

NTMobileにおける最適なリレーサーバを選択する手法の提案

Proposal of Selection Method of Optimal Relay Server in NTMobile

三宅佑佳[†] 鈴木秀和[†] 内藤克浩[‡] 渡邊晃[†]

(名城大学[†] 愛知工業大学[‡])

1 はじめに

移動通信端末や無線通信技術の発展により、ネットワーク環境によらず通信開始を保証する技術（通信接続性）と、ネットワークを切り替えても通信を継続できる技術（移動透過性）が求められている。

通信接続性と移動透過性を同時に実現する技術として、我々はNTMobile（Network Traversal with Mobility）を提案している [1]。NTMobileでは、NTMobileを実装した通信端末（NTM 端末）同士の通信の場合は基本的に端末間の直接通信を行うが、相手通信端末がNTMobileを実装していない一般サーバGS（General Server）であるなど、直接通信ができない場合はRS（Relay Server）を経由した通信を行う。

これまでのRS選択手法では、NTM 端末からRSまでのホップ数を調査し、ホップ数が最少となるRSを選択していた。しかし、NTM 端末とGSの通信ではNTM 端末が移動してしまうと、通信経路が冗長になる可能性がある。本稿ではNTMobile 端末とGSとの通信において最適なRSを選択し、通信経路の冗長を抑制する手法を提案する。

2 既存技術 (Mobile IPv4) の概要

IPv4 ネットワークにおける移動透過性をもつ技術として、MIPv4(Mobile IPv4)がある。MIPv4はグローバルネットワーク上に設置したHAと移動端末間で通信経路を構築して通信を行う。HAはアドレス管理機能とパケット中継機能を兼ねており、負荷分散が困難である。また、MIPv4での通信はHAを常に経由した通信になるため、通信経路が冗長になる。

3 NTMobile

3.1 概要

図1にNTMobileの構成図を示す。NTMobileは、NTM 端末、通信を中継するRS、NTM 端末やRSを管理するDC（Direction Coordinator）によって構成される。NTMobileは端末の移動により変化しない仮想IPアドレスに基づいた通信を行う。

NTM 端末は起動時、アドレス情報をDCに登録し、また、DCから仮想IPアドレスを取得しておく。GSに

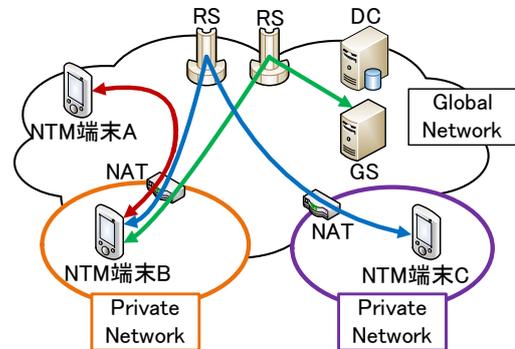


図1 NTMobileの構成

対して通信を開始する場合、NTM 端末はDCに対して経路指示を依頼する。DCはDNSの仕組みを用いてGSの名前解決を行う。DCはNTM 端末とRSに対して通信の中継を指示し、NTM 端末とRSの間でトンネルを構築してRS経由の通信を行う。このときGSは、RSから通信開始されたものと認識する。NTMobileでは仮想IPアドレスに基づくパケットは、実IPアドレスによってカプセル化される。NTM 端末は移動により実IPアドレスが変化しても、仮想IPアドレスは変化しない為、継続して通信を行うことができる。

NTMobileでは、アドレス管理機能とパケット中継の役割がDCとRSに分離されているのが特徴である。その為、RSは分散配置が可能であり、複数のRSから自由に選択することができる。しかし、RSを経由した通信は、通信経路が冗長になる場合がある。その為、RSの最適な選択手法を検討し、RSを経由した場合でも最短経路で通信を実現する必要がある。GSはRSを通信相手と認識する為、RSを通信中に切り替えることができない。また、NTM 端末は移動を行うが、GSは一般サーバを想定し、移動を行わないものとする。

3.2 従来のRS選択手法

これまで、NTM 端末同士の通信において、適切にRSを選択する手法が検討されていた [2]。従来の選択手法では、NTM 端末の起動時に、NTM 端末とRS間のホップ数を調査しておく。通信開始時、または通信中に移動したとき、その調査結果を基にホップ数が最少となるRS

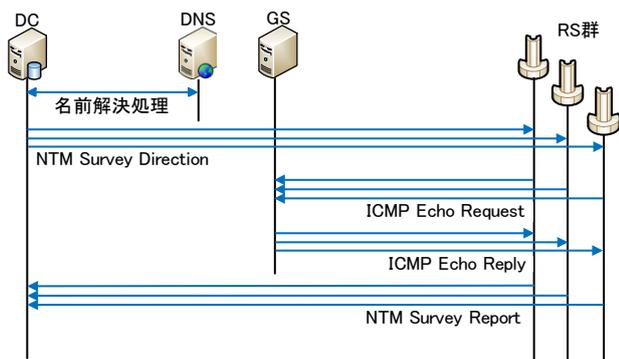


図2 ホップ数調査の動作シーケンス

を選択する。しかし、NTM 端末と GS が通信を行う場合、RS を通信中に切り替えることができない。その為、NTM 端末の移動によって NTM 端末と RS 間のホップ数は変化し、通信経路が冗長になる可能性がある。その為、通信開始時に GS との通信と判断された場合、NTM 端末が移動した後も考慮し、最適な RS を選択する必要がある。

4 提案方式

NTM 端末と GS との通信には、GS から各 RS までのホップ数を算出し、その中からホップ数が最少となる RS を選択する。

DC が NTM 端末からの経路要求を受信し、通信相手が GS であることが判明した場合、DC はこの時点でホップ数調査を RS に指示する。図2に RS から GS までのホップ数調査の動作シーケンスを示す。DC は GS の名前解決を行った後、各 RS に対して NTM Survey Direction を送信し、ホップ数調査の指示を送る。指示を受け取った各 RS は、GS に対して ICMP Echo Request を送信する。ICMP Echo Reply が各 RS に返ると、各 RS は IP ヘッダの TTL (Time to Live) の値から GS までのホップ数を算出する。各 RS は DC に対して NTM Survey Report を送信し、ホップ数調査の結果を伝える。DC は RS から受信したホップ数調査の結果をホップテーブルに記録する。

DC は上記調査結果を基にして、RS から GS までのホップ数が最少となる RS を選択する。その後、DC は NTM 端末と RS に対して通信の中継を指示し、最適な RS 経由の通信が可能になる。

5 実装と動作検証

5.1 実装

DC, RS に既に実装されている NTM デーモンを拡張し、ホップ数調査を行うモジュールをプロトタイプとし

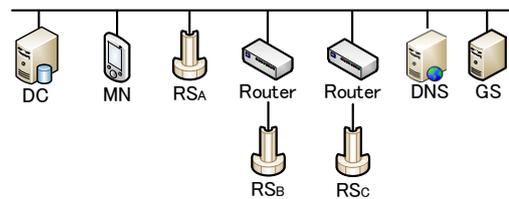


図3 動作検証におけるネットワーク構成

て実装した。DC の NTM デーモンには、ホップ数調査の結果を基に、適切な RS を選択する処理を追加した。RS の NTM デーモンには、Raw socket を用いて ICMP Echo Request/Reply を送受信し、受信した IP ヘッダから TTL を取得する処理を追加した。

5.2 動作検証

図3に、動作検証を行った際のネットワーク構成を示す。VMware Player を利用し、Ubuntu 10.04 上に DC, MN (NTM 端末), 3 台の RS (RSA, RSb, RSc), DNS, GS を構築し、同一ネットワークに接続した。また、上記ネットワークから RSb 及び RSc までの間にルータを配置し、RSA が GS との通信に最適な RS となるようにした。この環境下において実装したプロトタイプの動作検証を行った。

MN から GS に対して ping を実行し、MN 端末と GS の通信を行った。通信開始から GS の名前解決処理後、ホップ数調査が実施され RS を経由した MN と GS の通信を正常に行うことを確認した。この通信において、DC は RSA を選択し、ping も RSA を経由して送受信された。以上により、ホップ数調査及び RS の選択が正常に動作したことを確認した。

6 まとめ

NTM 端末と GS との通信時に、ホップ数を用いた通信経路の冗長化を抑制する RS の選択手法を提案した。RS から GS までのホップ数を最少にすることにより、RS を経由した通信において、NTM 端末が移動した後も最短経路で通信できることを確認した。

参考文献

- [1] 鈴木秀和, 他:NTM Mobile における通信接続性の確立手法と実装, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.1, pp.367-379, Jan.2013.
- [2] 若杉 純, 他:NTM Mobile における通信経路冗長化を抑制するリレーサーバ選択手法の提案, 情報処理学会第 76 回全国大会講演論文集, Mar.2014.

NTMobileにおける最適なリレーサーバを 選択する手法の提案

三宅 佑佳[†] 鈴木 秀和[†] 内藤 克浩[‡] 渡邊 晃[†]

[†]名城大学 理工学部

[‡]愛知工業大学 情報科学部



研究背景

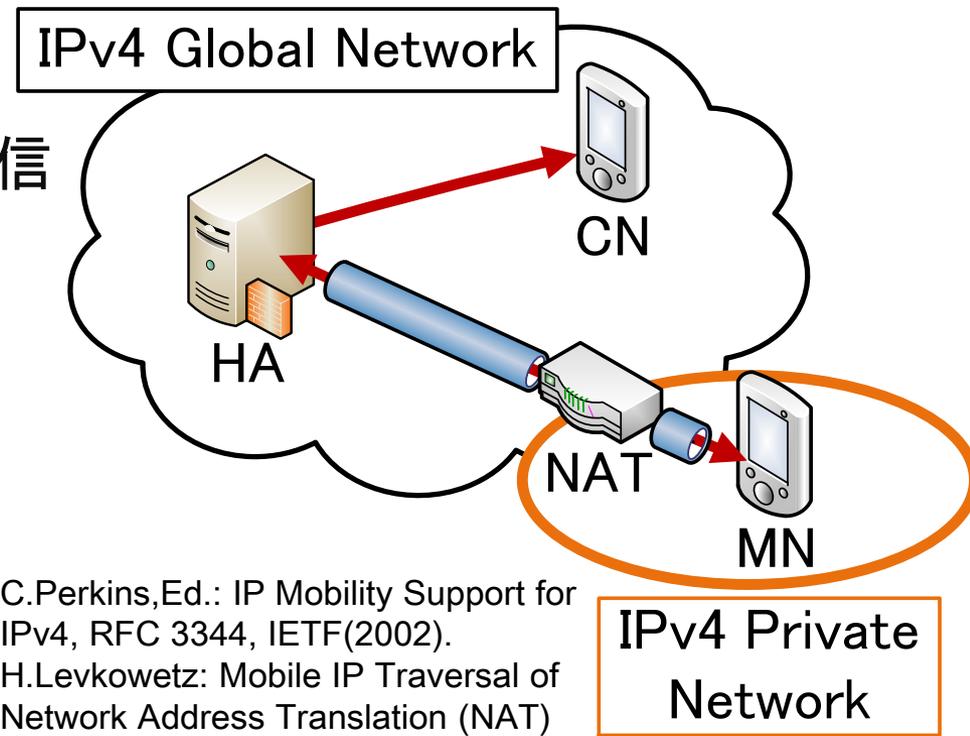
- ▶ ネットワーク接続の需要の増加
 - 現在の主流はIPv4ネットワーク
 - IPv4アドレス枯渇問題
 - ▶ NAT(Network Address Translation)が必須

- ▶ 通信接続性と移動透過性の要求
 - ネットワーク環境によらず確実に通信の開始が可能
 - ネットワークを切り替えても通信の継続が可能
 - ▶ Mobile IPv4
 - ▶ NTMobile(Network Traversal with Mobility)

- ▶ 通信経路冗長化抑制の要求
 - スループットの向上
 - ネットワーク負荷の低減

既存技術 Mobile IPv4

- ▶ HA (Home Agent)
 - アドレス管理と通信中継を行う装置
 - グローバルネットワーク内に設置
 - MN起動時に選択
- ▶ HoA (Home Address)
 - HAが移動端末MNに配布
 - 相手端末CNはHoA宛に通信
- ▶ 課題
 - HoAとしてMNごとにグローバルアドレスが必要
 - ▶ アドレス枯渇問題に逆行
 - 常にHA経由の通信

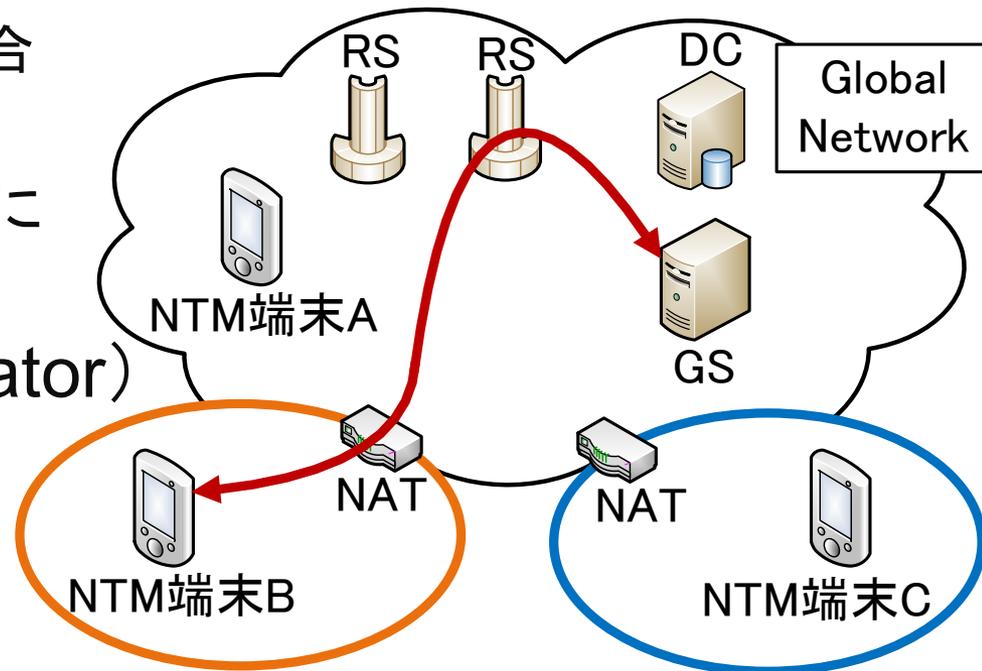


C.Perkins,Ed.: IP Mobility Support for IPv4, RFC 3344, IETF(2002).
 H.Levkowitz: Mobile IP Traversal of Network Address Translation (NAT) Devices, RFC 3519, IETF(2003).

MN (Mobile Node) : 移動端末
 CN (Correspondent Node) : 相手端末

NTMobile (Network Traversal with Mobility)

- ▶ NTM端末 (NTMobile Node)
 - 仮想IPアドレスにより通信を識別
 - 基本的に直接通信
- ▶ RS (Relay Server)
 - 直接通信できない場合の通信の中継
 - ▶ 一般サーバとの通信の場合
 - 通信毎に自由に選択可能
 - グローバルネットワーク上に分散配置可能
- ▶ DC (Direction Coordinator)
 - アドレス情報の管理
 - NTM端末やRSの管理



GS (General Server) : 一般サーバ

研究の目的と提案

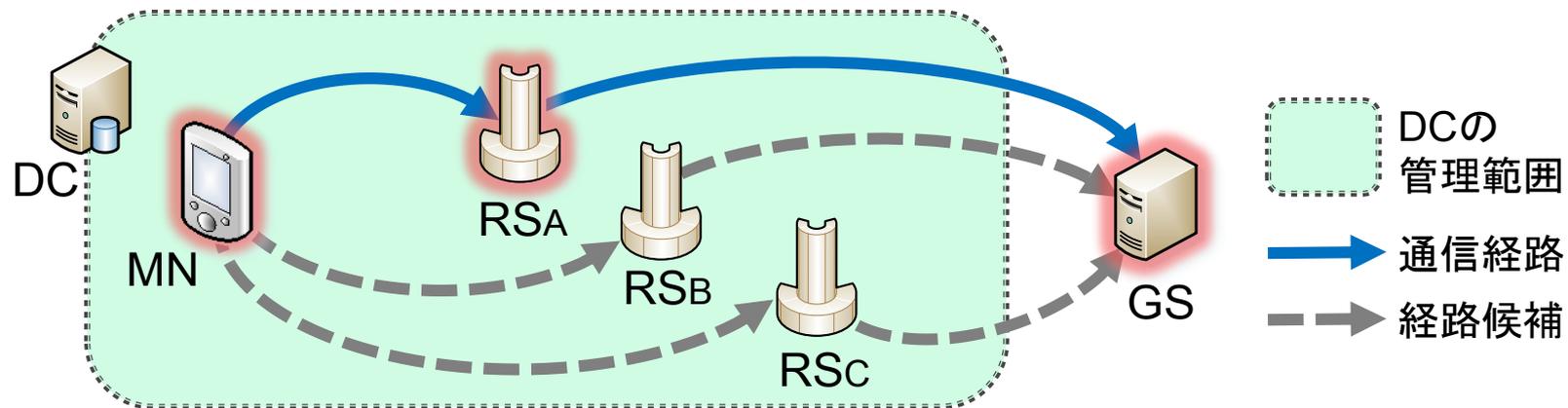
- ▶ RSを経由する通信は直接通信よりも経路が冗長
- ▶ RSの選択手法が不十分

➡

- 最適なRS選択手法を確立
- RSを経由する場合でも最短経路での通信を実現

▶ RSの最適な選択手法の提案

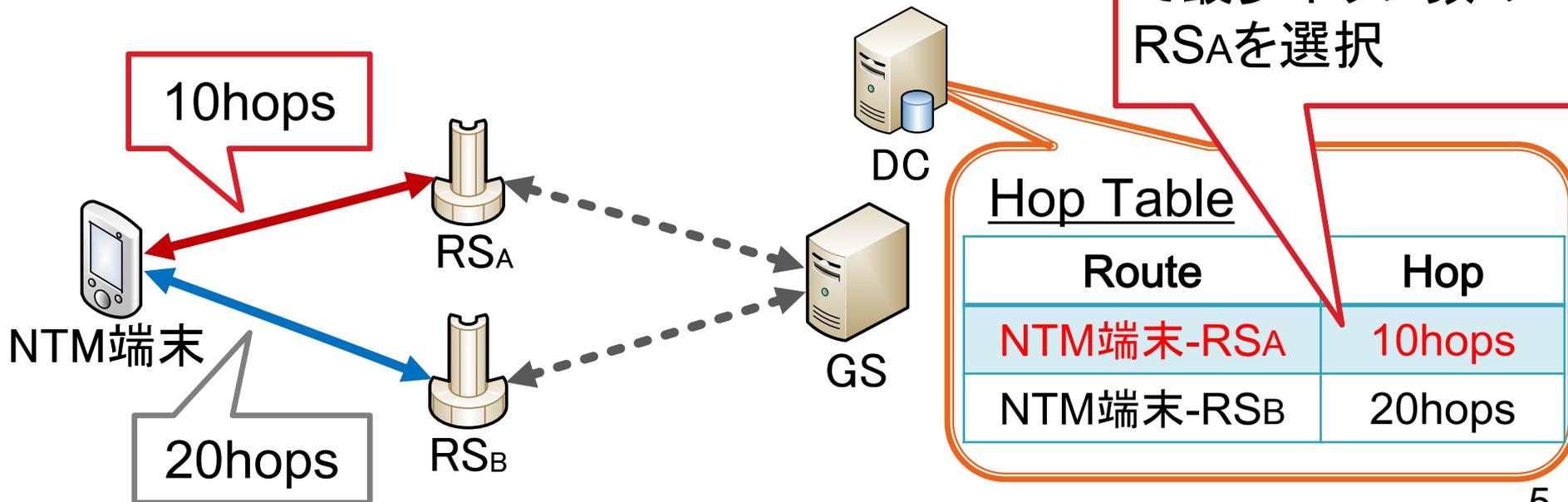
- ルータ経由数(ホップ数)を用いる
 - ▶ 通信端末とRS間の距離を調査
 - ▶ ホップ数が最少となるRSを選択し通信経路の最適化を図る



これまでのRSの選択

▶ NTM端末と一般サーバの通信

- 移動端末であるNTM端末～各RS間のホップ数を算出
- 最少ホップ数となるRSの選択
 - ▶ DCのHop Tableを基に選択
- 通信中RSの切り替えができない
 - ▶ 一般サーバはRSを通信相手と認識して通信
 - ▶ **NTM端末移動後**の通信経路冗長化が懸念



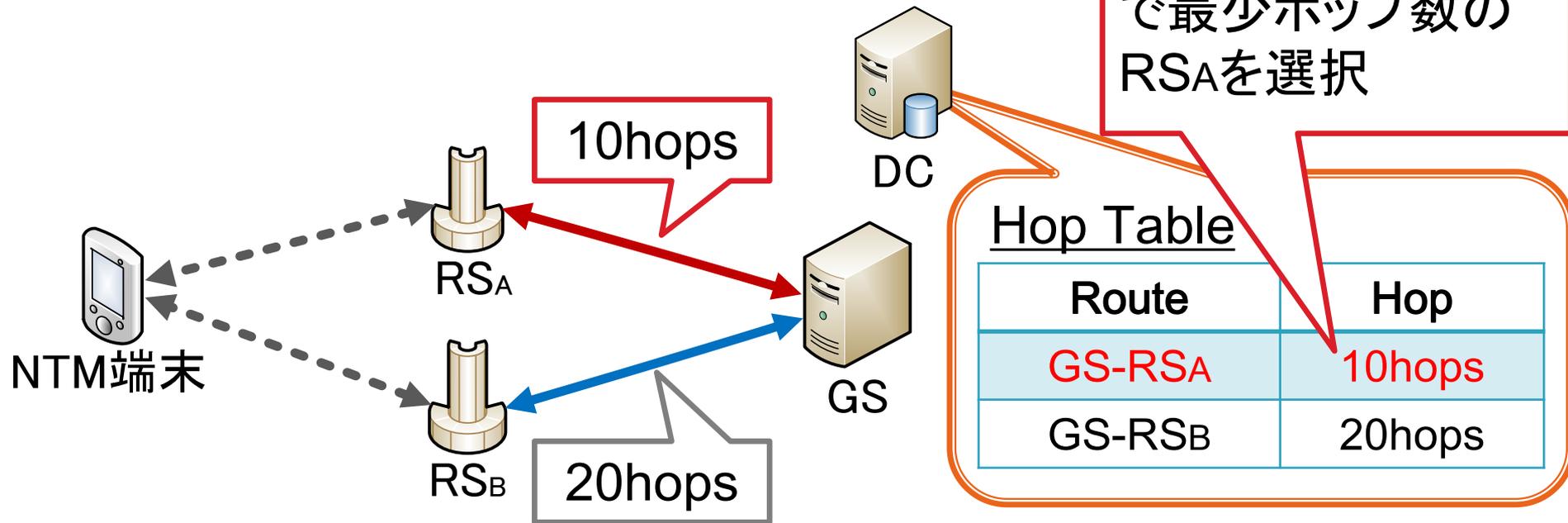
提案するRS選択

▶ NTM端末と一般サーバの通信

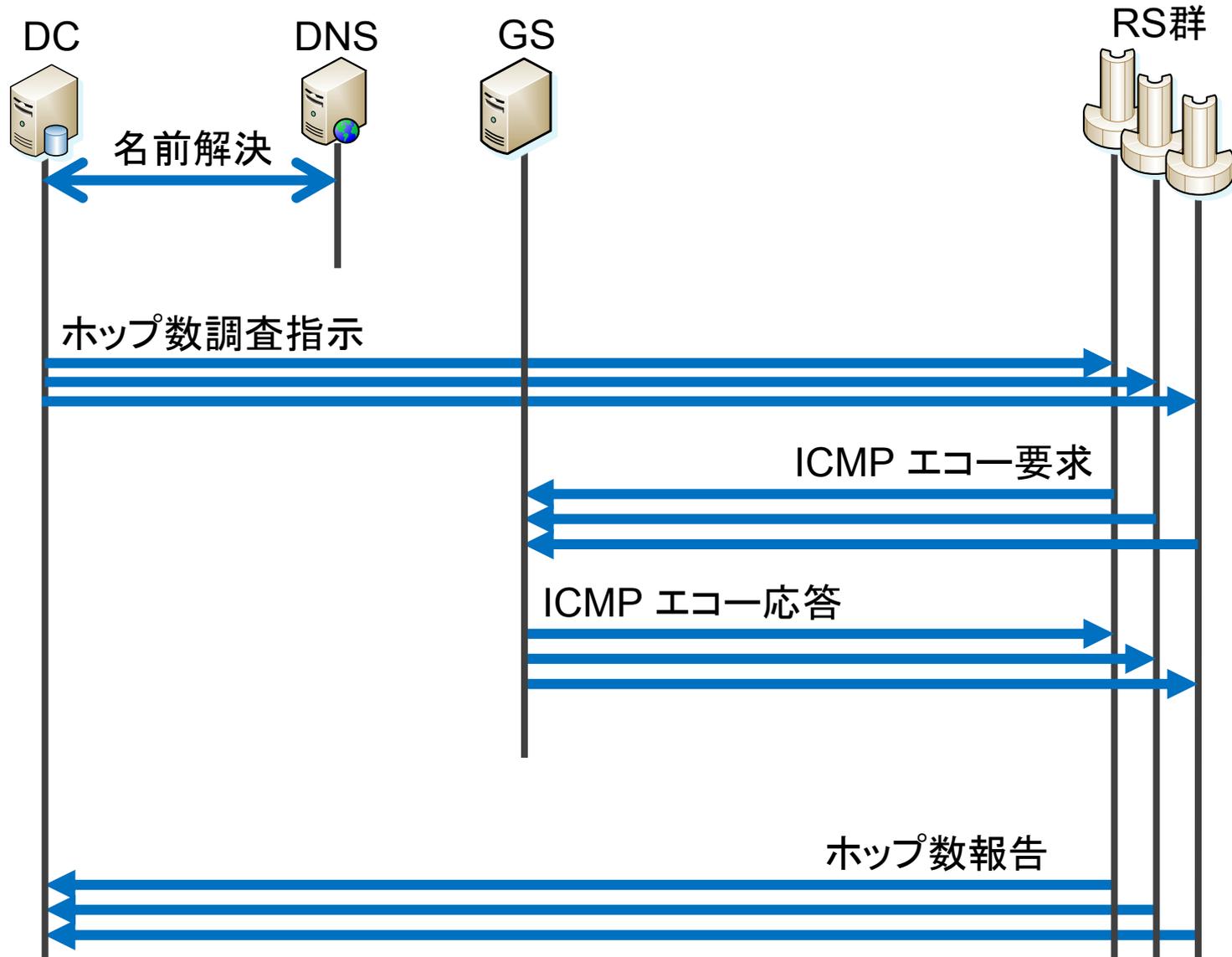
- 移動しない一般サーバ～各RS間でホップ数を算出
- 最少ホップ数となるRSの選択
 - ▶ DCのHop Tableを基に選択

➡ NTM端末移動後も通信経路冗長化を抑制することができる

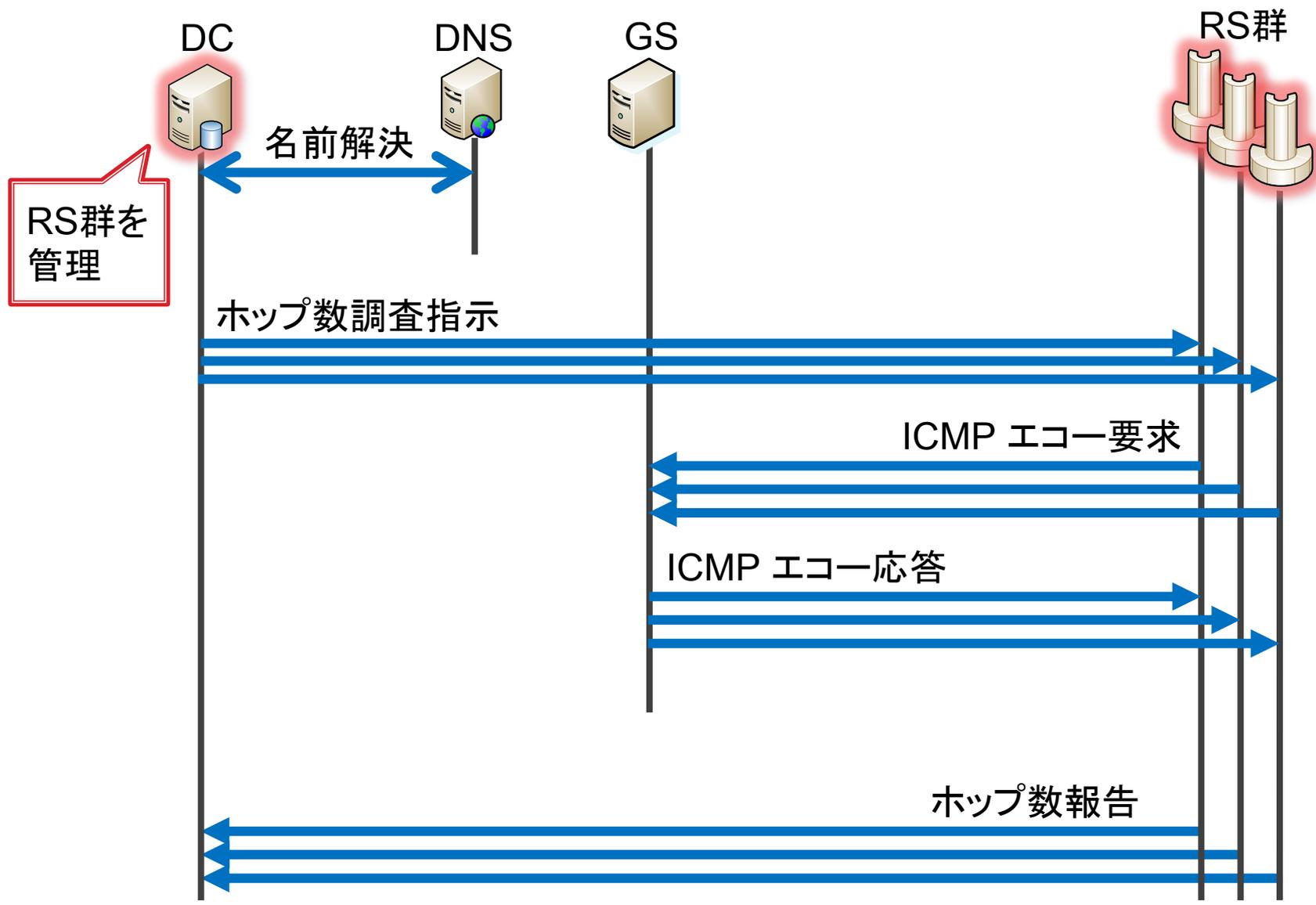
一般サーバとRS間で最少ホップ数のRSAを選択



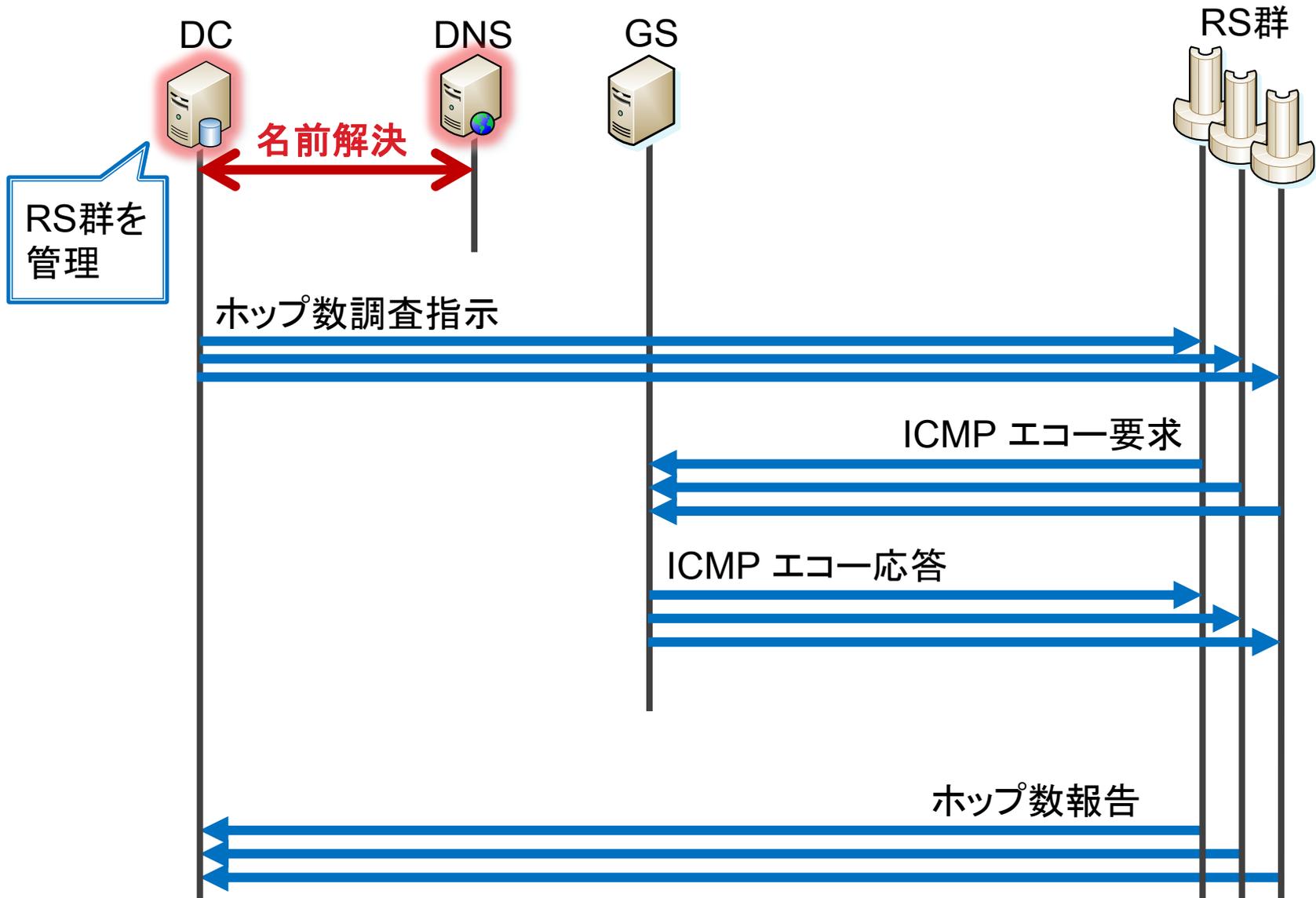
一般サーバとRS間のホップ数調査



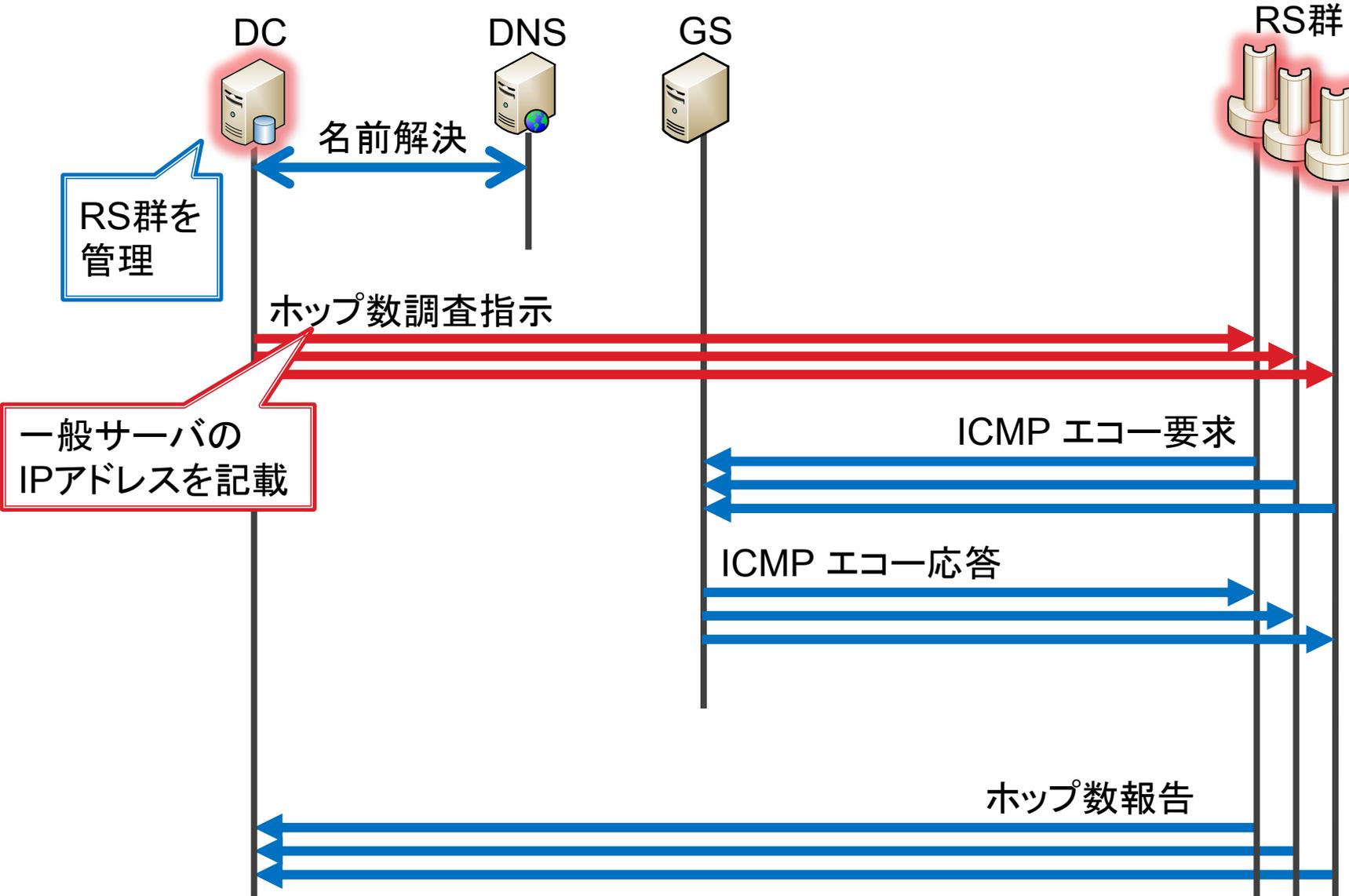
一般サーバとRS間のホップ数調査



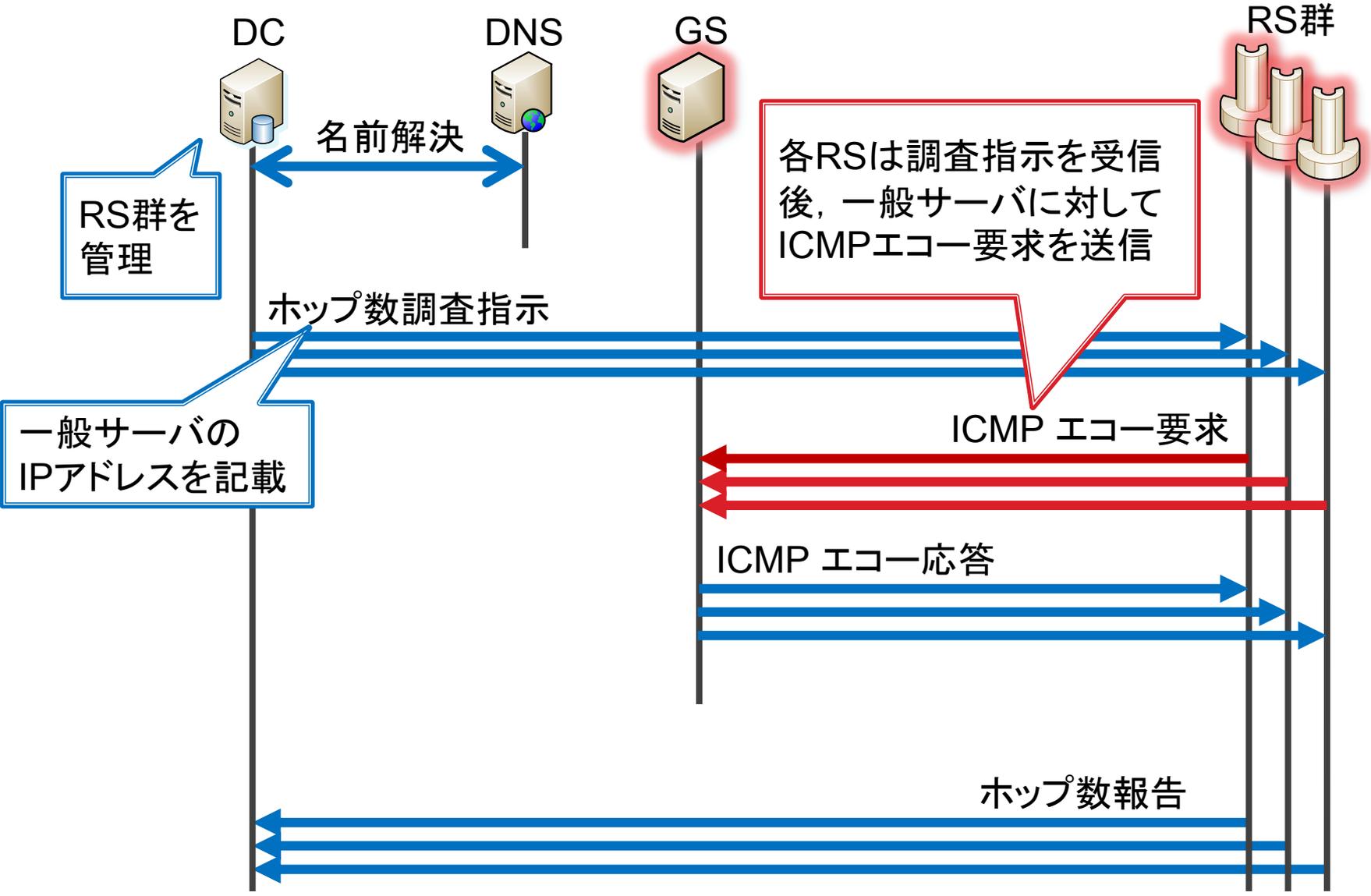
一般サーバとRS間のホップ数調査



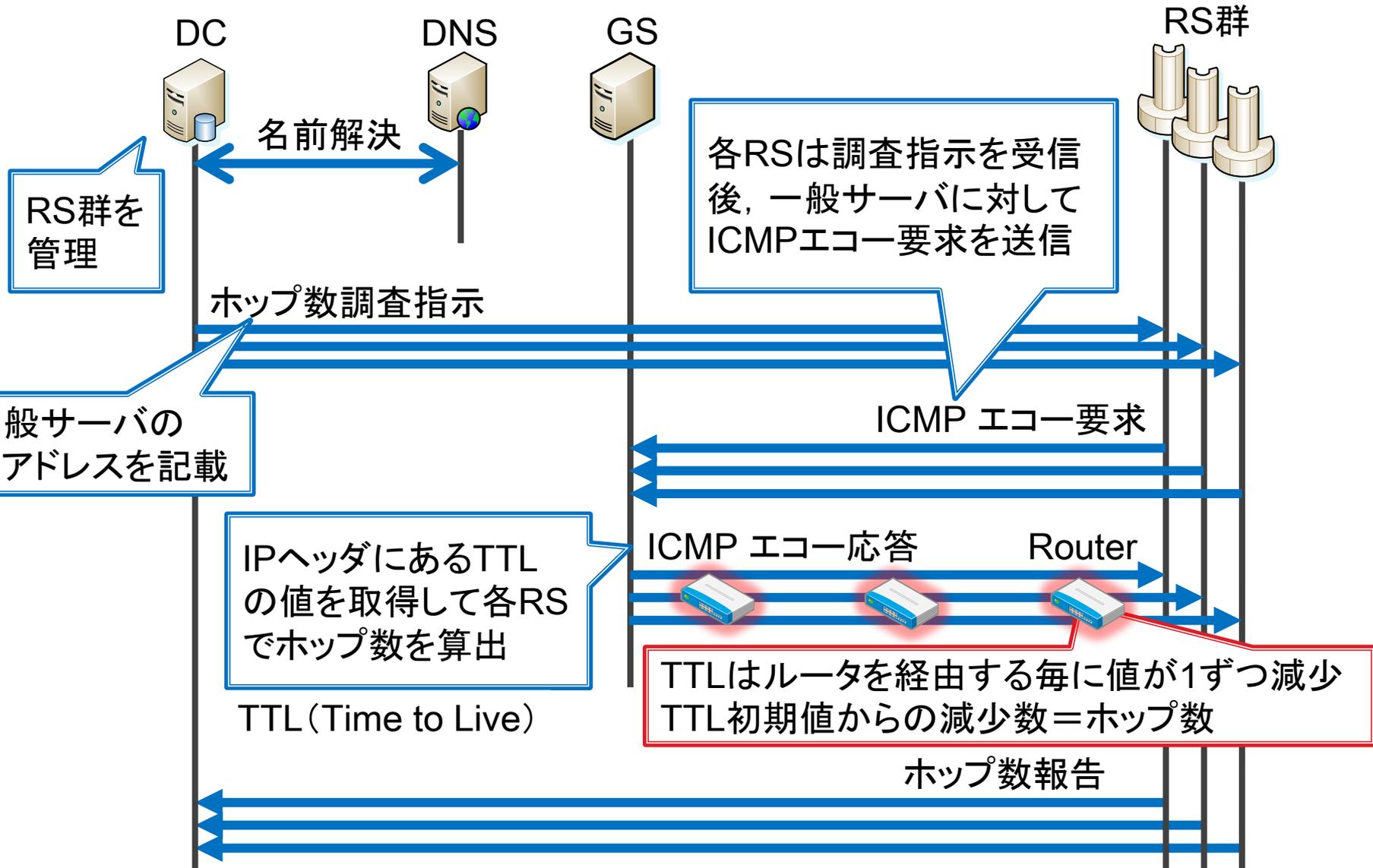
一般サーバとRS間のホップ数調査



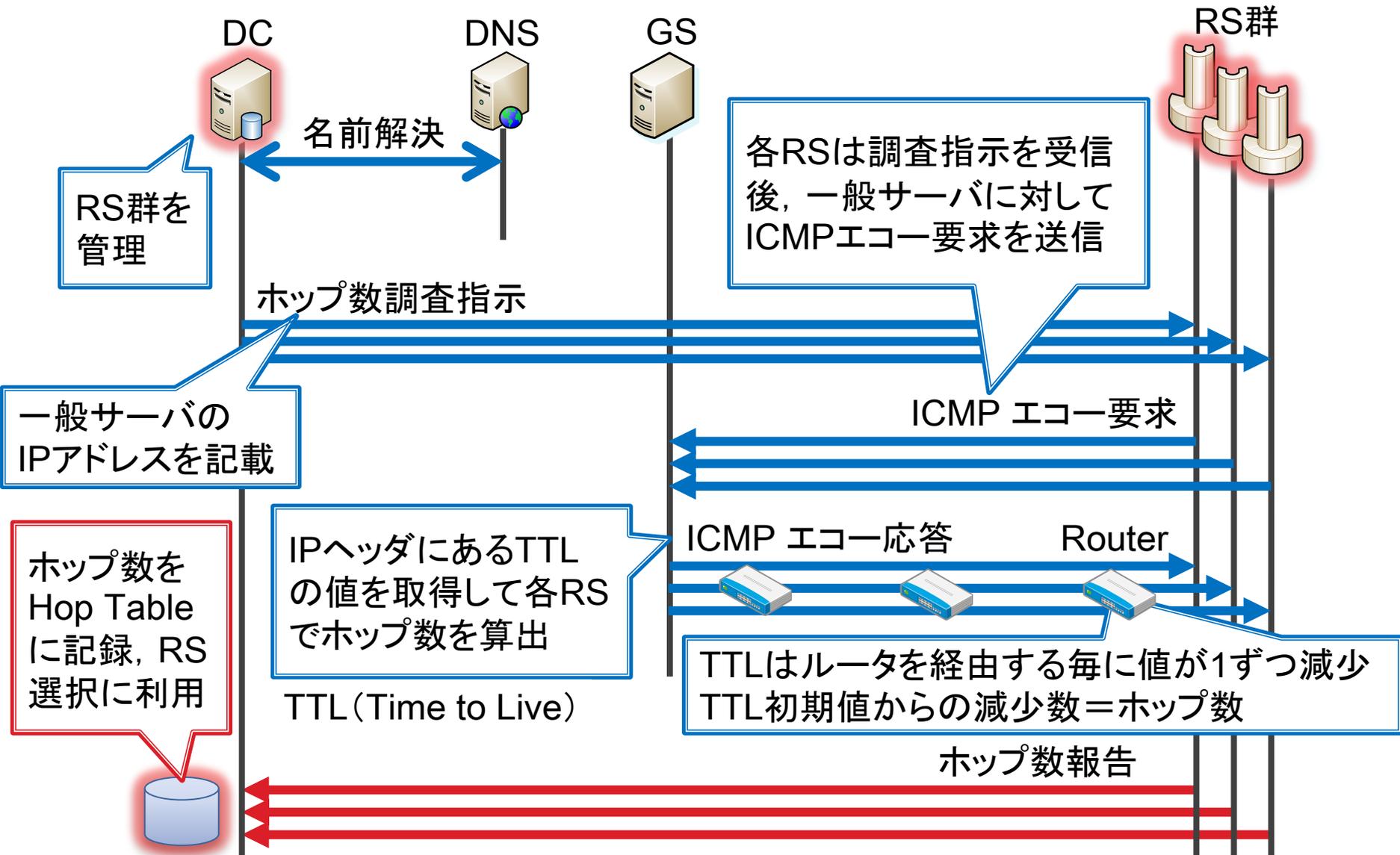
一般サーバとRS間のホップ数調査



一般サーバとRS間のホップ数調査



一般サーバとRS間のホップ数調査



まとめ

- ▶ 一般サーバとの通信時におけるRS選択手法
 - RSから一般サーバまでの間のホップ数を調査
 - ▶ 通信経路においてホップ数が最少となるRSを選択
 - NTM端末が移動後も経路冗長化の抑制が可能
 - ▶ ネットワーク負荷の低減
 - ▶ スループットの向上

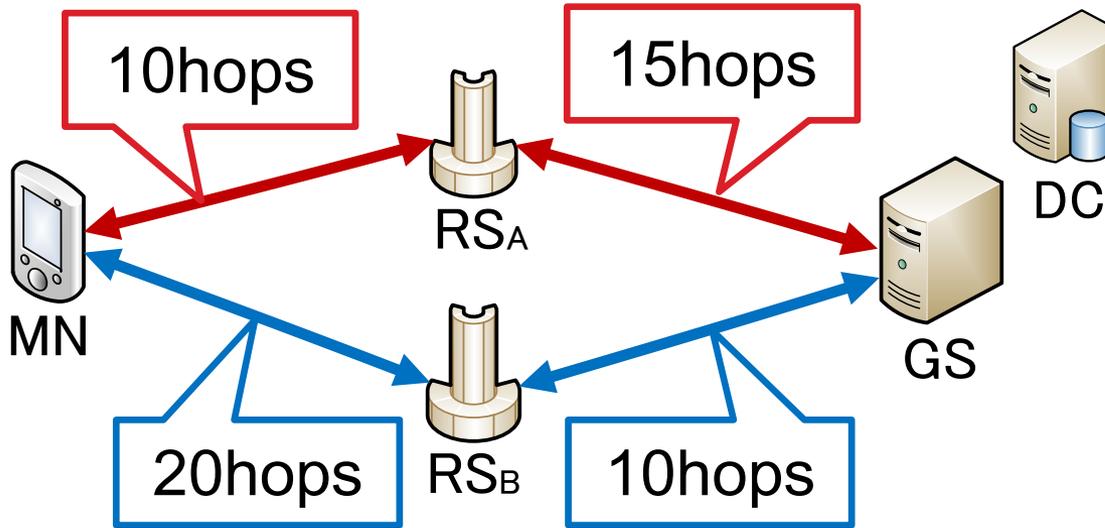
- ▶ 今後の予定
 - 実環境における有用性の検証

補足資料



RSの選択について

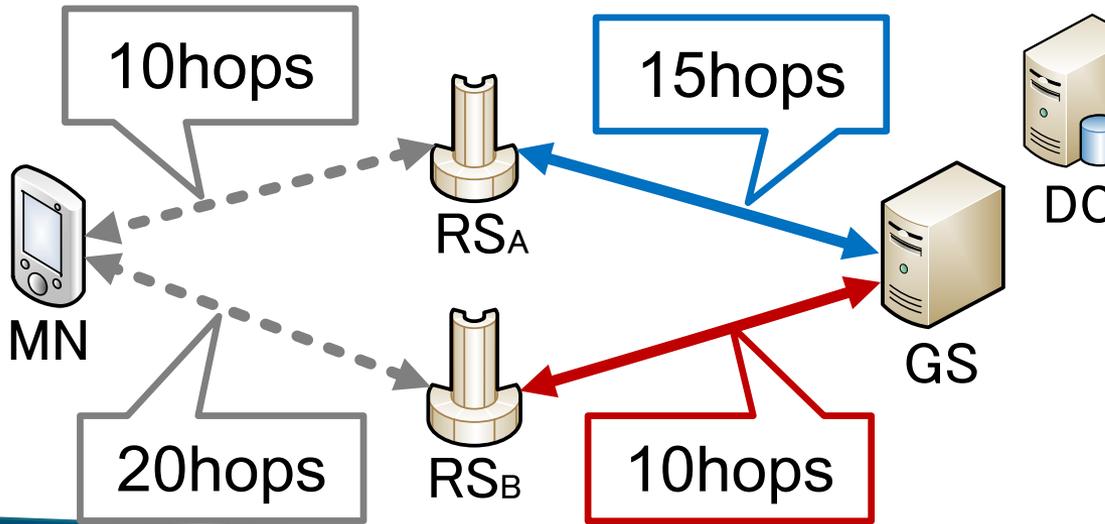
▶ MN～GSまで総経路ホップ数により選択した場合



Hop Table

Route	RS	Hop
MN-GS	RSA	25hops
MN-GS	RSB	30hops

▶ GS～各RSまでのホップ数により選択した場合



Hop Table

Route	Hop
GS-RSA	15hops
GS-RSB	10hops

通信経路の評価指標の比較

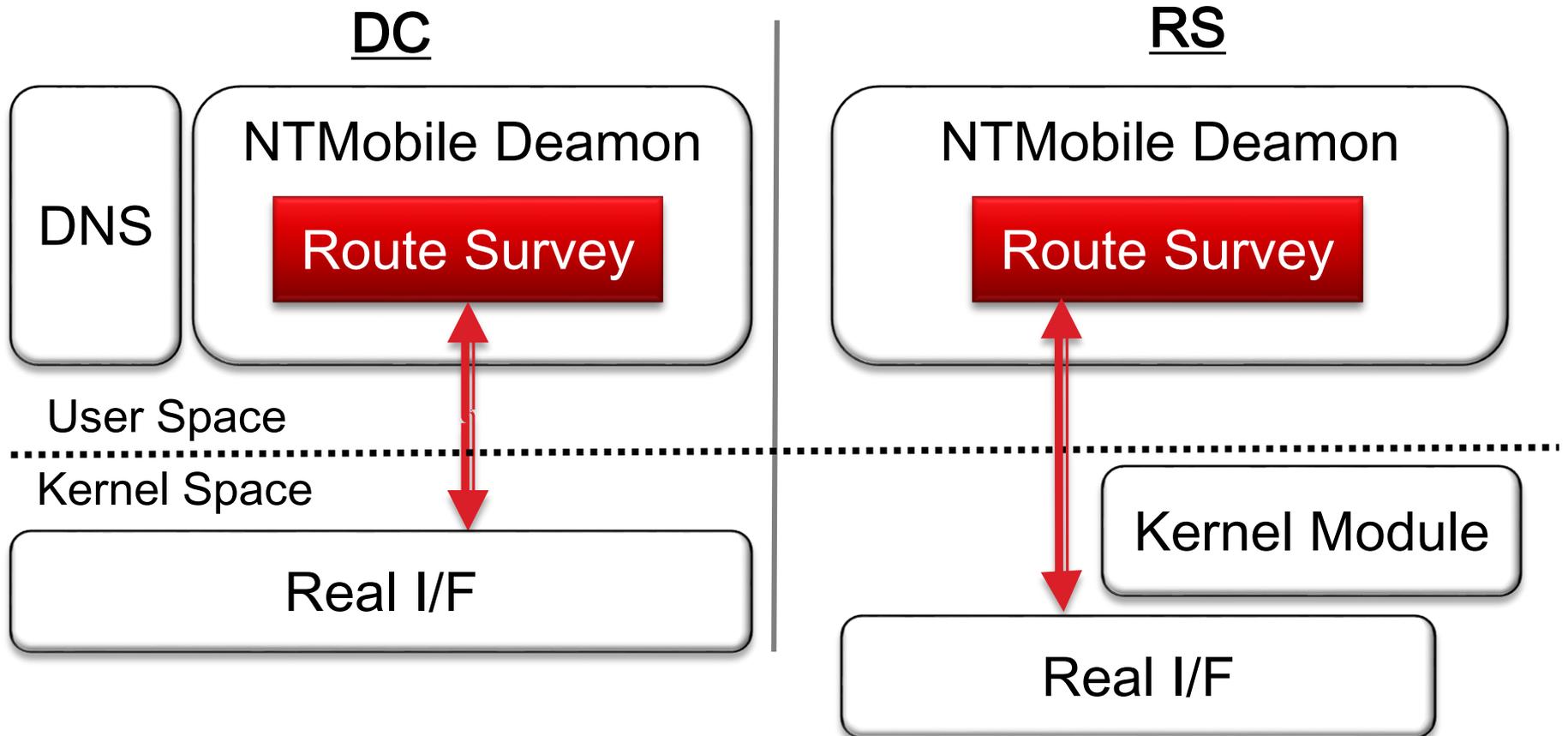
	RTT	ホップ数
通信遅延との関係	○ 往復通信遅延そのもの	○ ルータ経由数が多いほど 伝送遅延・処理遅延発生
測定方法	△ パケットの往復	○ 1つのIPパケットの送信
3Gネットワークとの相性 (帯域幅, 指標のぶれ)	× 多数の往復が必須	○ 設備依存のため安定
総合評価	× 頻繁な移動により ネットワークと端末に負荷	○ 低負荷で安定した 調査が可能

関連研究との比較

	Mobile IPv4	NTMobile
IPv4グローバルアドレスの消費	<p>×</p> <p>HA・端末すべてが利用</p>	<p>○</p> <p>DC・RSが分散利用</p>
中継装置の分散配置	<p>△</p> <p>ホームネットワークに限定</p>	<p>○</p> <p>自由に可能</p>
中継装置の選択	<p>△</p> <p>限定的選択・変更不可</p>	<p>×</p> <p>➡</p> <p>○</p> <p>最適なRSを選択可能</p>
通信相手毎の中継装置割り当て	<p>×</p> <p>利用可能なHAは1つのみ</p>	<p>×</p> <p>➡</p> <p>○</p> <p>通信相手毎に最適なRSを利用</p>

提案方式のプロトタイプ実装

- ▶ NTMデーモンに、ホップ数調査モジュールを追加
 - IPv4上のRS選択に対応



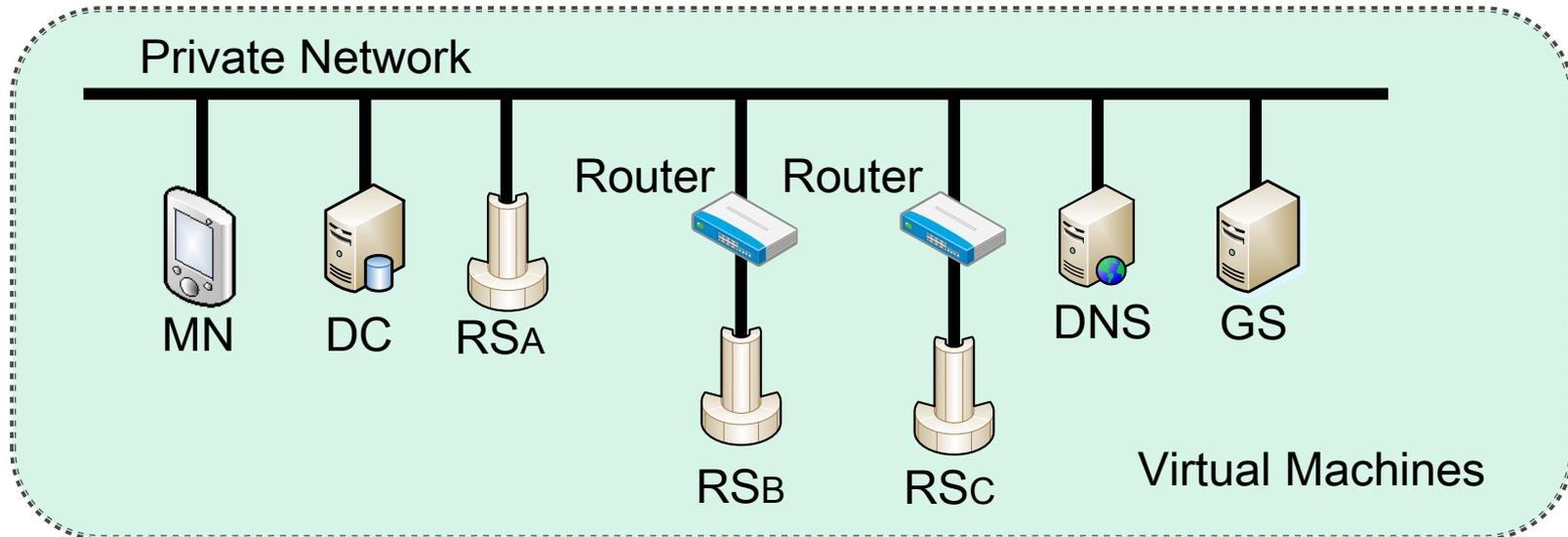
動作検証における装置仕様

ホストPC

OS	Windows 7 64bit
CPU	Intel Core i7-2600 3.40GHz
メモリ	8.00GB

仮想マシン

	DC, MN, GS, DNS, RSA, RSB, RSc, Router
OS	Ubuntu 10.04 32bit
Kernel Version	2.6.32-24-generic
CPU割り当て	各1Core
メモリ割り当て	各1GB



全ての装置を1つのホストPC上に仮想マシンで構築

ホップ数調査の性能評価

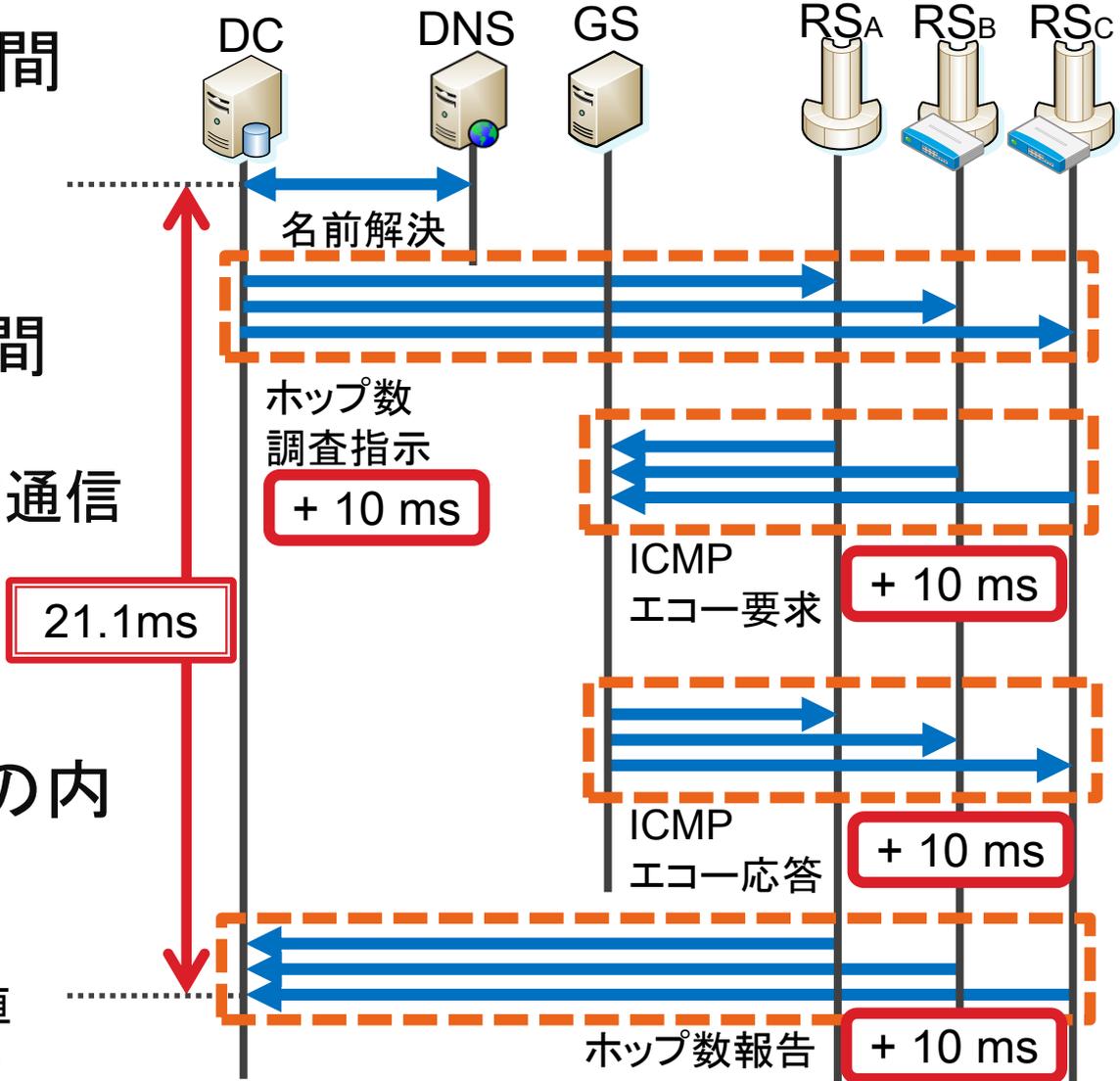
▶ ホップ数調査実施時間

- 調査開始～調査完了
実環境予測: **61ms***

▶ MN-GS間の通信時間

- MNより通信開始
～MN-GS間のデータ通信
実環境予測: 489ms*

▶ ホップ数調査時間は MN-GSの通信時間の内 **12.5%**を占める



- * ホップ数調査: 25回試行平均値
- * 実環境予測: 国内グローバルネットワークを想定

※日本国内グローバルネットワークRTT: 約20ms

NTM端末と一般サーバの通信

