

NTMobileにおける経路冗長化を抑制する リレーサーバ選択手法の提案

100430128 若杉 純
渡邊研究室

1. はじめに

スマートフォンなどの通信端末や無線通信技術の普及により、自由に通信ができ、かつ通信中にネットワークを切り替えたいという要求が高まっている。接続するネットワークの構成に関わらず通信を開始できる通信接続性と、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では端末どうしが直接通信を行うことが基本であるが、特定の条件下ではRS (Relay Server) を経由して通信を行う。NTMobileではRSの分散配置と選択が可能である。そこで、本稿ではNTMobileを実装した端末からRSまでのルータ経由数を調査し、冗長化を最も抑制した通信経路を実現するRS選択手法を提案する。

2. NTMobile

2.1 NTMobileの動作

NTMobileは、NTMobileを実装した通信端末 (NTM 端末)、共に NAT 配下にある NTM 端末どうしの通信や、一般端末との通信を中継する RS、NTM 端末や RS を管理する DC (Direction Coordinator) により構成される。RS と DC はグローバルネットワーク上に配置される。

NTM 端末のアプリケーションは、DC から配布された仮想 IP アドレスを利用する。NTM 端末は起動時に、DC に対して実 IP アドレスの登録を行い、仮想 IP アドレスを取得する。NTM 端末は通信開始時に、DC に対して経路指示を依頼する。DC から指示された通信相手までのトンネルを構築し、仮想 IP アドレスによるパケットを実 IP アドレスでカプセル化する。端末どうしが直接通信できない場合、DC は NTM 端末に対して、RS との間にトンネルを構築し、RS を経由した通信を行うように指示する。

NTM 端末はネットワークを移動すると、DC に対して実 IP アドレスの更新処理を行う。このとき DC の経路指示により新しいトンネルが構築されるが、仮想 IP アドレスが変化しないため通信は継続される。

2.2 RSを経由することによる課題

RSを経由した通信では、経路の冗長化によるスループットの低下が懸念される。よってNTM 端末が移動した先々において、経路の冗長化を抑えた適切なRSを選択することが求められる。

3. 提案方式

3.1 提案方式の動作

通信経路の冗長化を抑制するため、通信経路のルータ経由数 (ホップ数) を最小とするRS選択手法を提案する。図1に示すように、NTM 端末がDCへ実IPアドレスの登録を行うと、その都度DCはNTM 端末からRSまでのホップ数の調査を実施する。DCは調査結果を基に、NTM 端末にとって最適なRSを選択する。

3.2 ホップ数の調査

NTMobileの前提によると、NTM 端末とRSの間には信頼関係がない。そのため両者と信頼関係があるDCが一時的に生成・配布することにより、調査時においてNTM 端末とRSの間に一時的な信頼関係を構築する。DCは管理下のRSに対し、NTM 端末の情報と調査用一時鍵を、Survey Information により通知する。またNTM 端末に対し、RSのIPアドレスと調査用一時鍵を含むSurvey Direction を送信し、RSまでのホップ数調査を指示する。ホップ数は、IPヘッダ内のTTL (Time to Live) を用いて調査する。Route Surveyは、NTM 端末からRSまでの経路における、TTLの変化を見るためのメッセージである。TTLの初期値はカーネルによって異なるため、NTM 端末は

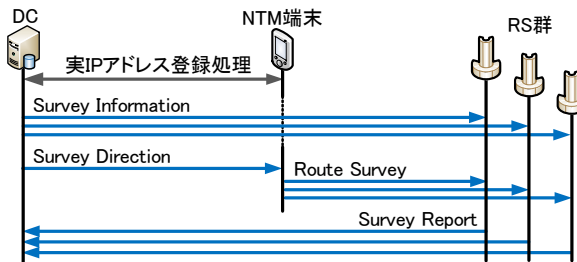


図1: NTM 端末からRSまでのホップ数調査

自身が生成するTTLの初期値を取得する。そしてRoute SurveyにTTL初期値などを記載し、改ざん検知のために調査用一時鍵を用いたMAC (Message Authentication Code) を付加し、各RSへ送信する。

RSはRoute SurveyのMAC認証を行う。認証により正規のパケットであると判断したとき、メッセージのIPヘッダ内のTTLと、Route Surveyメッセージ内のTTL初期値の差をホップ数とする。そしてSurvey Reportにより、DCへ調査結果を報告する。

3.3 RSの選択

DCは、MNからCNへの通信開始時においては、各RSを経由したときの総経路のホップ数を算出し、最もホップ数が小さくなるRSを選択する。MNまたはCNの一方から各RSまでのホップ数調査を終了していない場合、それぞれのNTM 端末が調査済みのRSの中から、各NTM 端末から見て最も近いRSを選択する。MNからGNへの通信においては、MNに最も近いRSを利用することにより、経路の冗長化を抑制する。

4. 実装と動作検証

4.1 実装

NTMobileはLinux環境での実装が行われている。DC、RS、およびNTM 端末に実装されているNTM デーモンを拡張し、3.2節に示したホップ数調査を行うモジュールをプロトタイプとして実装した。RSではRoute Surveyを受信したとき、IPヘッダ内のTTLを取得する必要がある。そのためRSではデバイスレベルのパケットインタフェースであるPF_PACKETを利用した。

DCのNTM デーモンには、MNおよびCNから各RSまでのホップ数調査の結果を基に、MNとCNの通信において適切なRSを選択する処理を追加した。

4.2 動作検証

VMware Player 6.0.1を利用し、Ubuntu 10.04上にDC、3台のRS、そしてMNとCNを構築した。この環境において、ホップ数調査およびRSの選択が正常に動作したことを確認した。

5. まとめ

NTMobileにおいて、RSまでのホップ数を調査し、端末間の通信経路の冗長化を抑制するRS選択手法を提案した。また提案方式のプロトタイプを実装し、ホップ数調査とRSの選択が正常に動作することを確認した。今後は実装を完了し、実環境での評価を行う。

参考文献

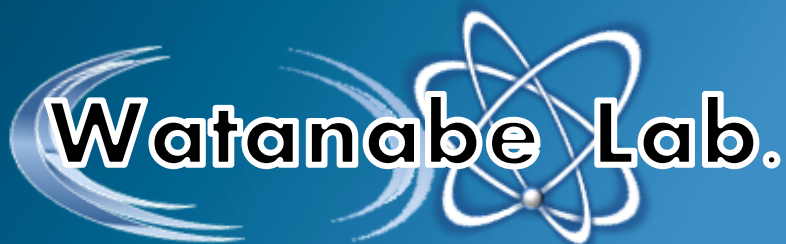
- [1] 鈴木秀和, 他: NTMobileにおける通信接続性の確立手法と実装, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.1, pp.367-379 (2013) .

NTMobile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

名城大学 理工学部 情報工学科 渡邊研究室

100430128

若杉 純



はじめに

- ▶ 携帯端末や無線通信技術の普及

- ▶ 通信接続性と移動透過性の要求
 - ネットワークの構成に関わらず通信を確実に開始
 - 通信中にネットワークを切り替えてもコネクションが切断されない
 - ▶ Mobile IPv4
 - ▶ NTMobile (Network Traversal with Mobility)

- ▶ 最短経路での通信の要求
 - スループット向上
 - ネットワーク負荷低減

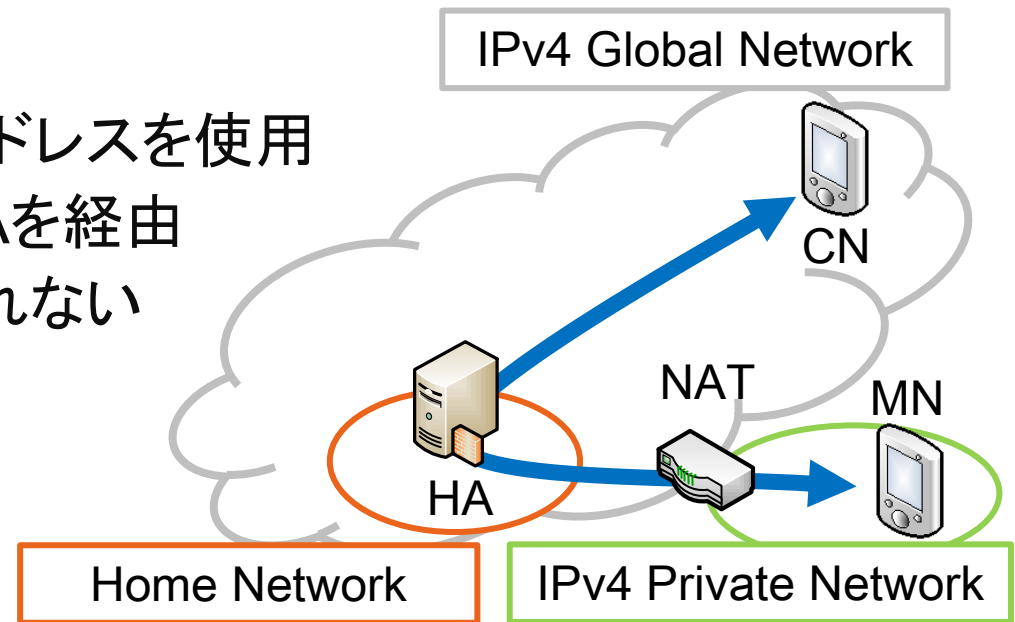
関連研究 Mobile IPv4

- ▶ HA (Home Agent) : 中継装置
 - ホームネットワーク内に配置
- ▶ HoA (Home Address) : HAが移動端末に配布
 - ホームネットワークのIPアドレス
 - 通信相手はHoA(ホームネットワーク)宛に通信
- ▶ 課題
 - HoAとしてグローバルアドレスを使用
 - 移動中の通信は必ずHAを経由
 - 端末はHAを切り替えられない
 - ▶ スループット低下
 - ▶ ネットワーク負荷増大

MN (Mobile Node) : 移動端末

CN (Correspondent Node) : 通信相手

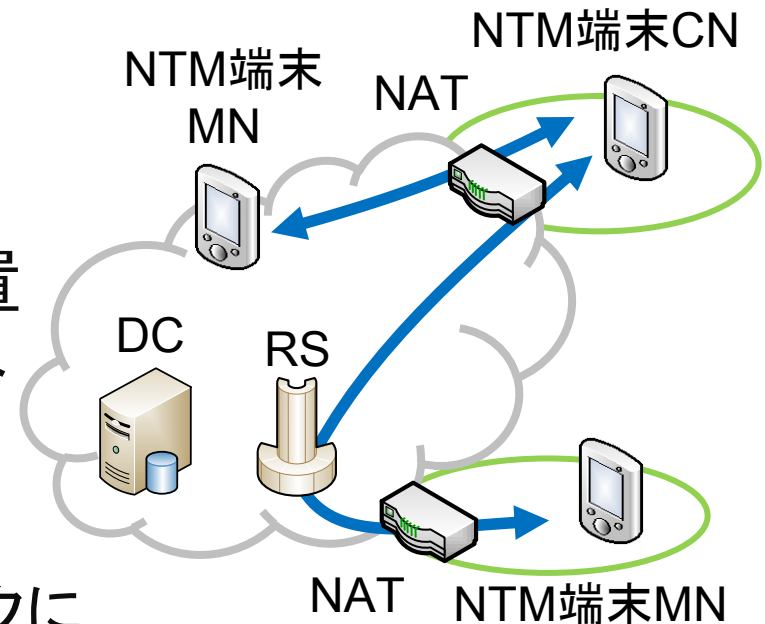
NAT (Network Address Translation)



Perkins, C.:IP Mobility Support for IPv4, Revised, RFC 5944, IETF(2010).

NTMobile (Network Traversal with Mobility)

- ▶ DC (Direction Coordinator) : 管理, 経路指示を担当
- ▶ 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) : 中継装置
 - 直接通信できない環境をサポート
 - ▶ NAT配下の端末どうしの通信
 - RSは通信相手毎に選択可能
 - DC, RSはグローバルネットワークに分散配置可能

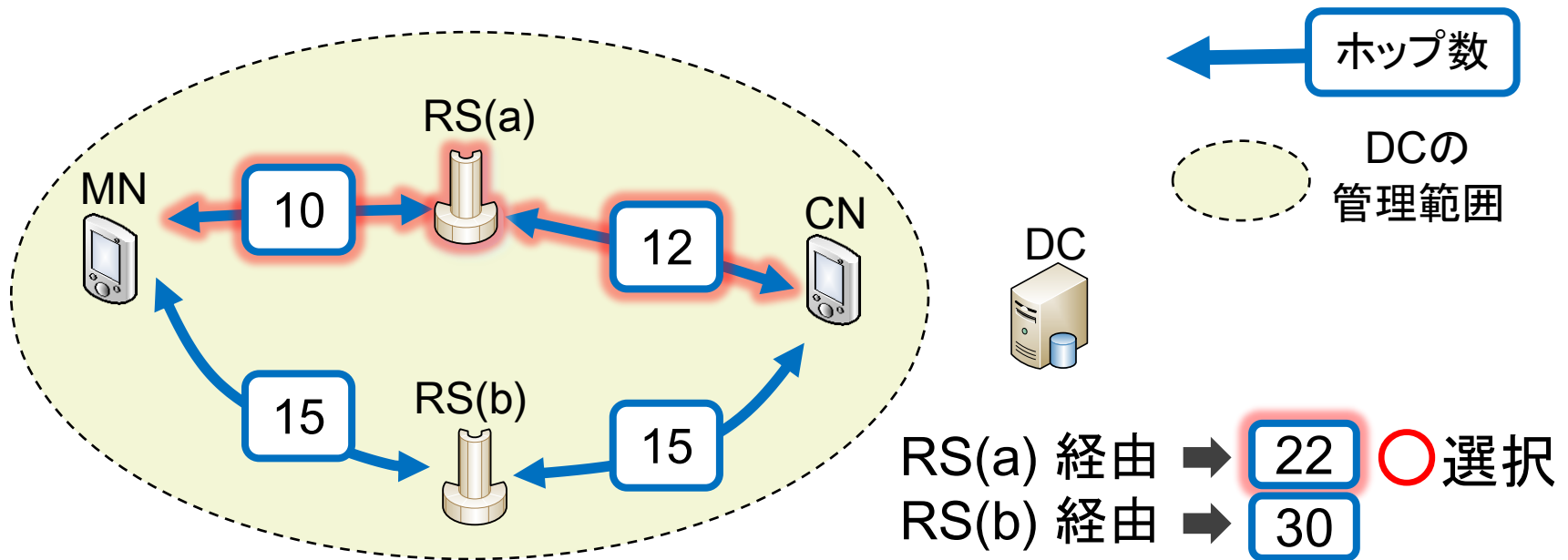


目的

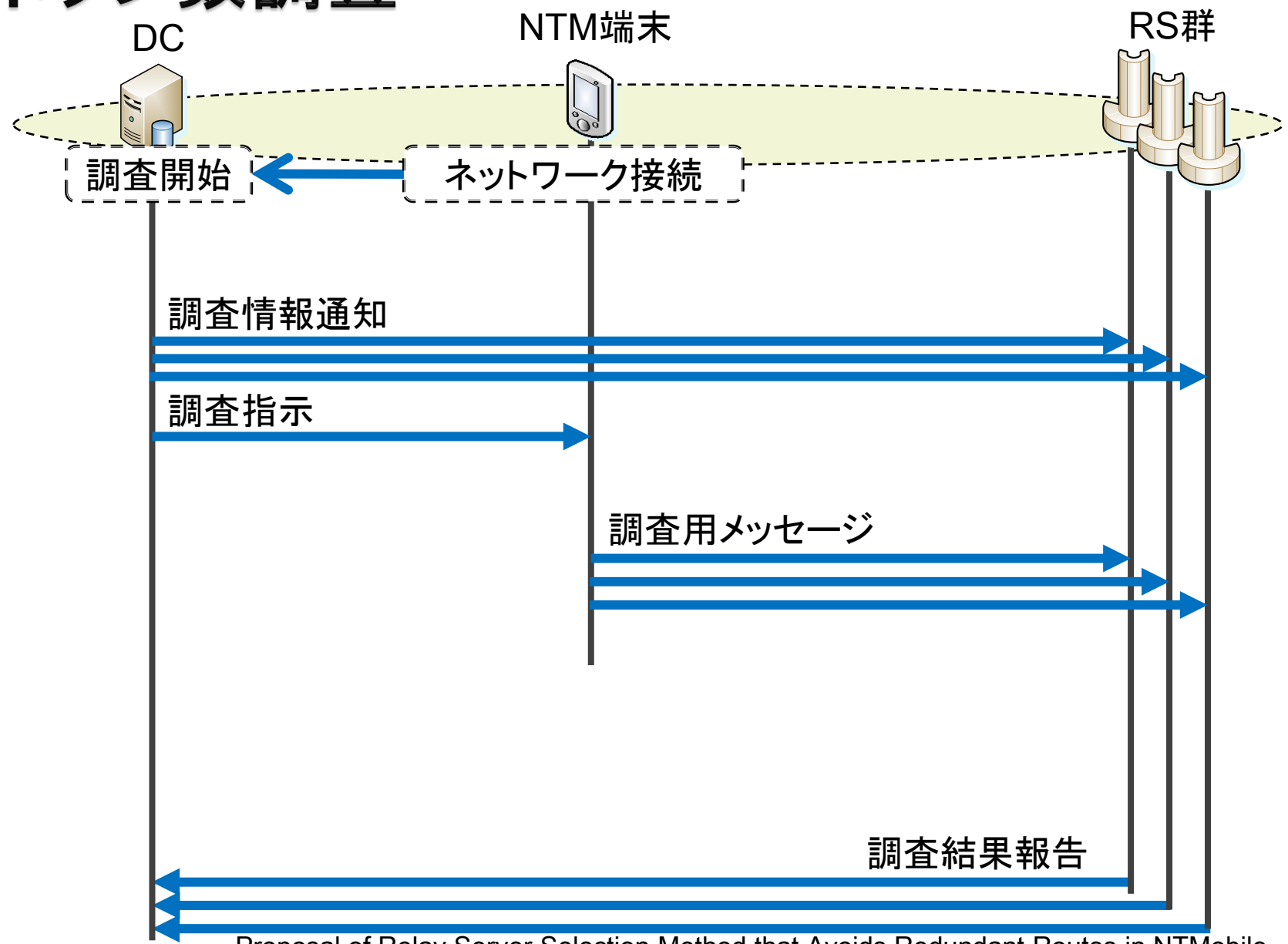
- RSの選択手法を具体的に定義
- RSを経由する場合でも, 最短経路での通信を実現

提案方式

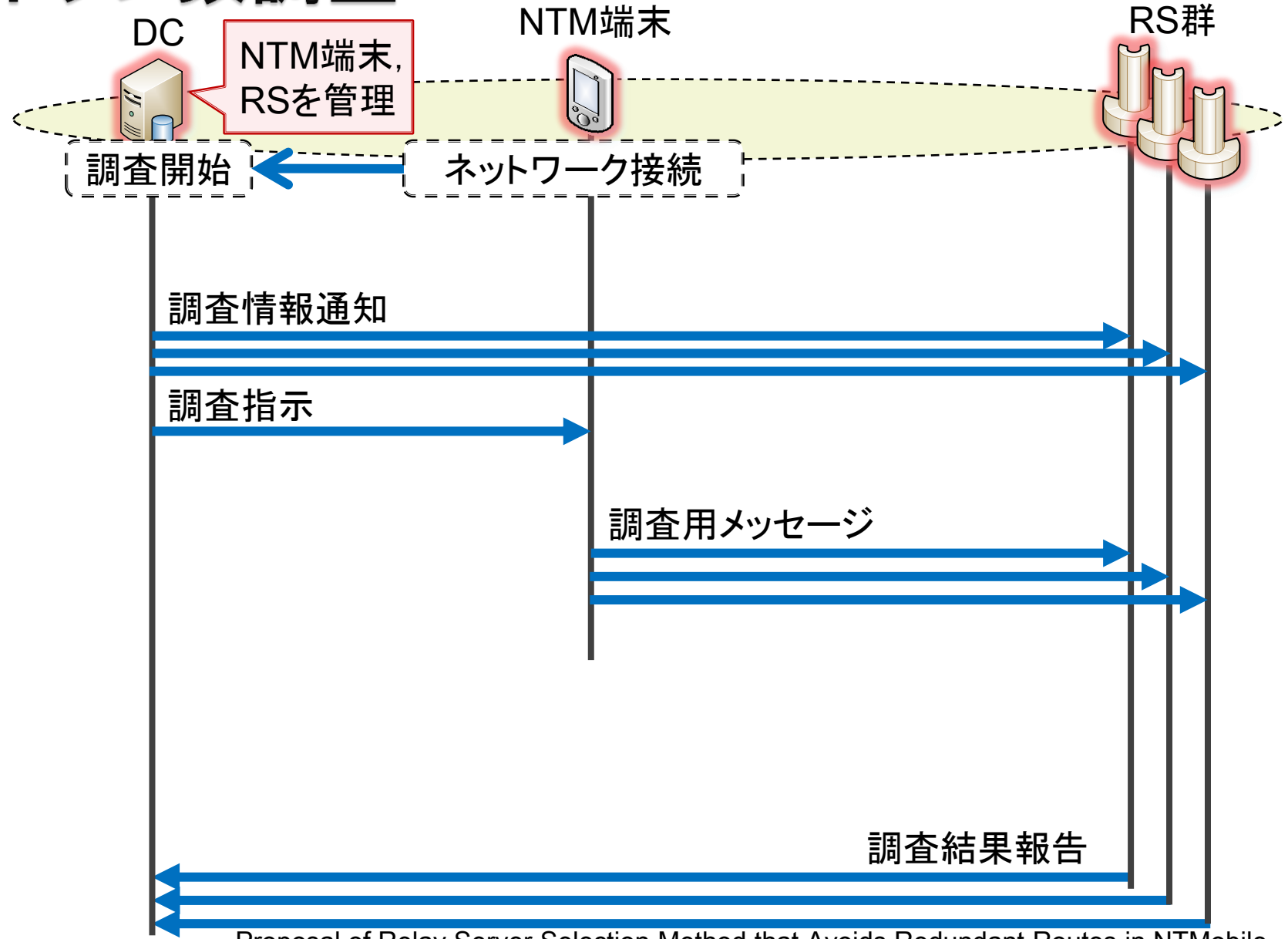
- ▶ NTMobileにおけるRS選択手法を提案
 - 端末が接続するネットワーク・通信相手毎に**最短経路**を構築
 - **ルータ経由数(ホップ数)**を, 経路距離の評価に利用
 - ▶ NTM端末～RS間の距離を調査



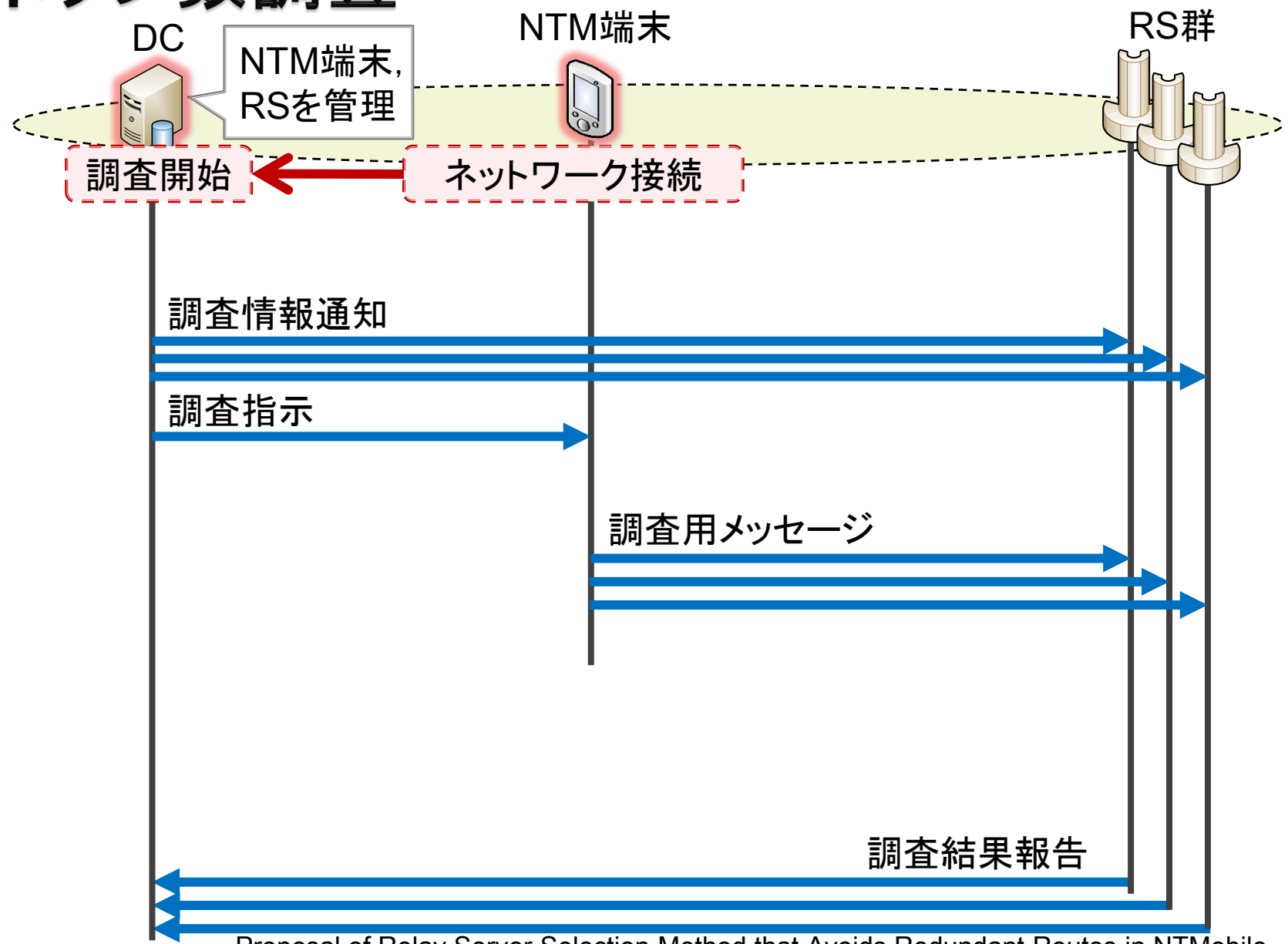
ホップ数調査



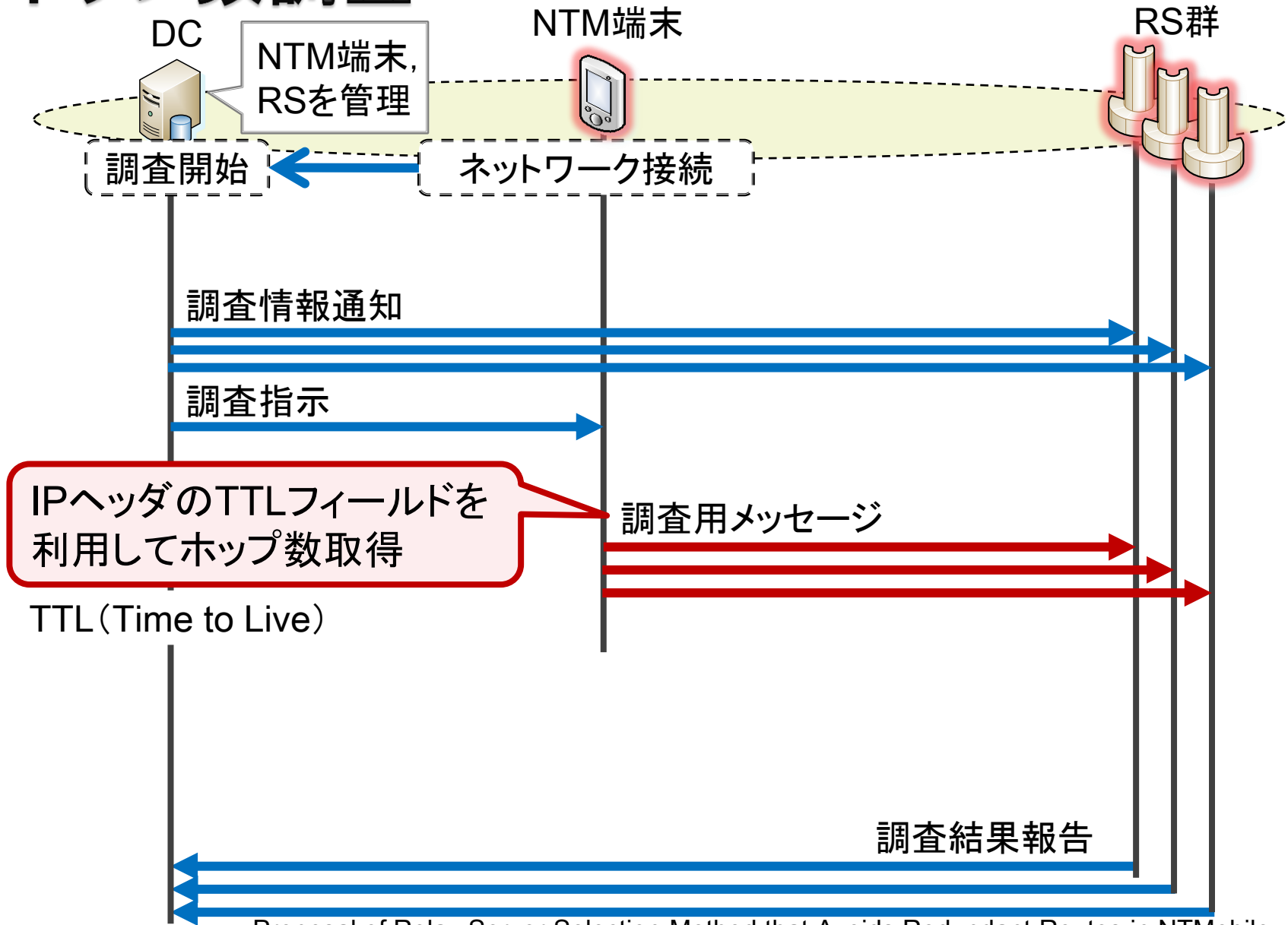
ホップ数調査



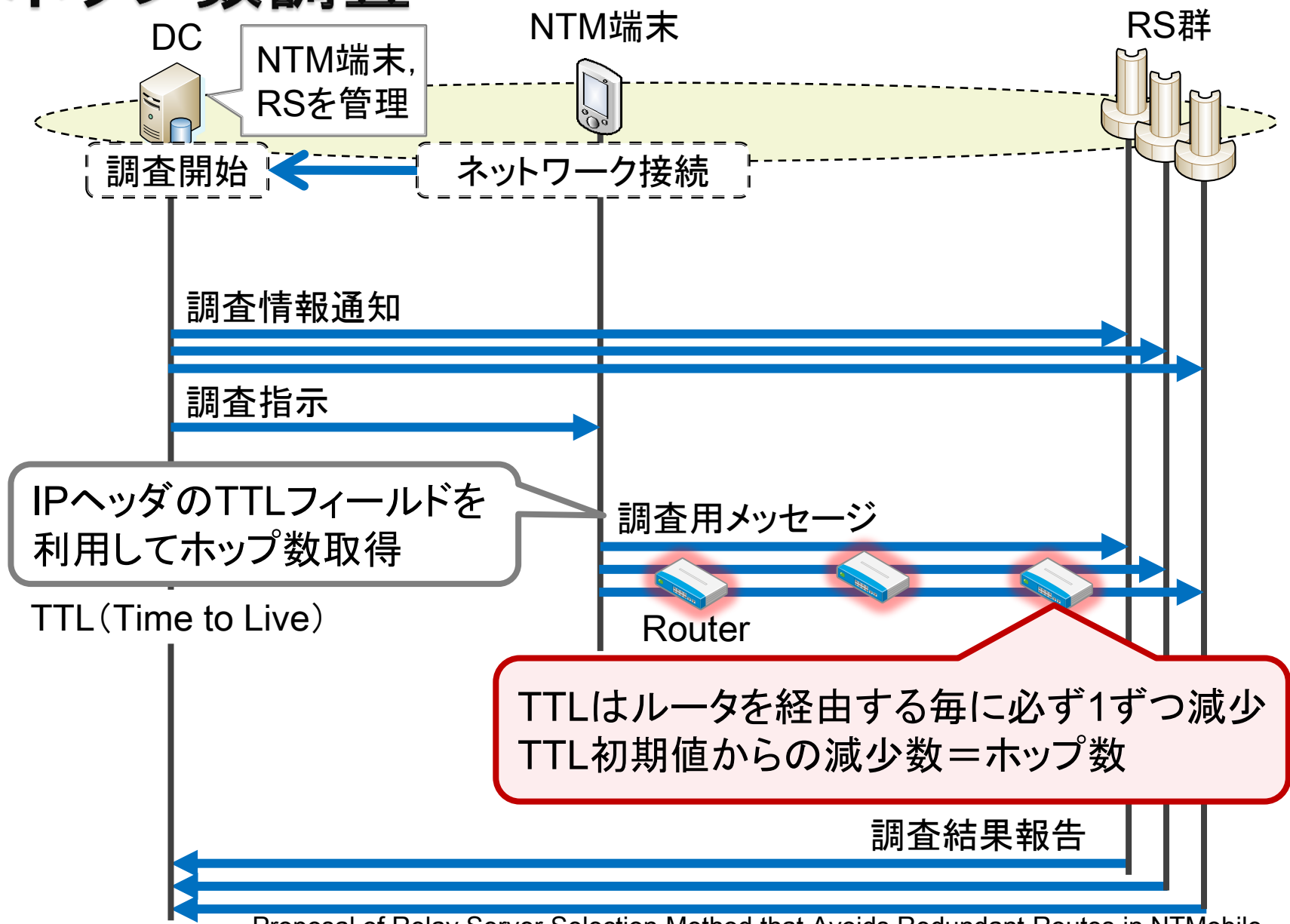
ホップ数調査



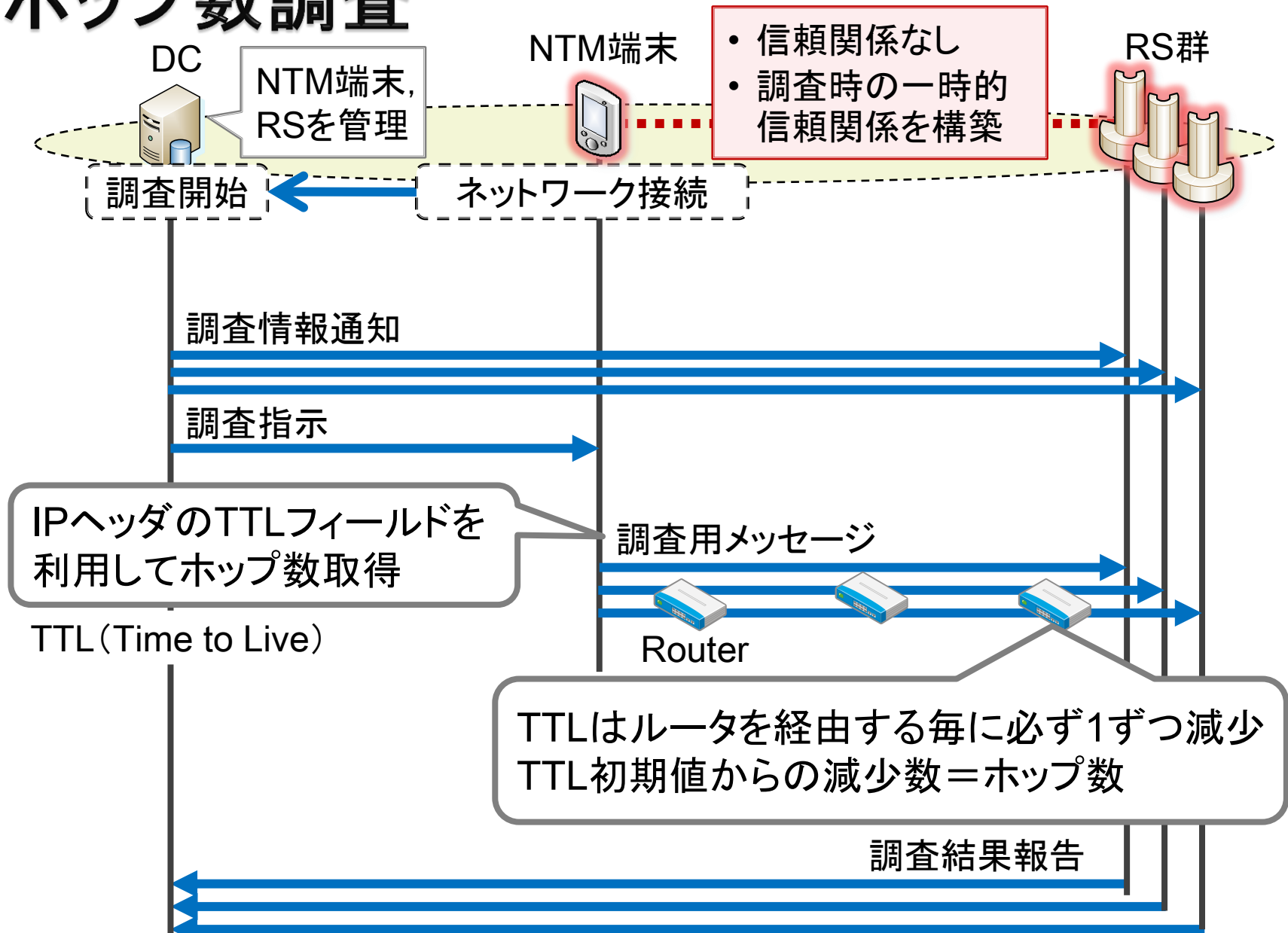
ホップ数調査



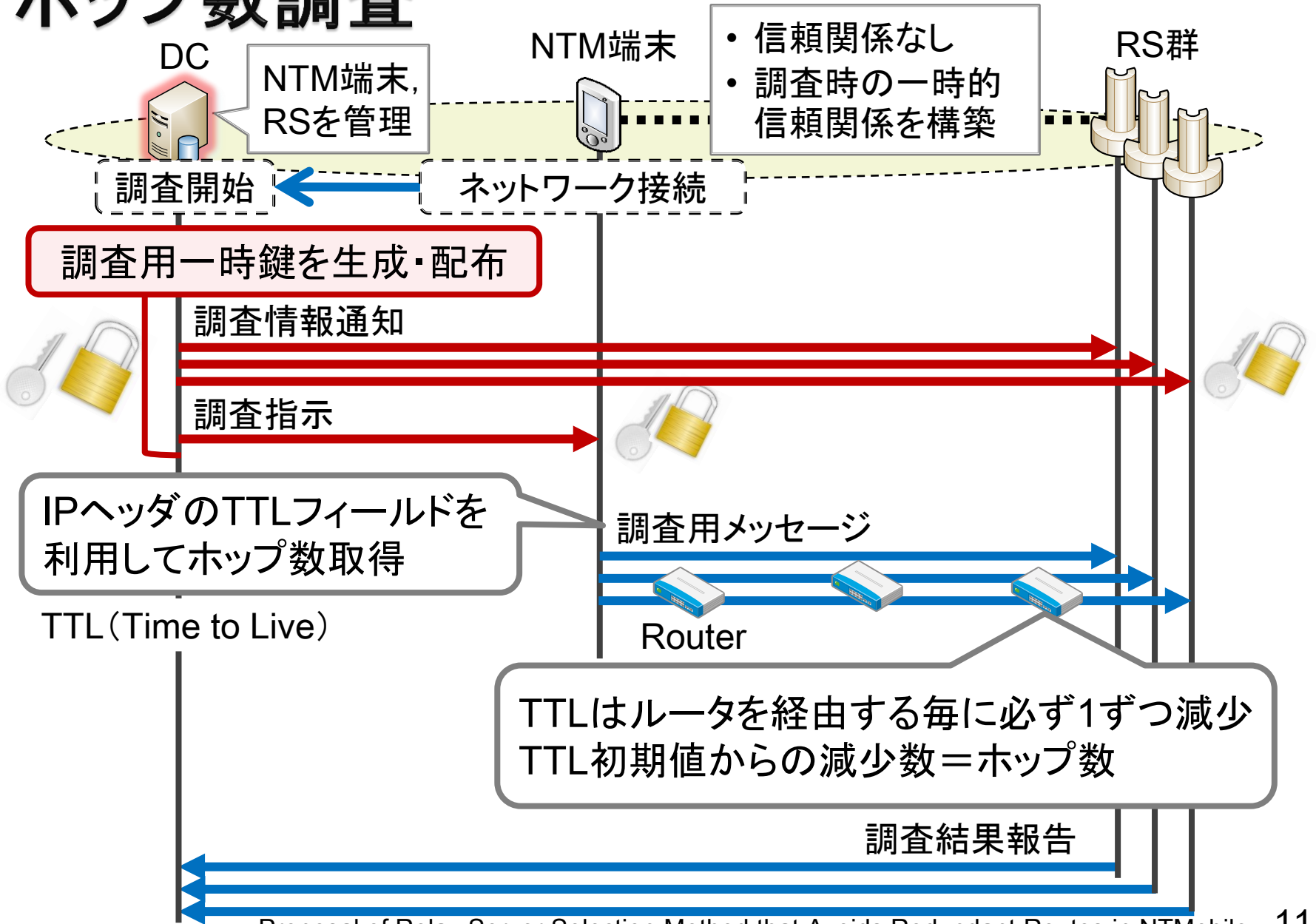
ホップ数調査



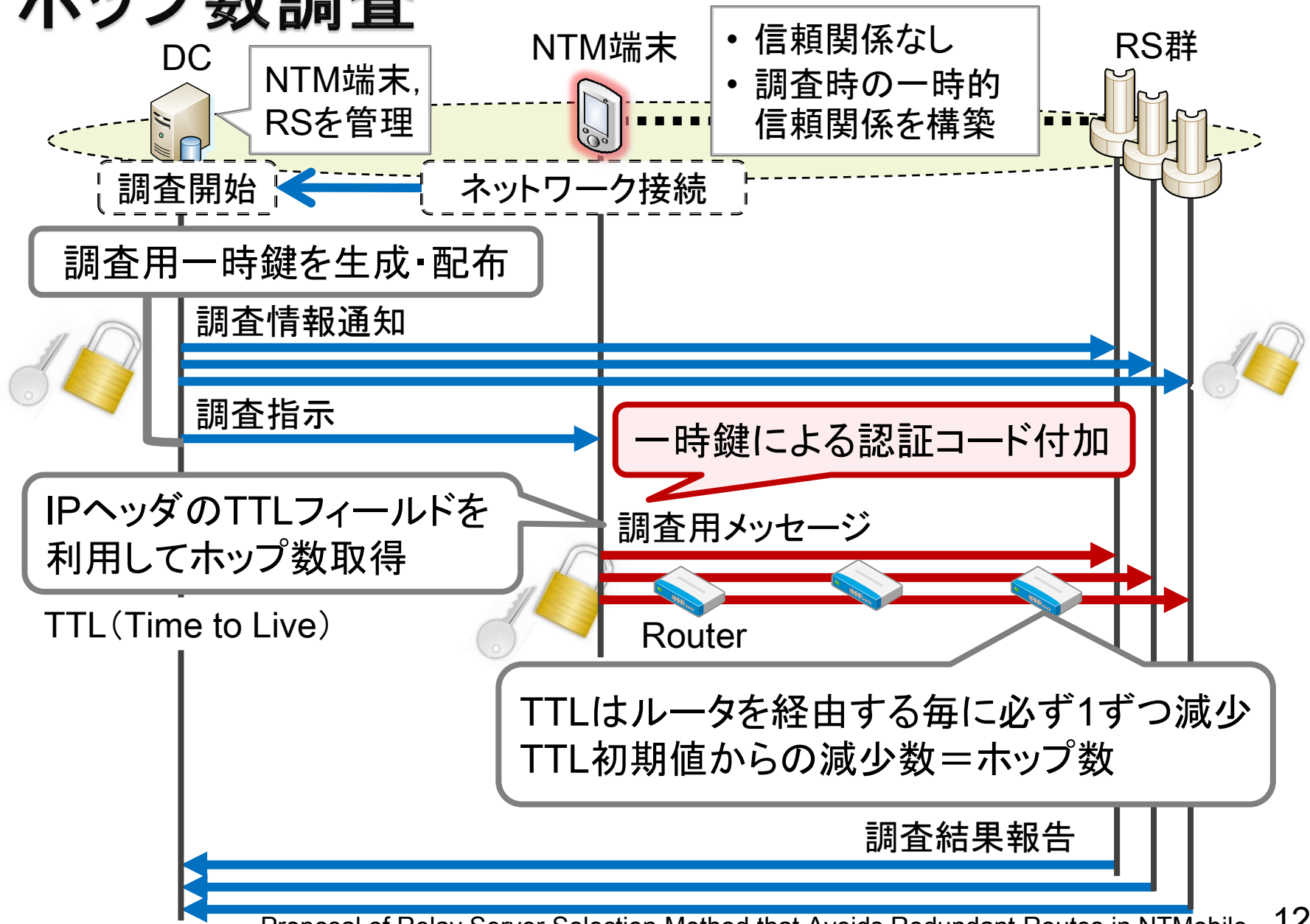
ホップ数調査



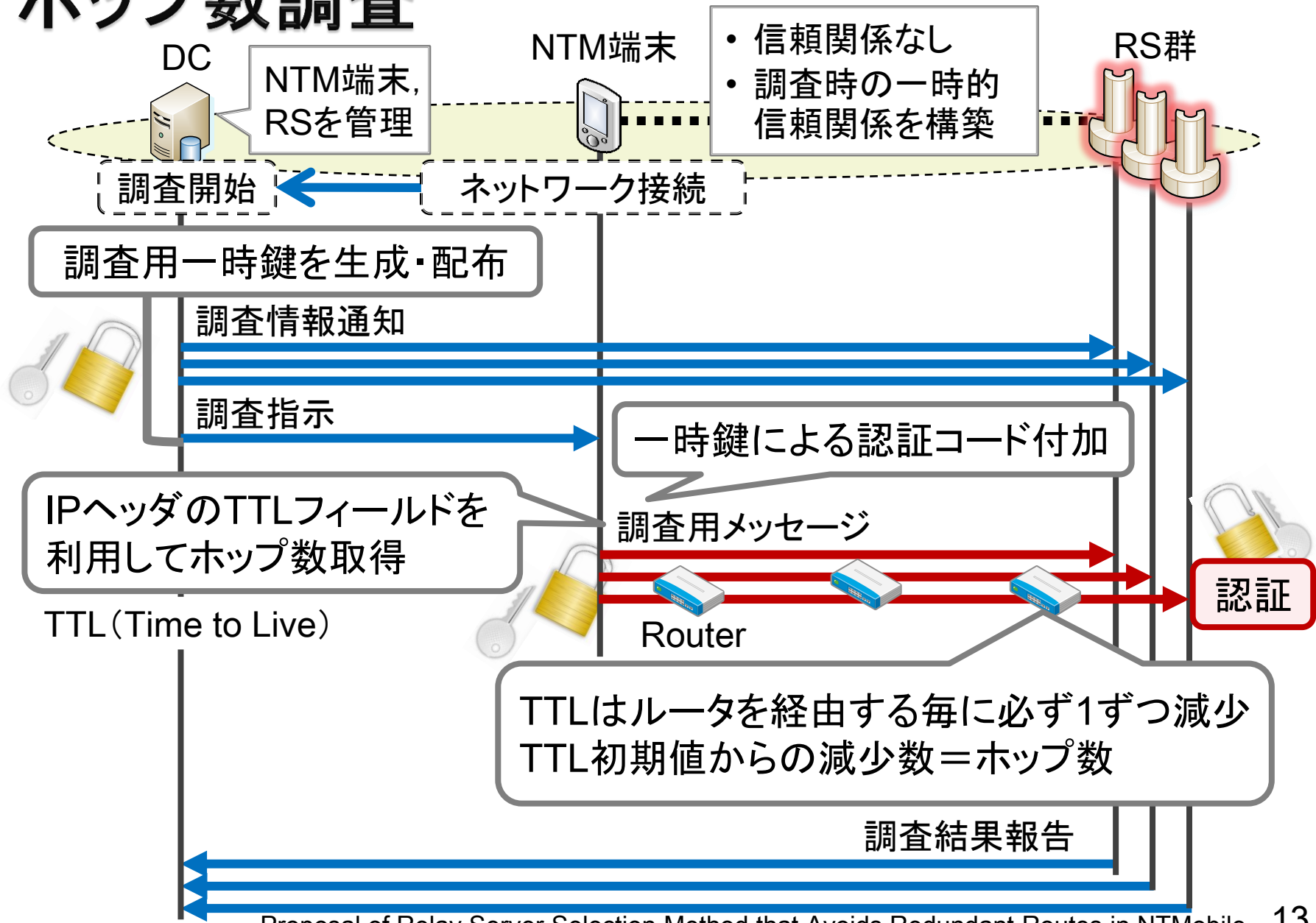
ホップ数調査



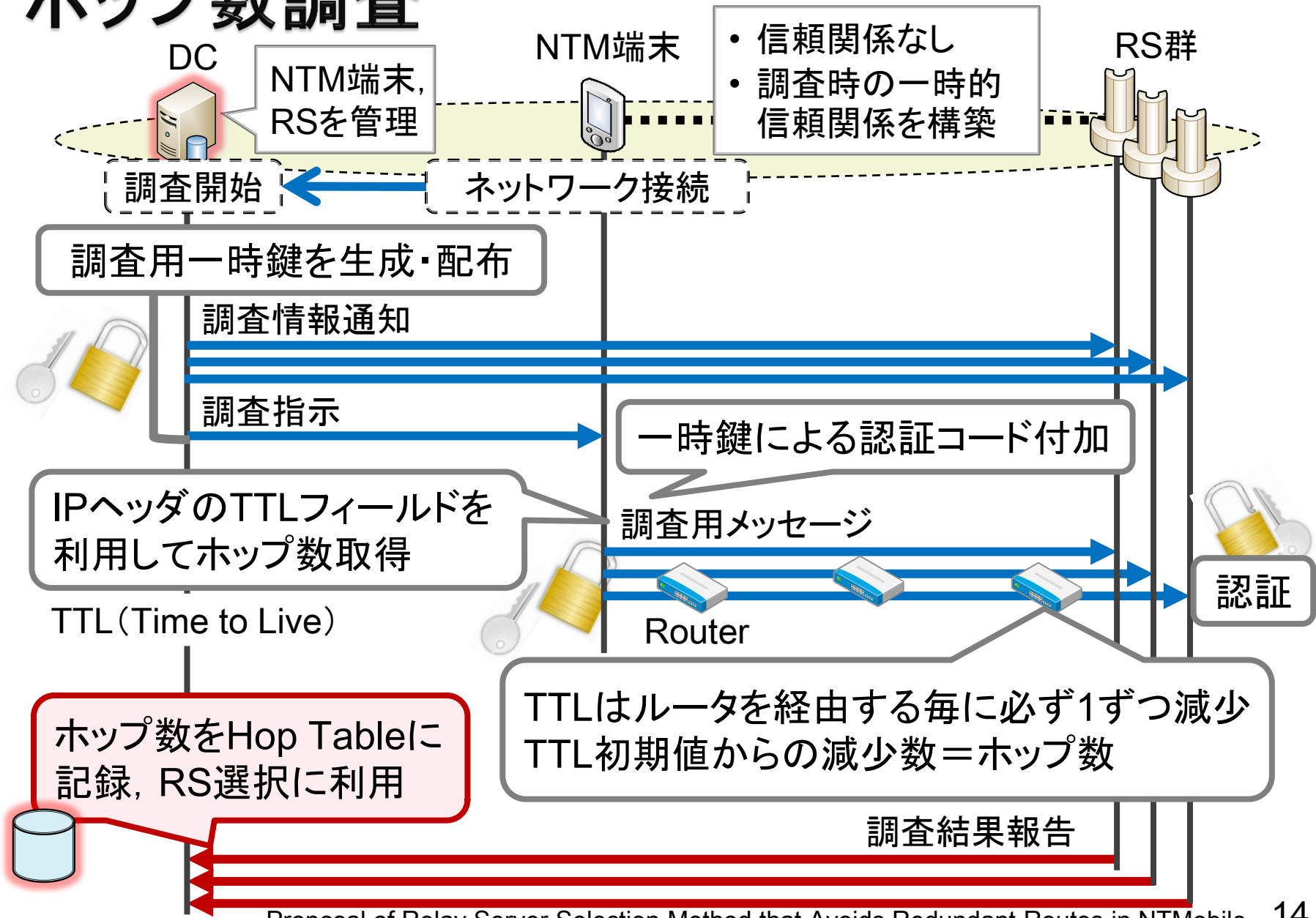
ホップ数調査



ホップ数調査

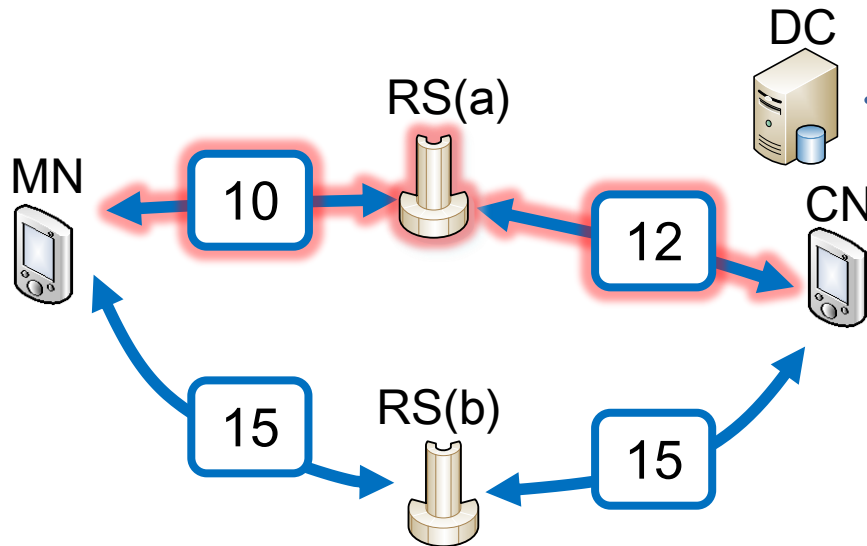


ホップ数調査



RSの選択

- ▶ MNからCNへの通信開始時
- ▶ Hop TableからMN, CNのホップ数調査結果を取得



最適なRSを選択

経路冗長化の抑制により、スループット向上、ネットワーク負荷低減

提案による追加処理
DC's Hop Table

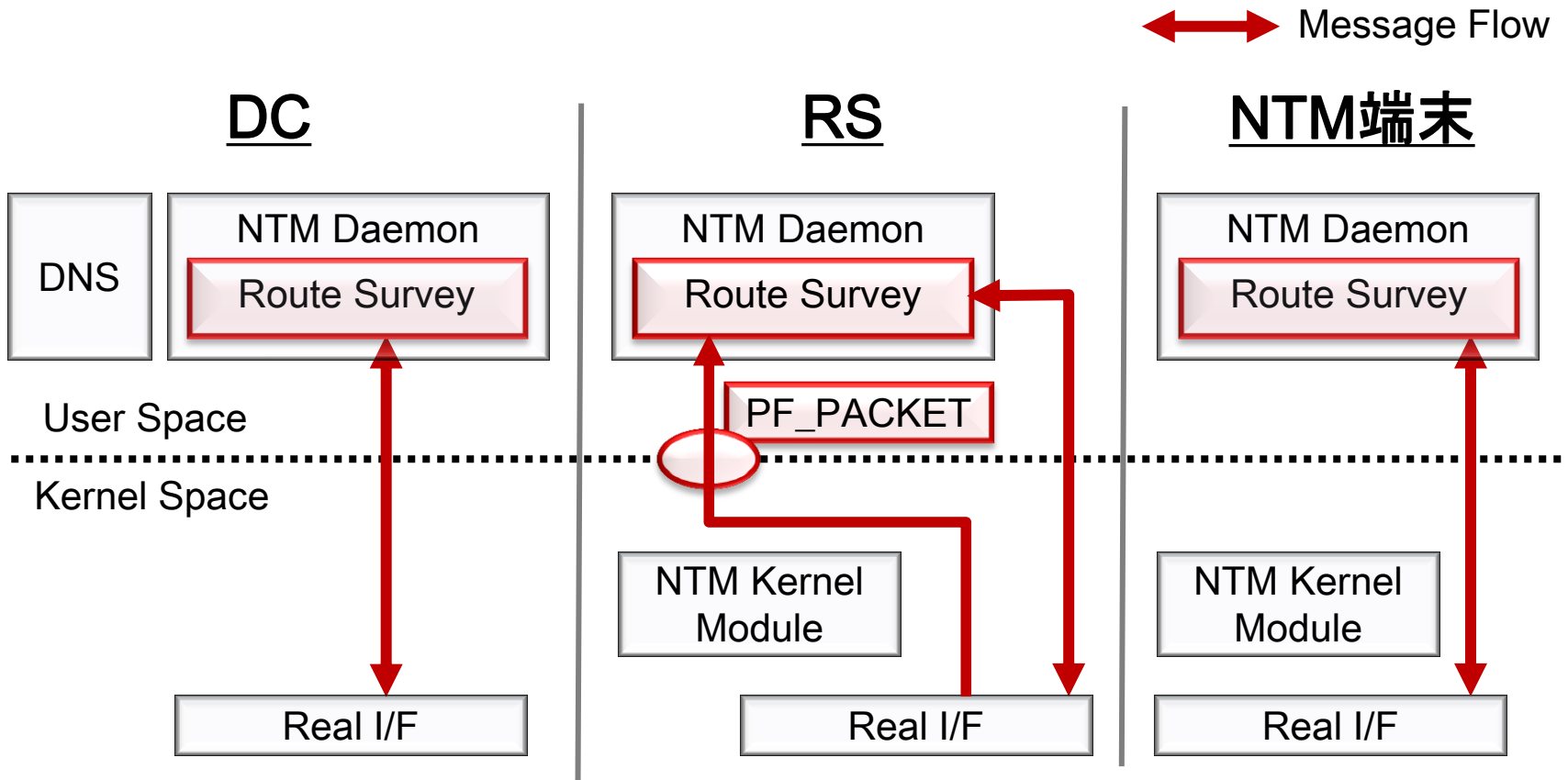
NTM Node	RS	hop
MN	RS(a)	10
MN	RS(b)	15
CN	RS(a)	12
CN	RS(b)	15

RS毎の総経路ホップ数を算出

Route	hop
MN~CN via RS(a)	22
MN~CN via RS(b)	30

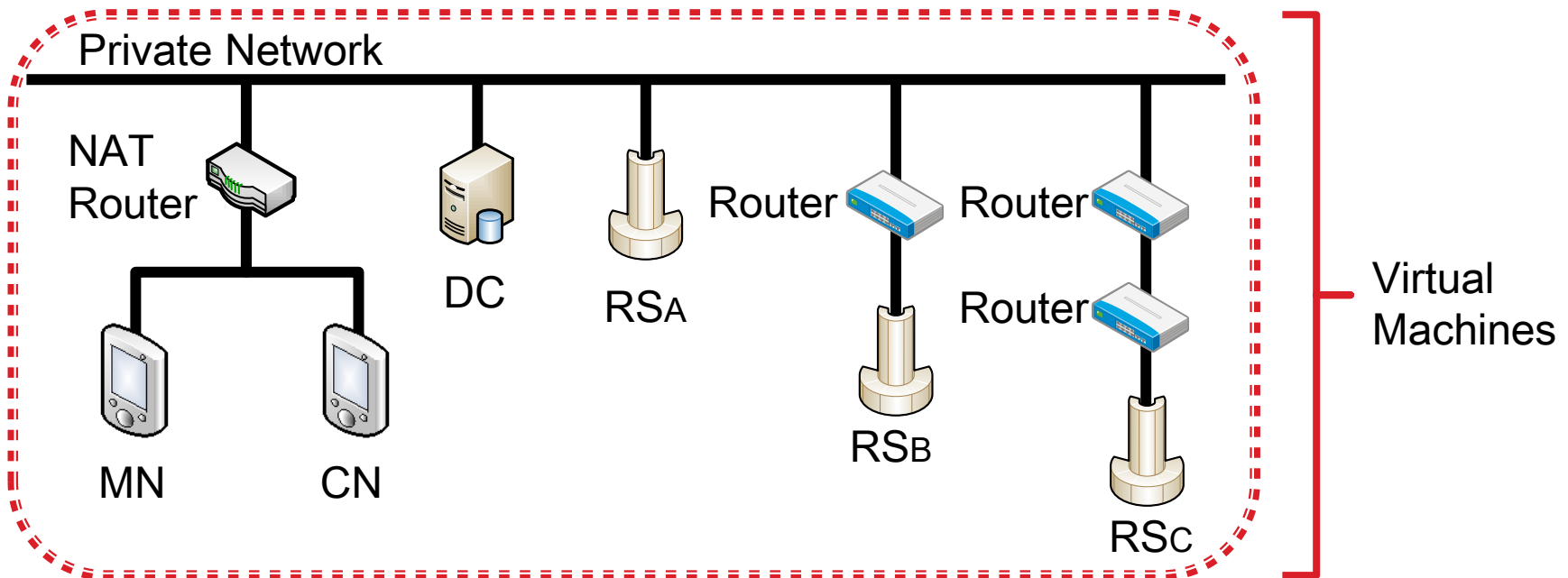
プロトタイプ実装

- ▶ NTMデーモンに、経路調査モジュールを追加実装
 - IPv4上のNTM端末間におけるRS選択に対応
 - PF_PACKETにより、IPヘッダを含むパケットを取得



性能評価 - 装置仕様

	ホストPC	仮想マシン	DC, MN, CN, RSA, RSB, RSc	Router
OS	Windows 7 64bit	OS	Ubuntu 10.04 32bit	
CPU	Intel Core i7 870 2.93GHz	Kernel Version	2.6.32-24-generic	
メモリ	8GB	CPU割り当て	各1Core	
		メモリ割り当て	各1GB	各512MB



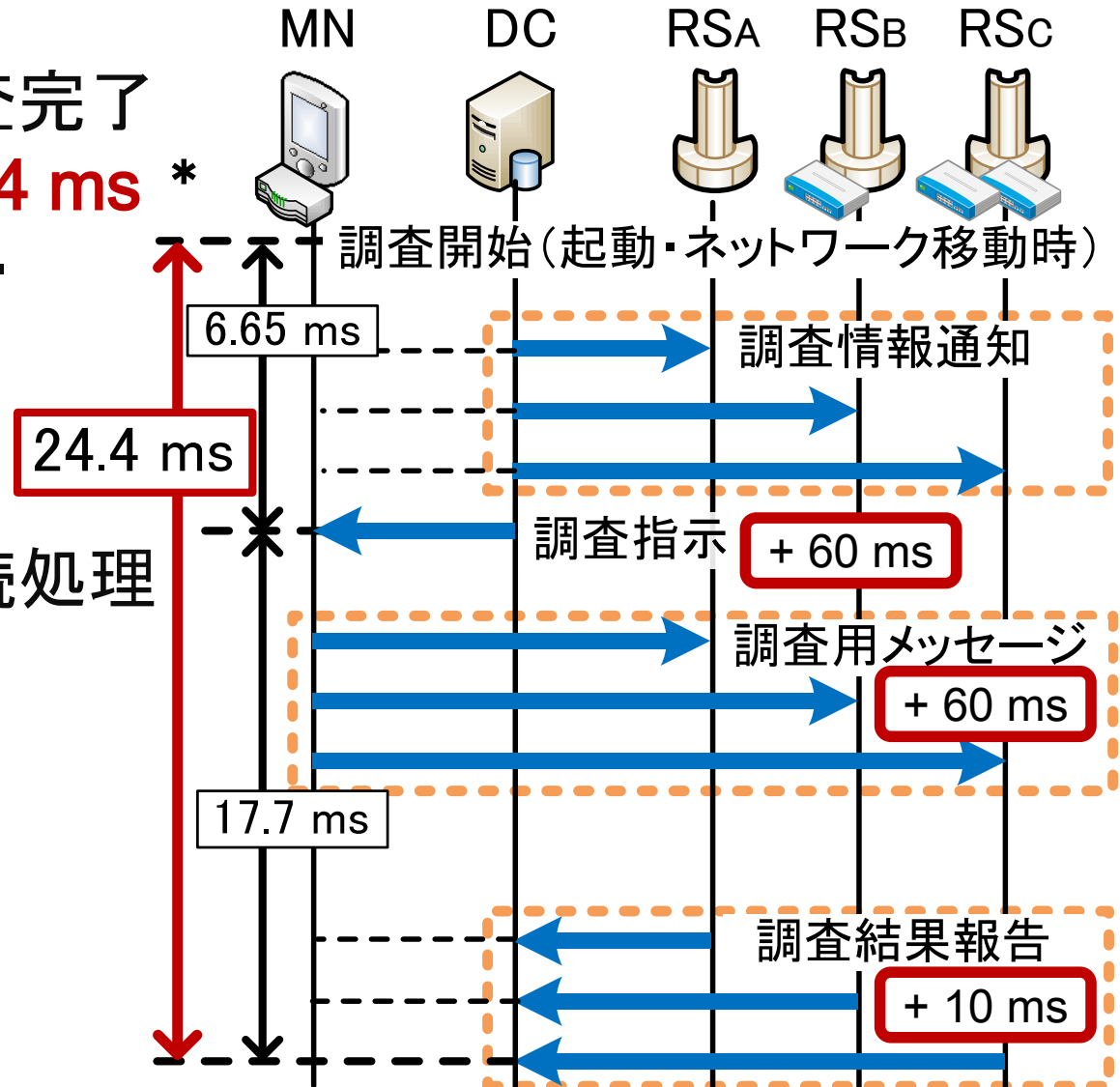
性能評価 - ホップ数調査

▶ 調査開始～調査完了
実環境予測: **154 ms***

- ネットワーク接続・IPアドレス取得:
4.01～5.41 s

▶ 調査時間は接続処理
全体の **4%未満**

*ホップ数調査
35回試行平均値
*実環境予測
3G環境を想定



※一般的な国内グローバルネットワークRTT 約20 ms, 国内3GネットワークRTT 約120 ms

関連研究との比較

	Mobile IPv4	NTMobile 提案方式
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>
端末起動時・移動後の中継装置選択	<p>×</p> <p>限定的選択・変更不可</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>通信相手毎に最適なRSを利用</p>

まとめ

- ▶ NTMobileにおけるRS選択手法
 - NTM端末～RS間のホップ数を調査
 - 通信経路のホップ数が最小となるRSを選択
 - 経路冗長化の抑制が可能
 - ▶ ネットワーク負荷低減, スループット向上が期待

- ▶ プロトタイプ実装・性能評価
 - 仮想環境内において正常な動作を確認

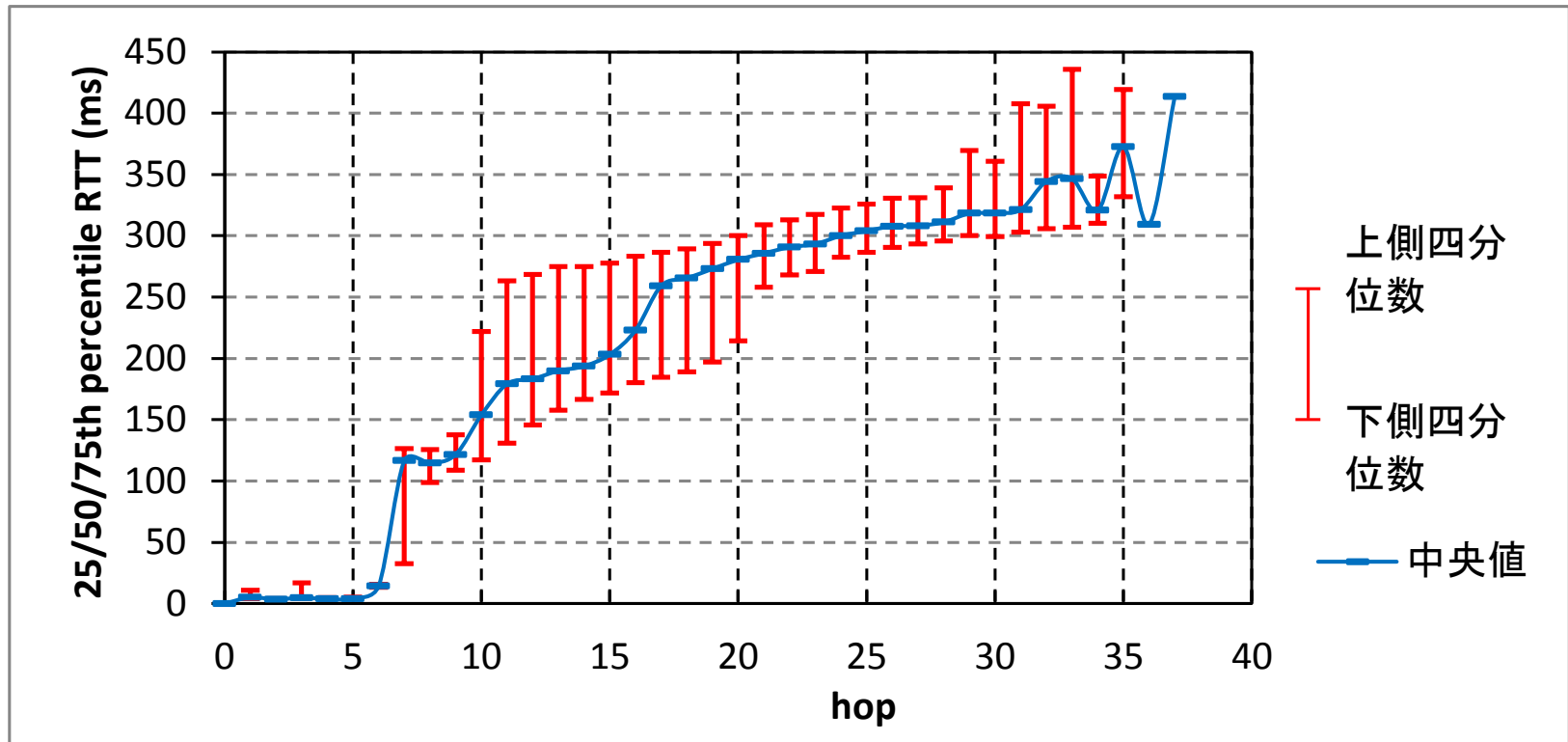
- ▶ 今後の課題
 - 実環境における有用性の検証

補足資料



ホップ数とRTTの関係性

- ▶ ホップ数が増加と共に, RTTの中央値と分布も上昇
- ▶ ネットワーク帯域, ネットワークの負荷, 経路長におけるルータ個数により変動



CAIDA (The Cooperative Association for Internet Data Analysis)

- RTT quartiles vs hop distance, Plala NTT (nrt2-jp, 東京)

http://www.caida.org/projects/ark/statistics/nrt2-jp/med_rtt_per_hop.html (2014-02-07アクセス)

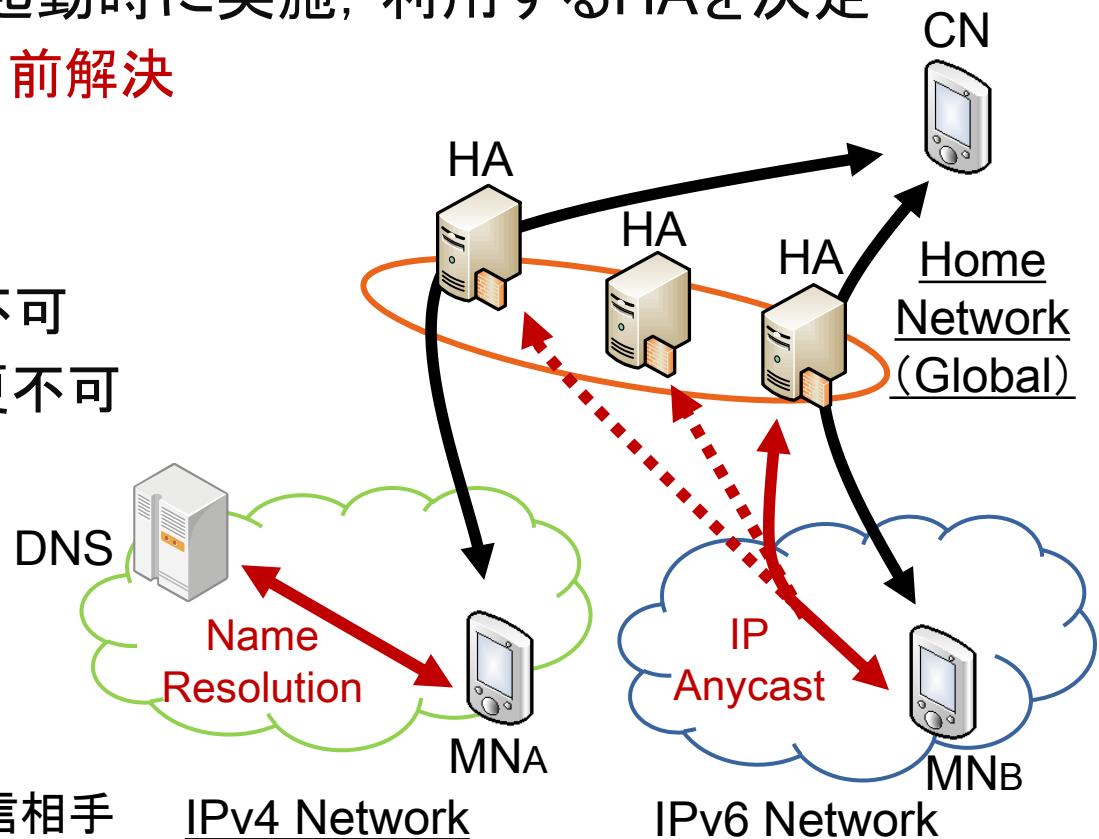
通信経路の評価指標の比較

	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

▶ DSMIPv6 (Dual Stack Mobile IPv6)

- HA (Home Agent) : 中継装置. ホームネットワーク内に設置
 - ▶ HA経由でパケット送信
- HA発見手法 : 端末起動時に実施, 利用するHAを決定
 - ▶ IPv4: DNSによる名前解決
 - ▶ IPv6: IP Anycast
- 通信経路が冗長
 - ▶ 複数のHAの利用不可
 - ▶ 移動後にHAの変更不可



Soliman, H.: Mobile IPv6 Support for Dual Stack Hosts and Routers, RFC 5555, IETF(2009).

DNS (Domain Name System)

MN (Mobile Node) : 移動端末

CN (Correspondent Node) : 通信相手