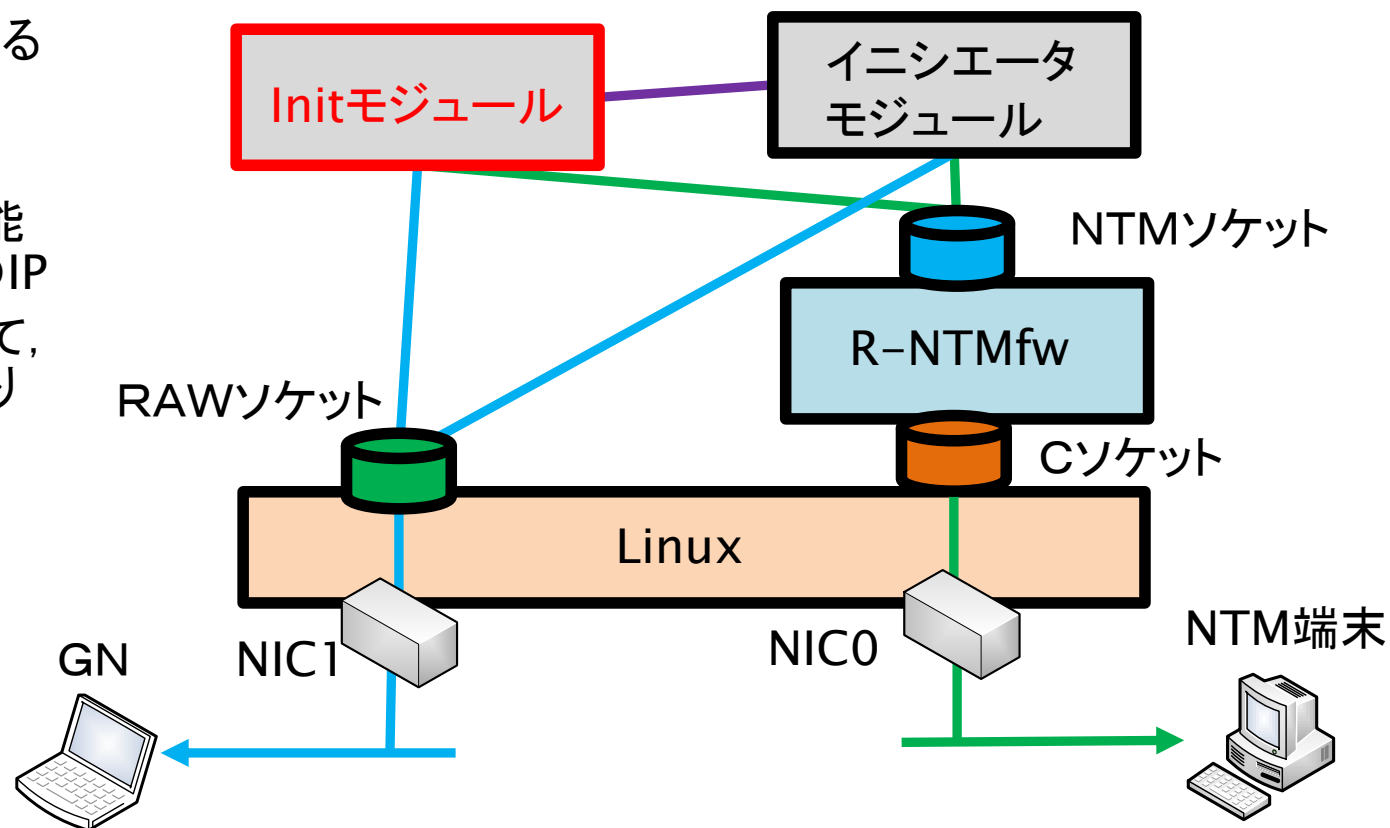


NTMAのモジュール構成



NTMAのモジュール構成

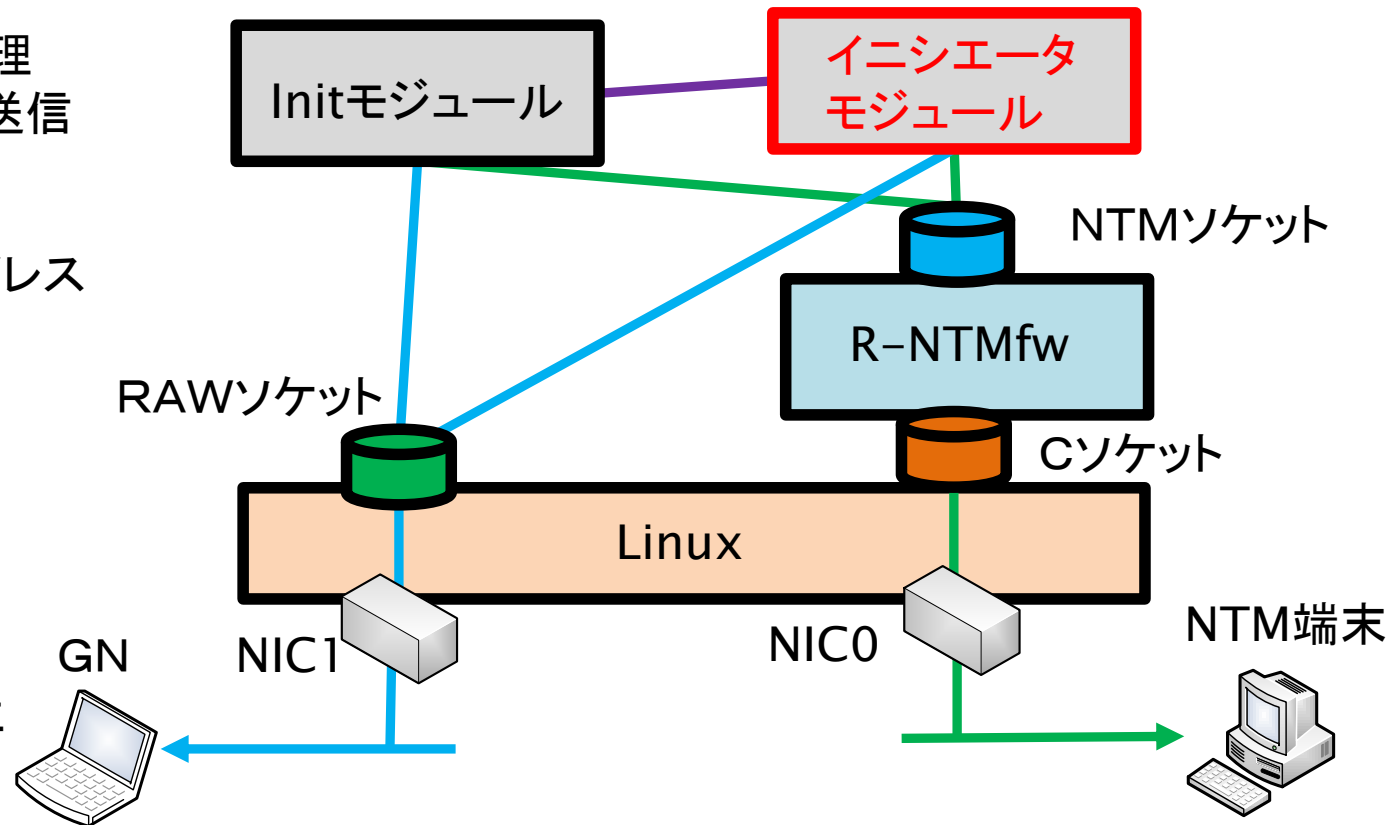
- DCから仮想IPアドレスの割り当てを受ける
- DHCPサーバの機能を包含し、GNからのIPアドレス要求に対して、仮想IPアドレスを割り当てる.



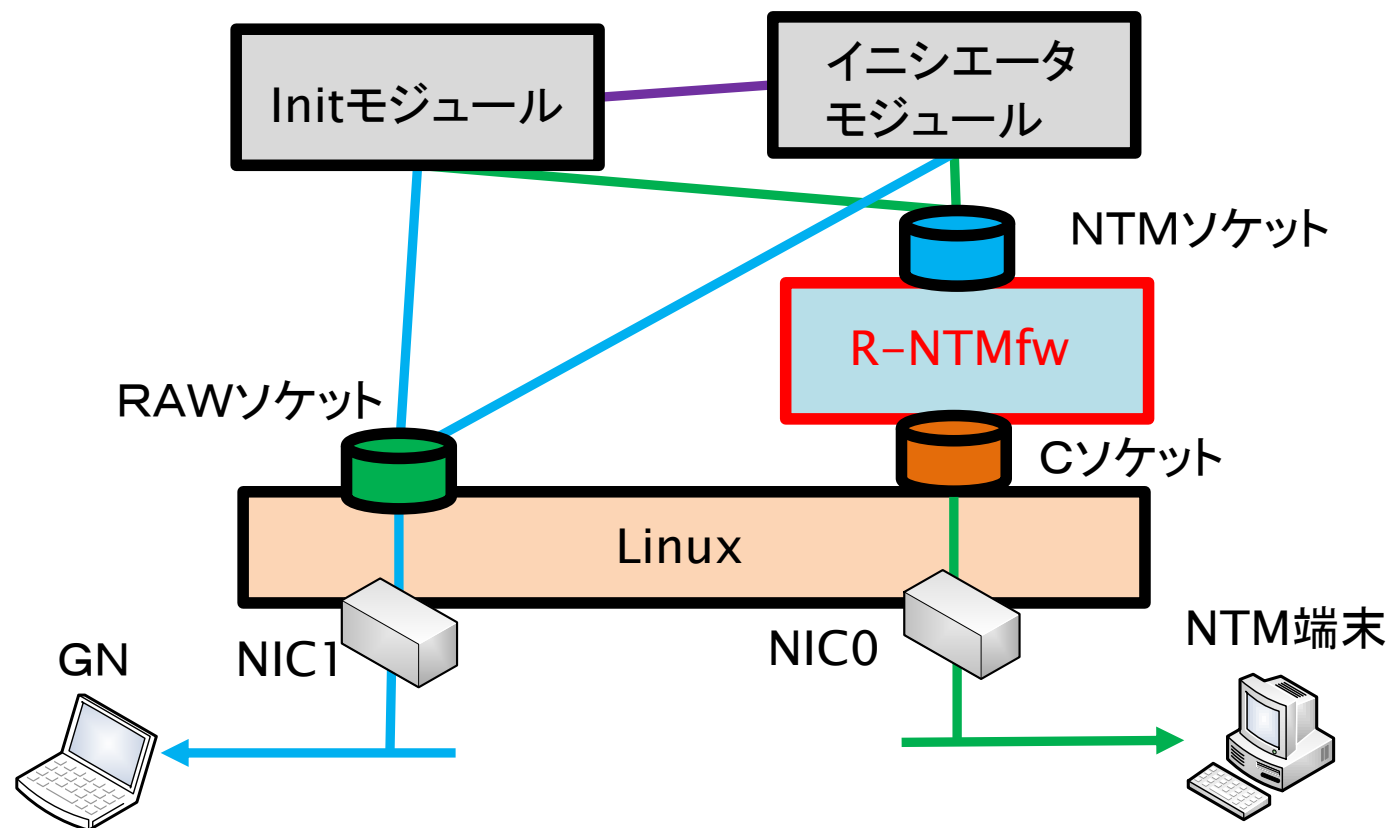
NTMAのモジュール構成

GNから送信されるパケットをRAWソケットで受信

- DNSクエリ
 - トンネル構築処理
 - DNSリプライの送信
- APR
 - 自身のMACアドレスでARPリプライ
- UDP/TCPパケット
 - トンネル通信でパケットを送信
- DHCP
 - Initモジュールに処理を渡す



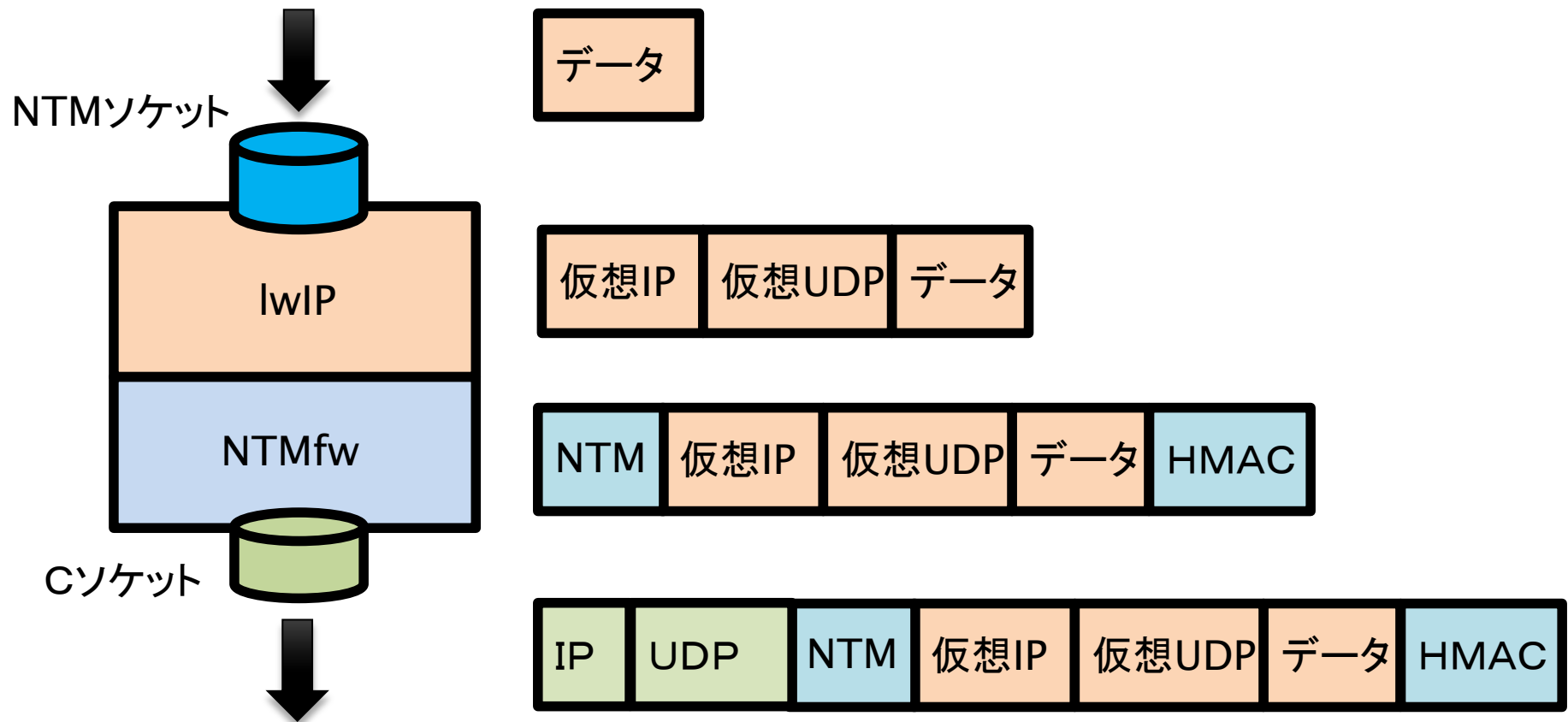
NTMAのモジュール構成



R-NTMfw(Remodeled NTMfw)

■ NTMfwを改造したアプリケーション

➤ lwIPの処理をスキップ



R-NTMfw(Remodeled NTMfw)

■ NTMfwを改造したアプリケーション

➤ lwIPの処理をスキップ

