多段 NAT 環境における NTMobile の経路最適化の提案

納堂　博史†*，鈴木　秀和†，内藤　克浩‡，渡邊　晃†（†名城大学，‡三重大学）

Proposal for Route Optimization of NTMobile in Multiple NATs Environment

Hiroshi Nodo, Hidekazu Suzuki, Katsuhiro Naito, Akira Watanabe (Meijo University, Mie University)

１．はじめに

IPネットワークでは，移動しながら通信を開始・継続できる移動透過性と，NATの存在に関わらず通信を開始できるNAT越え問題の解決は重要である．この 2 つを同時に実現する手法として，我々はNTMobile（NAT Traversal with Mobility）を提案している．

しかし，この手法では通信を行う 2 つのエンド端末が同じ NAT 配下に存在するとき，後述する第 3 の機器を用いた中継通信を行うため，通信経路が冗長化するという課題がある．本稿では，NTMobile に追加処理を行わせることにより，この課題を解決する手法を提案する．

２．NAT 越えと移動透過性を同時に実現する NTMobile

NTMobile を構成する装置として，NTMobile の機能を有する NTM 端末，NTM 端末のネットワーク位置情報を管理する DS（Direction Server），両 NTM 端末が NAT 配下に存在する場合に通信を中継する RS（Relay Server）がある．

NTM 端末はネットワーク接続時に DS に対して位置情報登録を行う．このとき，NTM 端末には DS から仮想 IP アドレスが割り当てられ，上位アプリケーションは仮想 IP アドレスで通信を識別する．NTM 端末は通信開始時に DS の指示に従い相手 NTM 端末との間に UDP トンネルを構築する．アプリケーションは仮想 IP アドレスを用いている為，移動に伴う IP アドレスの変化を隠ぺいできる．また，UDP トンネルを用いることで，通信経路上に NAT が介在しても確実に経路を構築できる．

３．多段 NAT 環境における NTMobile の課題

NTMobile において，DS に登録される情報は NTM 端末の実 IP アドレス，ノード ID，FQDN，NAT の外側 IP アドレスである．ここで，両 NTM 端末が同一の NAT 配下に存在すると，多段 NAT 環境では DS が NTM 端末のネットワーク上の位置を正確に知ることができない．このため，NAT 越え問題により，NTM 端末間が直接通信できない可能性がある．RS を必ず経由させれば通信は可能であるが，経路が冗長化するという課題がある．

４．提案方式

NTMobile では，通信開始時に DNS サーバーに NTM 専用レコードを問い合わせることによって通信相手の位置情報を取得し，DS に対して指示要求（Direction Request）を行う．これを受けて，DS は各 NTM 端末に対して経路指示（Route Direction）を行い，各 NTM 端末はこの指示に従ってトンネルを生成して経路を確立する．トンネルの生成にはトンネル要求・応答（Tunnel Request/Response）メッセージを交換する．

Fig.1 に提案方式の通信開始シーケンスを示す．網掛部分が新たに修正，追加したシーケンスである．提案方式では，通信を行う 2 つの NTM 端末が同じ NAT 配下に存在する場合，トンネル要求・応答メッセージを互いに投げ合うことで直接通信が可能であるかどうかを試みる．第 1 処理として，従来の NTMobile と同様に RS を経由したトンネル通信を確立する．このとき, Route Direction に第 2 処理を行うための指示を含ませる．この処理によって RS を経由した通信が確立した後，第 2 処理として，エンド端末同士が互いに Tunnel Request を通信相手に送信する．このメッセージを一方または両方の NTM 端末が受信した場合，直接通信が可能と判断し，RS を経由しないエンドエンドの通信経路を確立する．両 NTM 端末がこのメッセージを受信できなかった場合，RS を経由した通信が継続される．

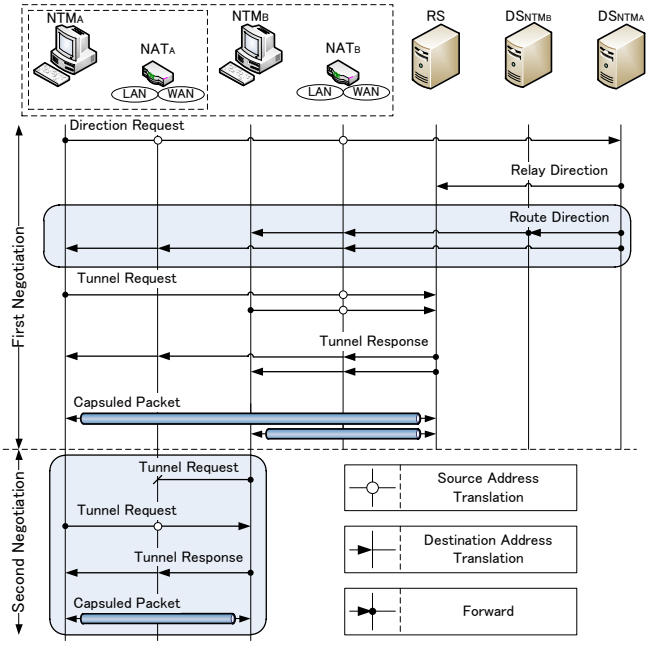


Fig.1. Sequence of the proposed method.

５．まとめ

NTMobile を拡張して多段 NAT 環境下においても経路の最適化が可能な方式を提案した．今後は，NTMobile への実装と性能評価を行う予定である．

文　献

(1) 鈴木 秀和，他: DICOMO2011 論文集, pp.1339-1348, 2011

多段NAT環境におけるNTMobileの経路最適化の提案

†名城大学　‡三重大学
納堂 博史†, 鈴木 秀和†,内藤 克浩‡, 渡邊 晃†

はじめに

- 移動通信の需要増加
  公衆無線網の普及
  小型携帯端末の普及

- 移動しながら通信を開始・継続する必要性
  IP通信では移動するとIPアドレスが変化
  通信識別子であるIPアドレスの変化に伴いIP通信は切断

- NATを跨る通信の必要性
  IPv4ネットワークでは一般にNATを介する通信となる
  NATを越える通信の実現

NATを跨る移動透過性を実現するNTMobileの提案

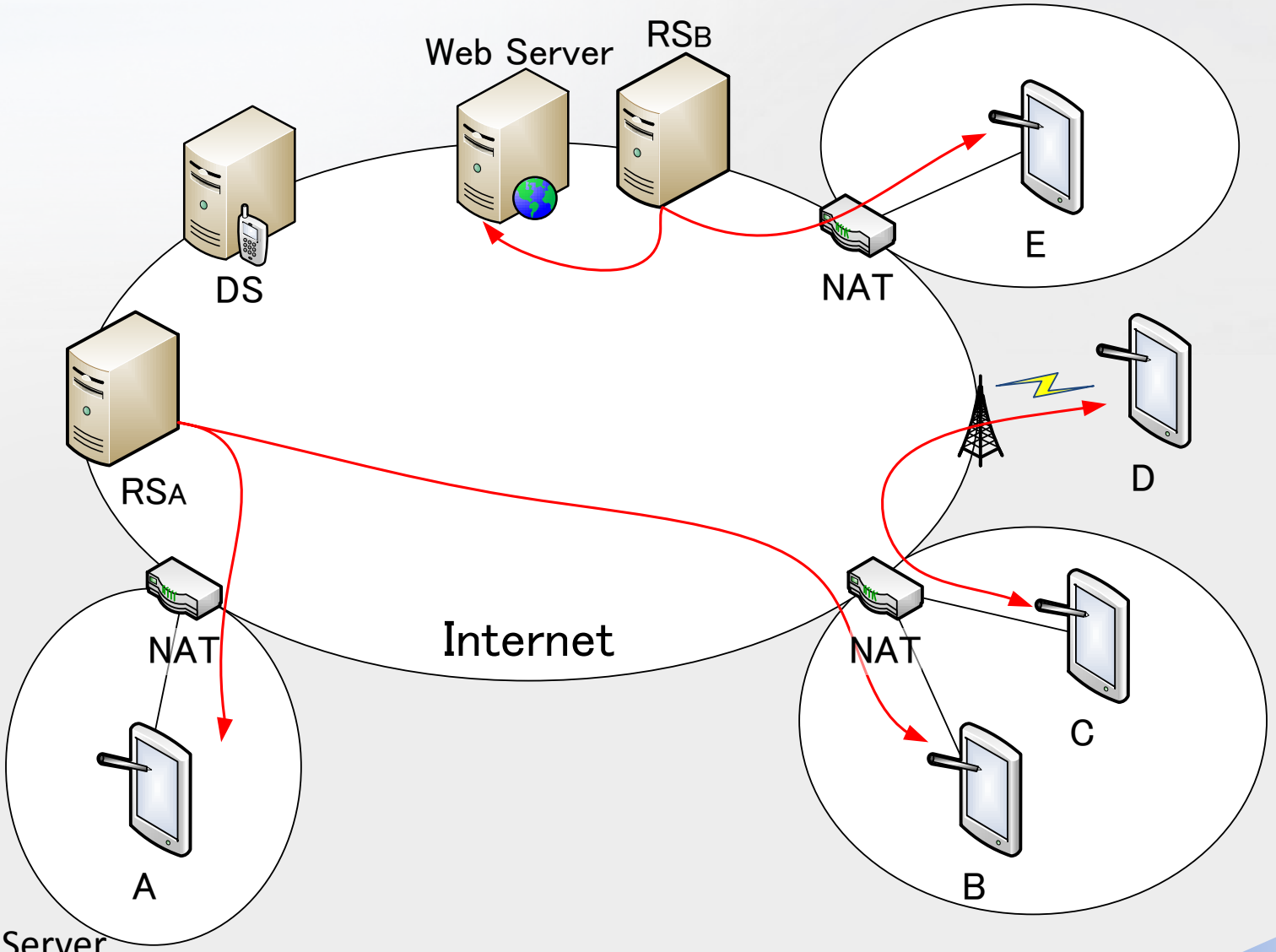
NTMobileについて

- 仮想IPアドレスの導入
  移動透過性の実現
  -端末の位置に依存しないIPアドレス
  -アプリケーションは仮想IPアドレスでコネクションを確立
  -DSが各端末に重複しないように割り当て

- UDPトンネルの利用
  NAT越え問題の解決
  移動透過性の実現
  -実IPアドレスで仮想IPアドレスをカプセル化
  -端末が移動したら外側のアドレス(実IPアドレス)を更新

DS: Direction Server

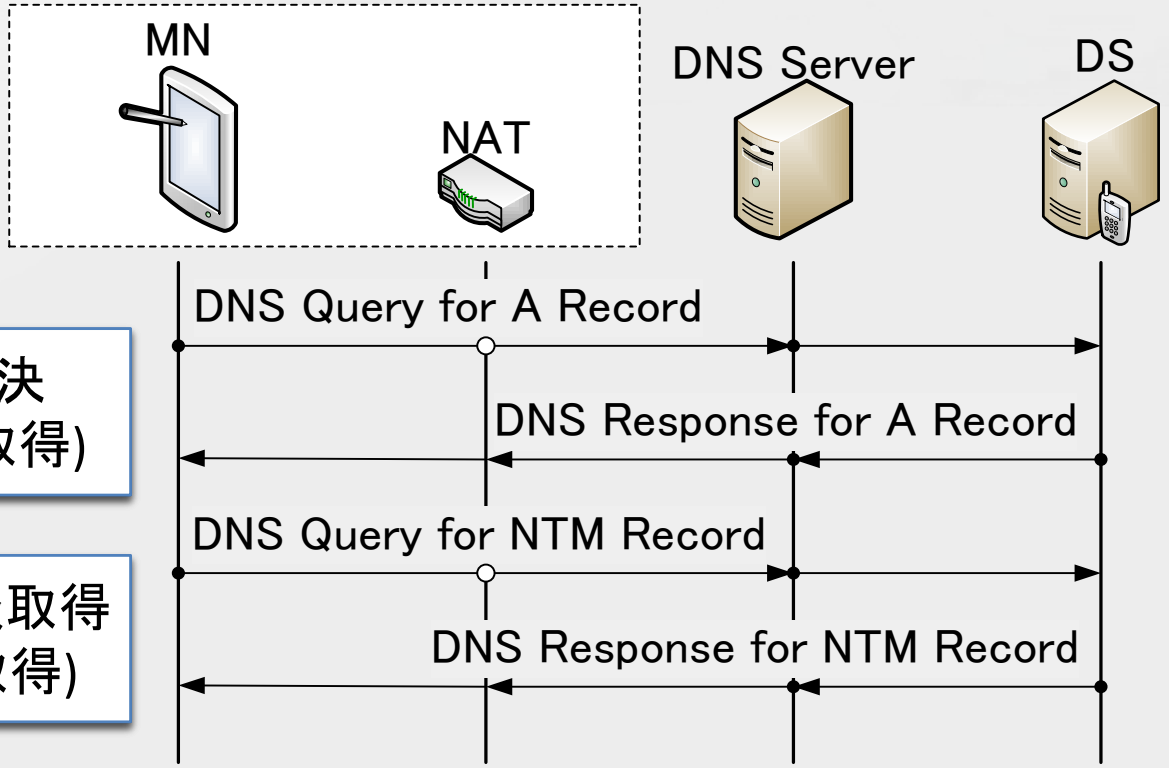
NTMobileの構成機器



RS: Relay Server

NTMobileの動作シーケンス(名前解決)

- DSに通信相手の情報を問い合わせる
  DSはDDNSの機能を内包
  NTMobile端末からDSに通知される実IPアドレスはDNSレコードに登録
  NTMobileに用いる情報は専用レコードとしてDSのDNSに実装

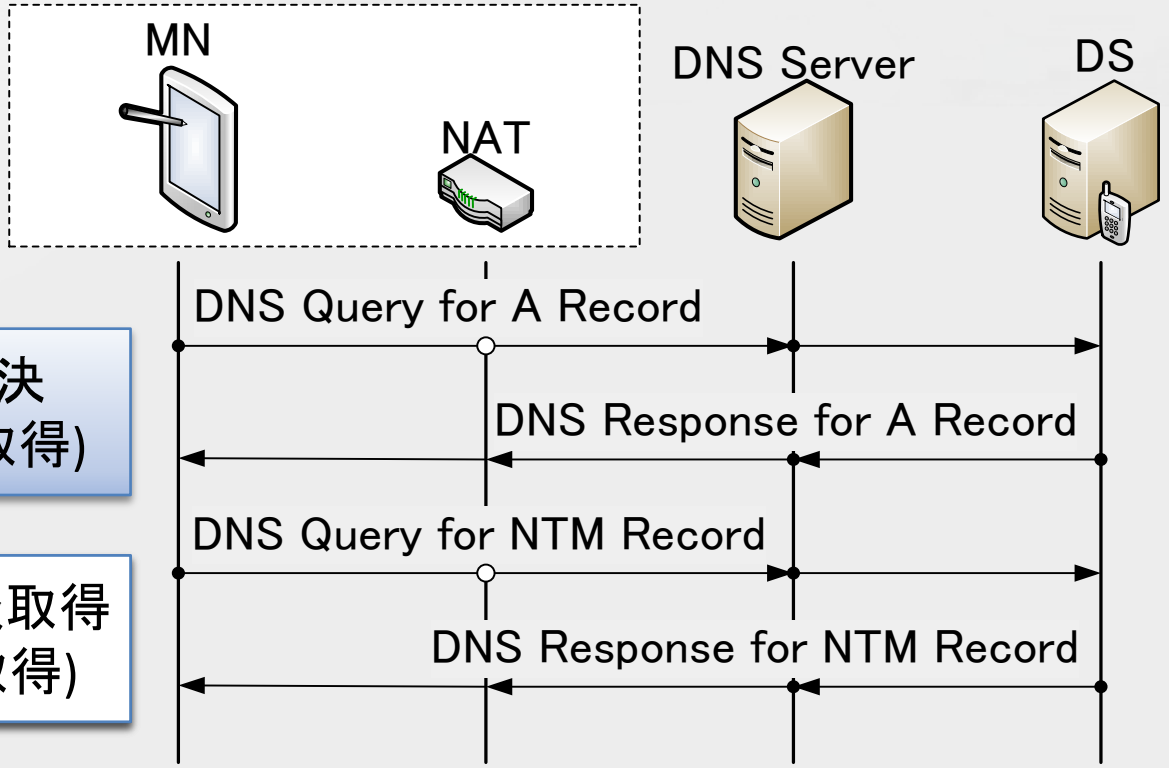


CNの名前解決
(実IPアドレス取得)

CNのNTMobile情報取得
(仮想IPアドレス取得)

NTMobileの動作シーケンス(名前解決)

- DSに通信相手の情報を問い合わせる
  DSはDDNSの機能を内包
  NTMobile端末からDSに通知される実IPアドレスはDNSレコードに登録
  NTMobileに用いる情報は専用レコードとしてDSのDNSに実装

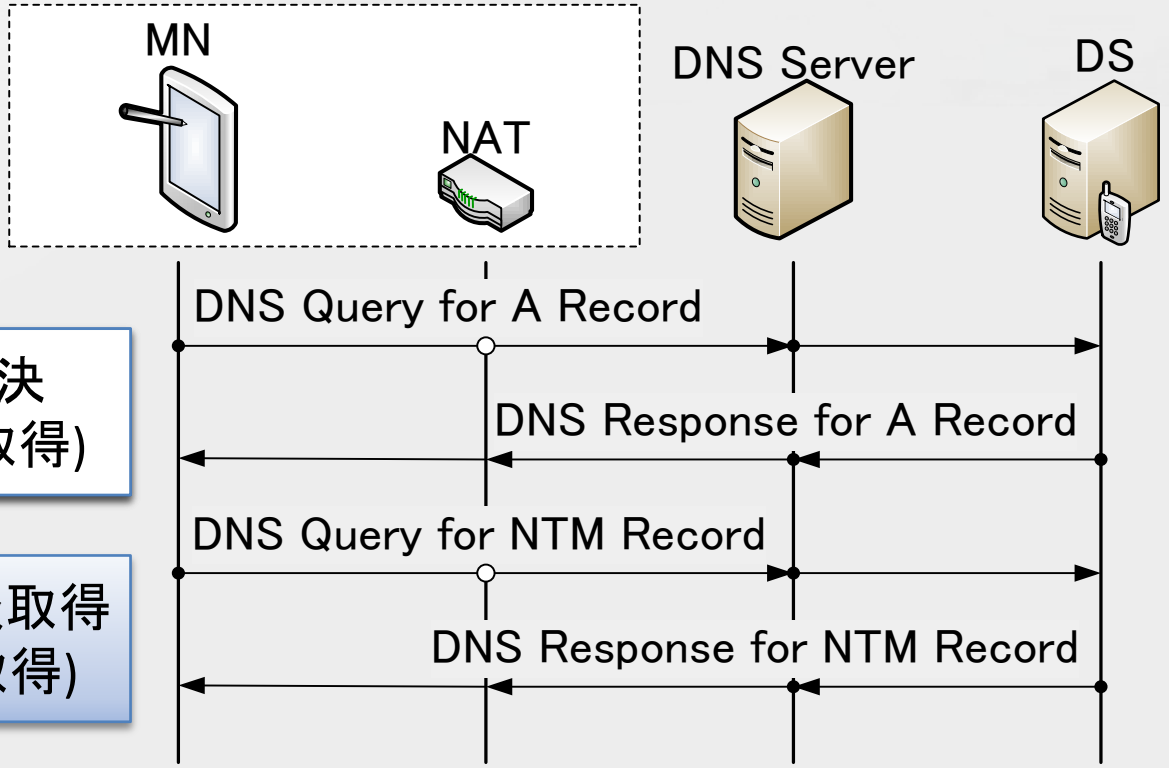


CNの名前解決
(実IPアドレス取得)

CNのNTMobile情報取得
(仮想IPアドレス取得)

NTMobileの動作シーケンス(名前解決)

- DSに通信相手の情報を問い合わせる
  DSはDDNSの機能を内包
  NTMobile端末からDSに通知される実IPアドレスはDNSレコードに登録
  NTMobileに用いる情報は専用レコードとしてDSのDNSに実装

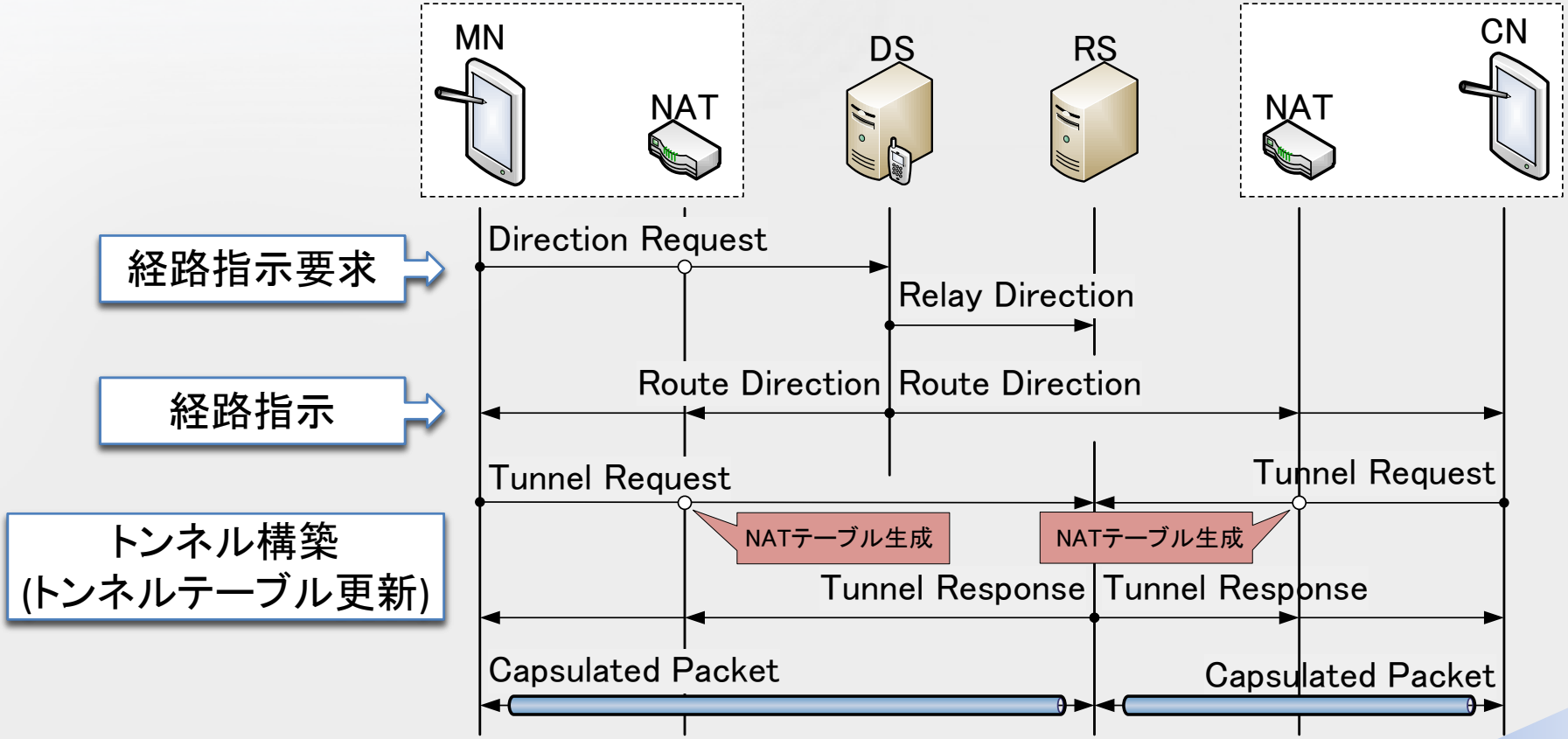


CNの名前解決
(実IPアドレス取得)

CNのNTMobile情報取得
(仮想IPアドレス取得)

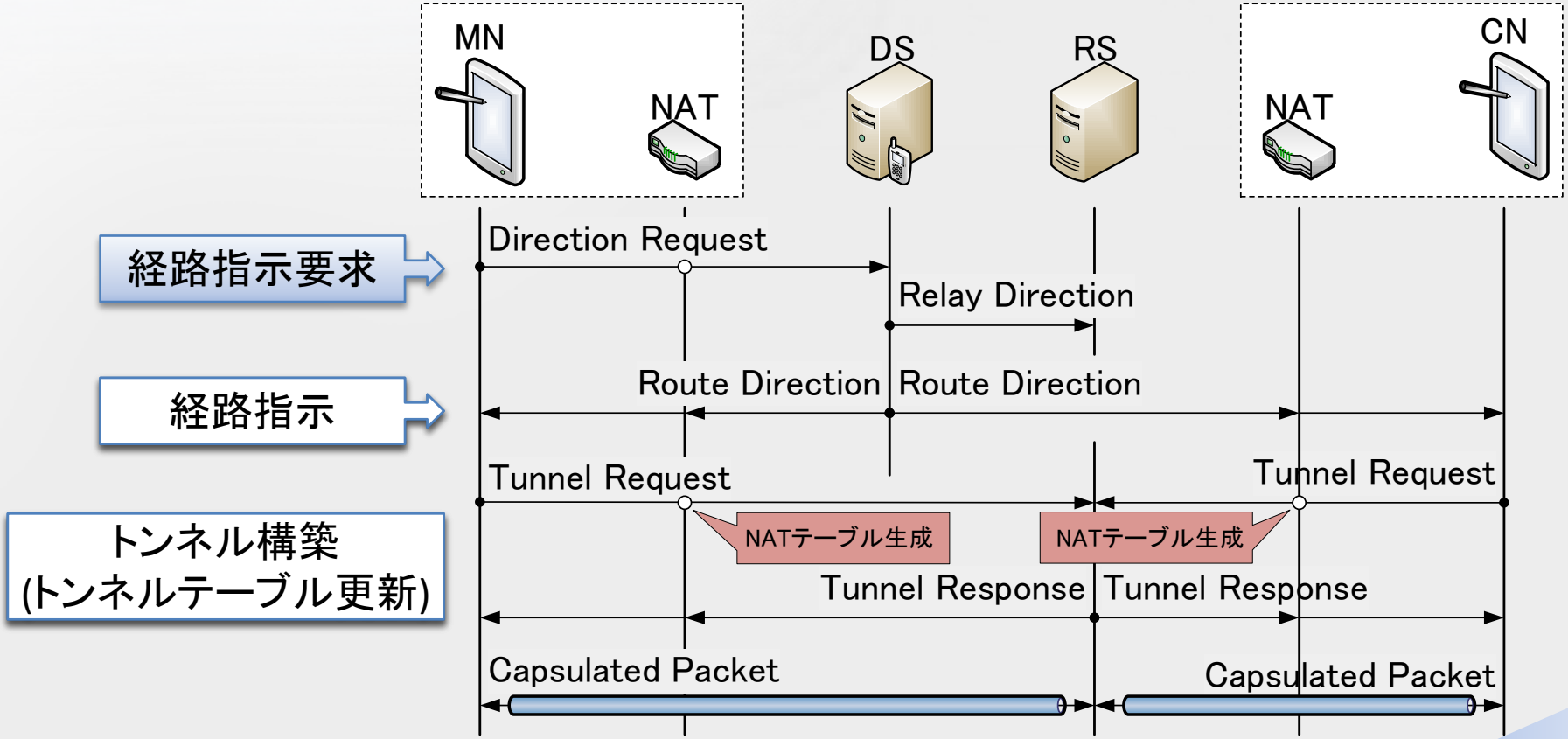
NTMobileの動作シーケンス(経路生成)

- DSに自分と通信相手の情報を通知する
- DSは通信を行う両端末に経路指示を出す
- 端末は指示に従って端末間でUDPトンネルを構築する



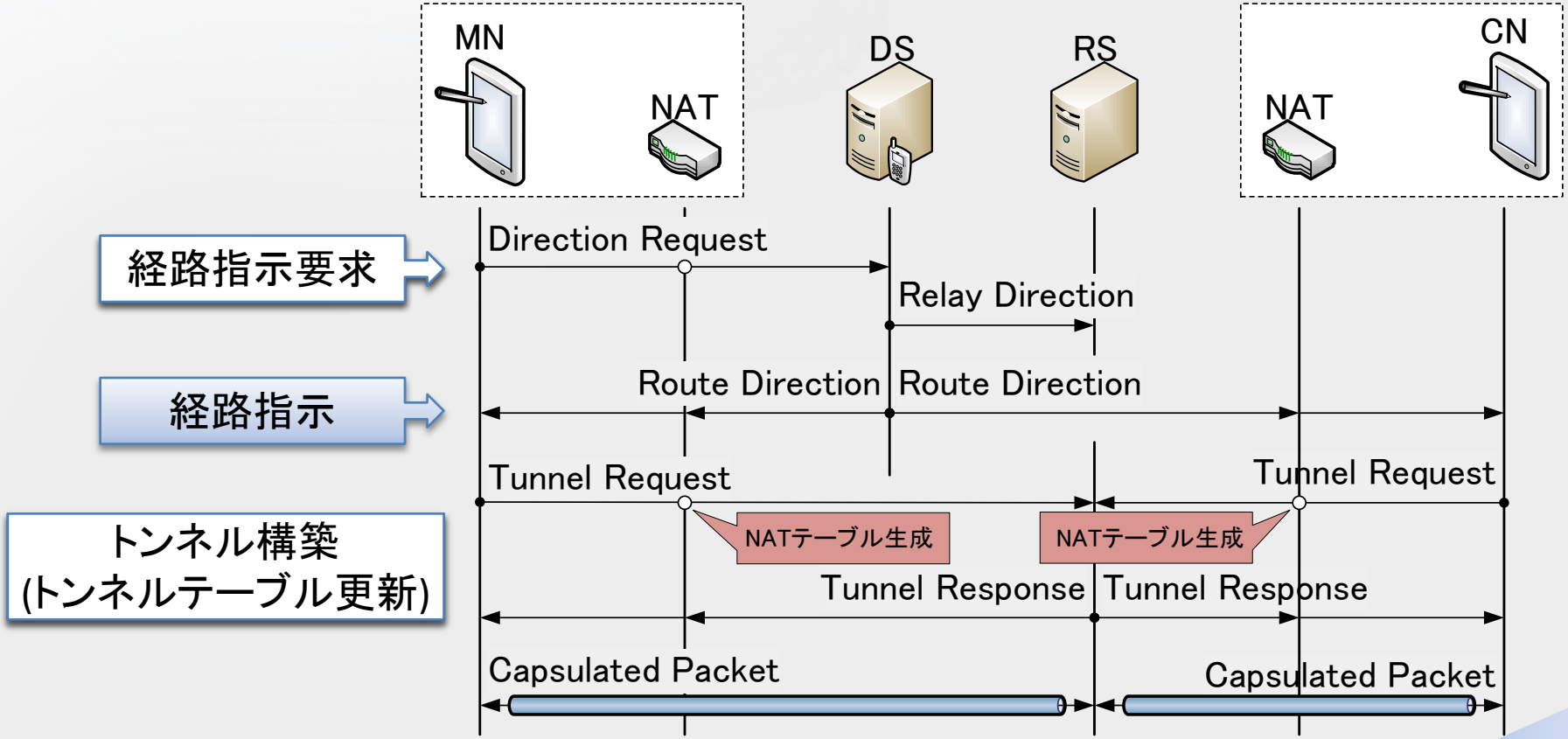
NTMobileの動作シーケンス(経路生成)

- DSに自分と通信相手の情報を通知する
- DSは通信を行う両端末に経路指示を出す
- 端末は指示に従って端末間でUDPトンネルを構築する



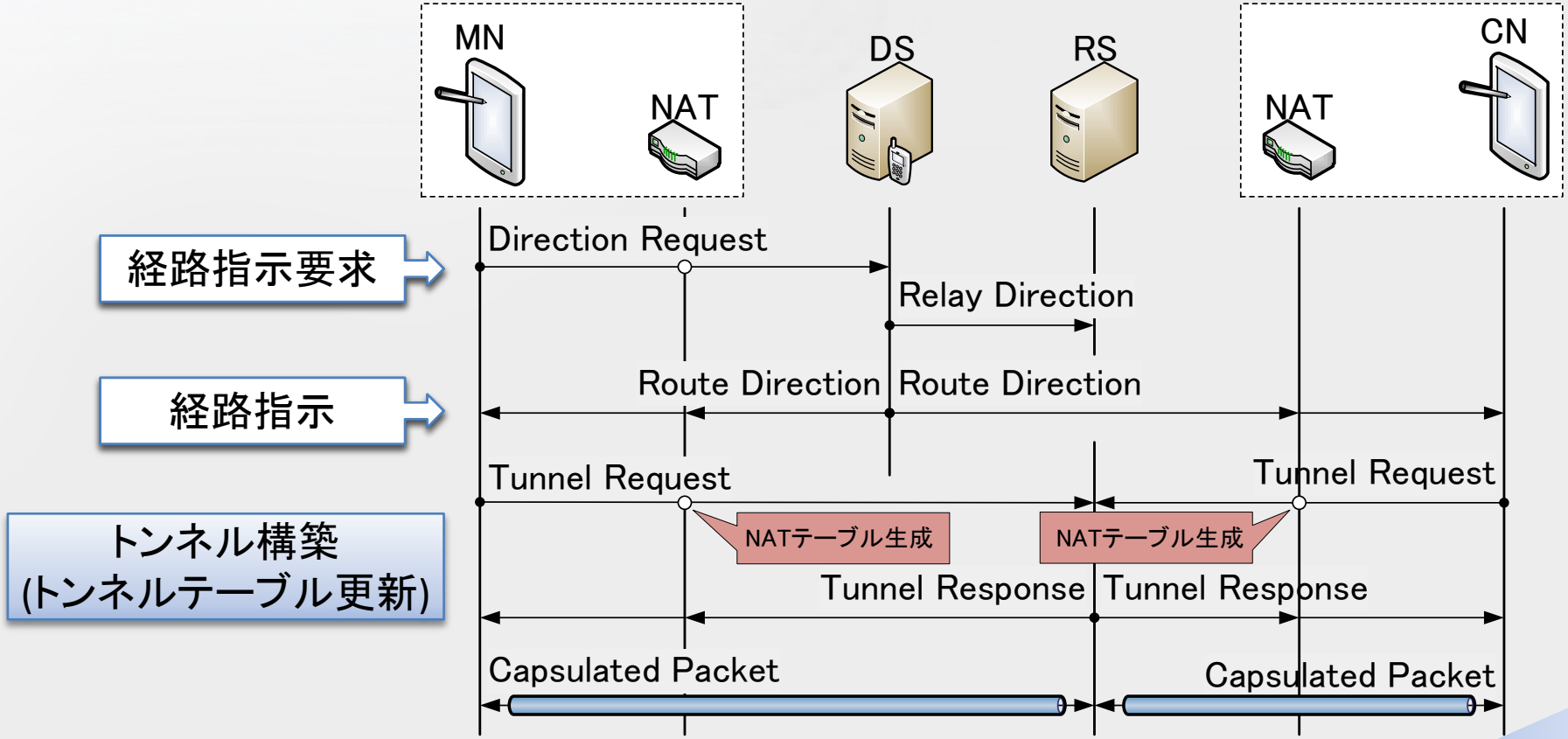
NTMobileの動作シーケンス(経路生成)

- DSに自分と通信相手の情報を通知する
- DSは通信を行う両端末に経路指示を出す
- 端末は指示に従って端末間でUDPトンネルを構築する

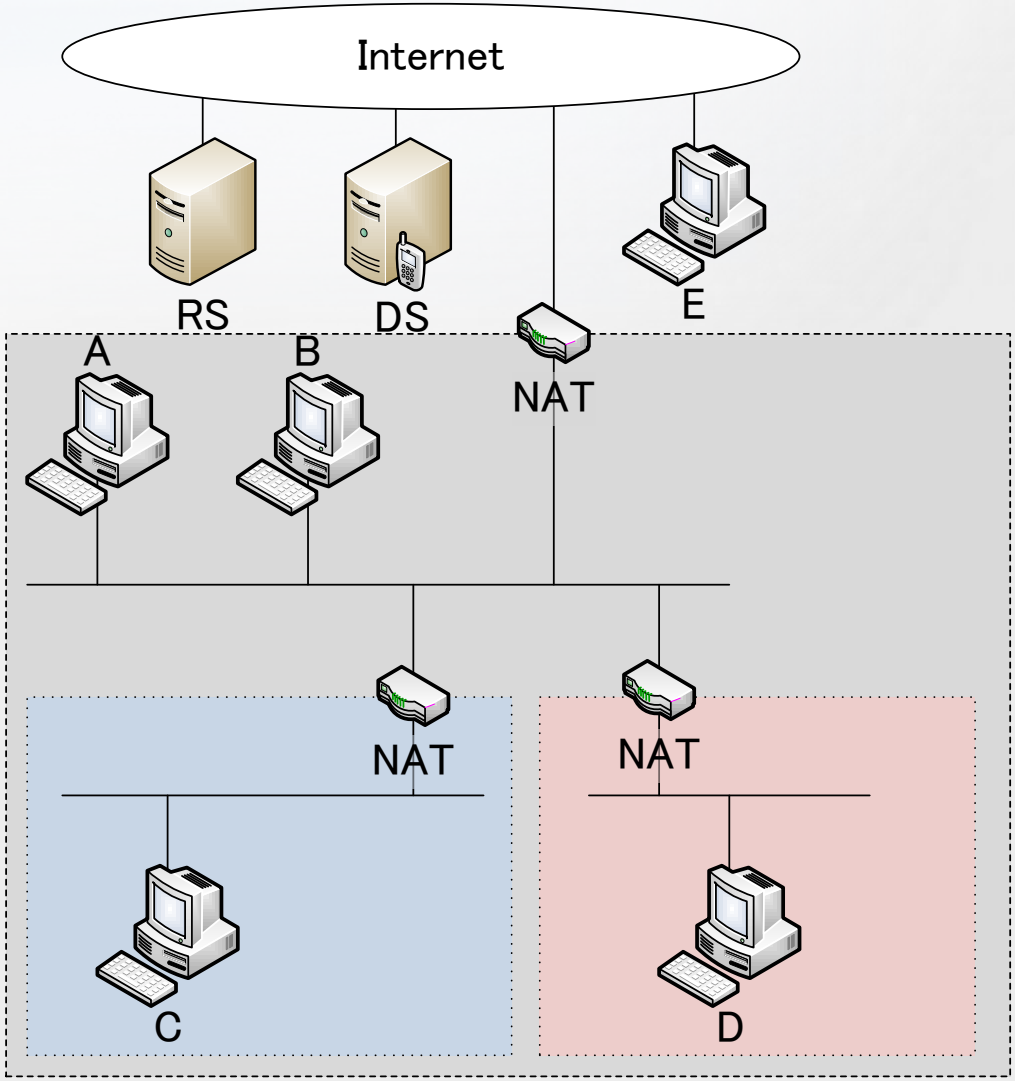


NTMobileの動作シーケンス(経路生成)

- DSに自分と通信相手の情報を通知する
- DSは通信を行う両端末に経路指示を出す
- 端末は指示に従って端末間でUDPトンネルを構築する



多段NAT環境におけるNTMobile



エンドエンドで通信可能

- 端末A-Dと端末Eの通信
- 端末Aと端末Bの通信
- 端末A(B)と端末C(D)の通信

エンドエンドで通信不可能

- 端末Cと端末Dの通信

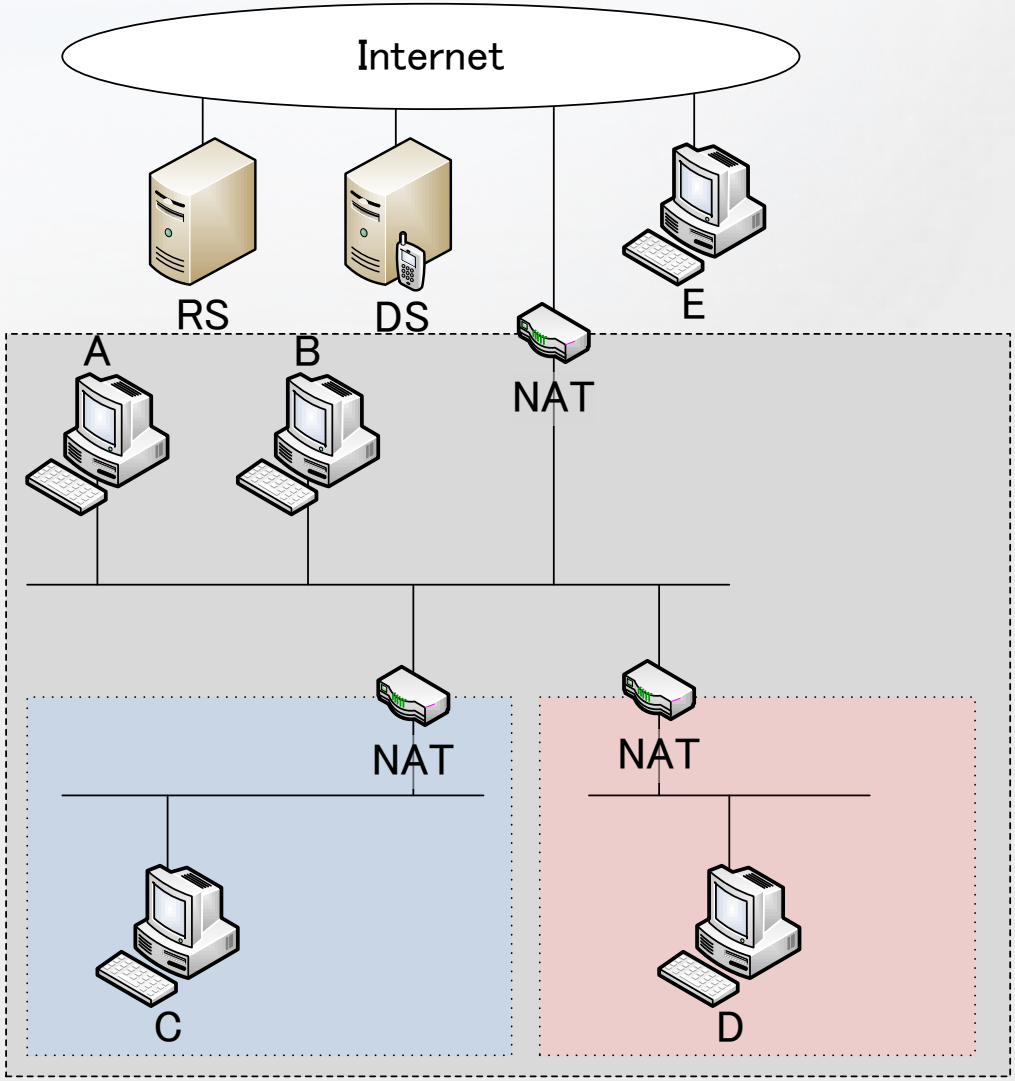
↓

必ずRSを経由

↓

経路の冗長化

多段NAT環境におけるNTMobile



エンドエンドで通信可能

- 端末A-Dと端末Eの通信
- 端末Aと端末Bの通信
- 端末A(B)と端末C(D)の通信

エンドエンドで通信不可能

- 端末Cと端末Dの通信

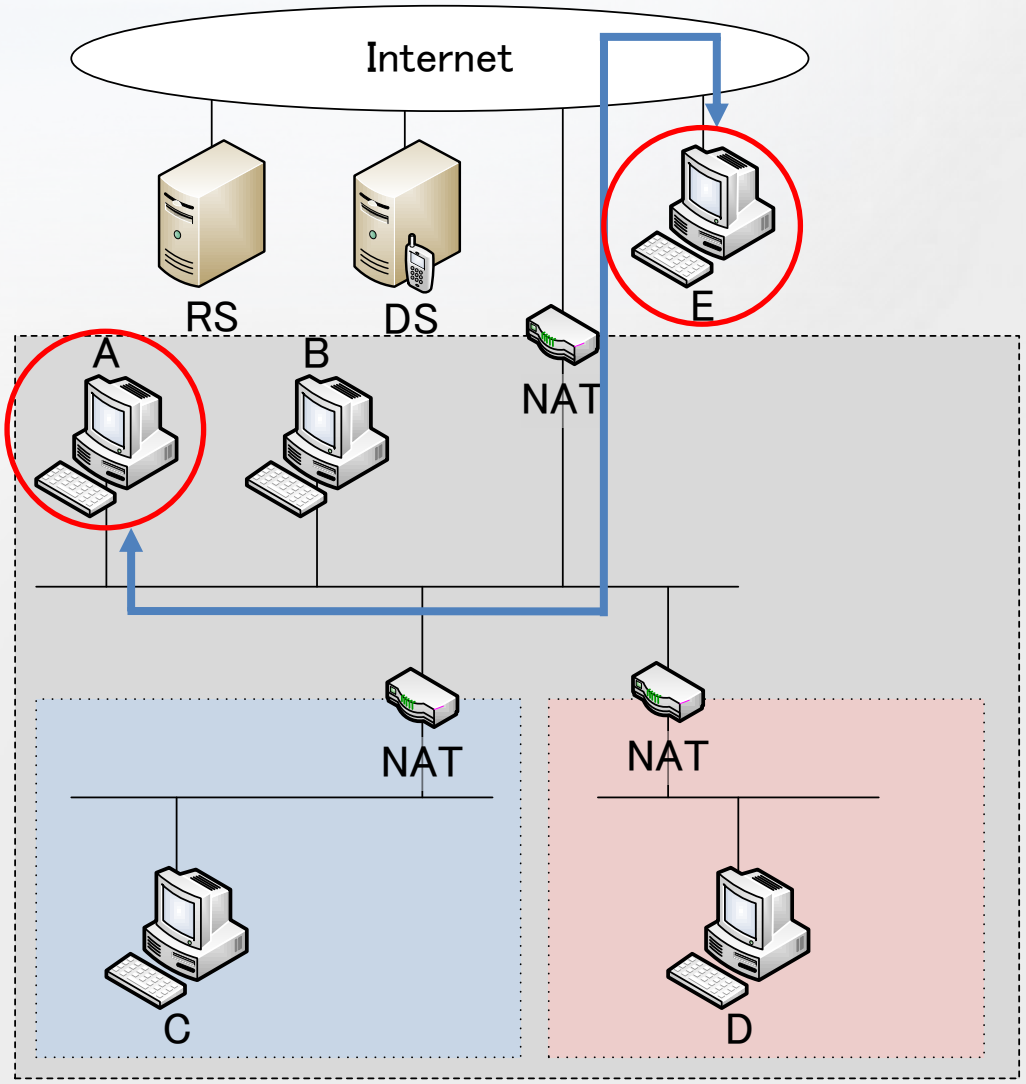
⇩

必ずRSを経由

⇩

経路の冗長化

多段NAT環境におけるNTMobile



エンドエンドで通信可能

- 端末A-Dと端末Eの通信
- 端末Aと端末Bの通信
- 端末A(B)と端末C(D)の通信

エンドエンドで通信不可能

- 端末Cと端末Dの通信

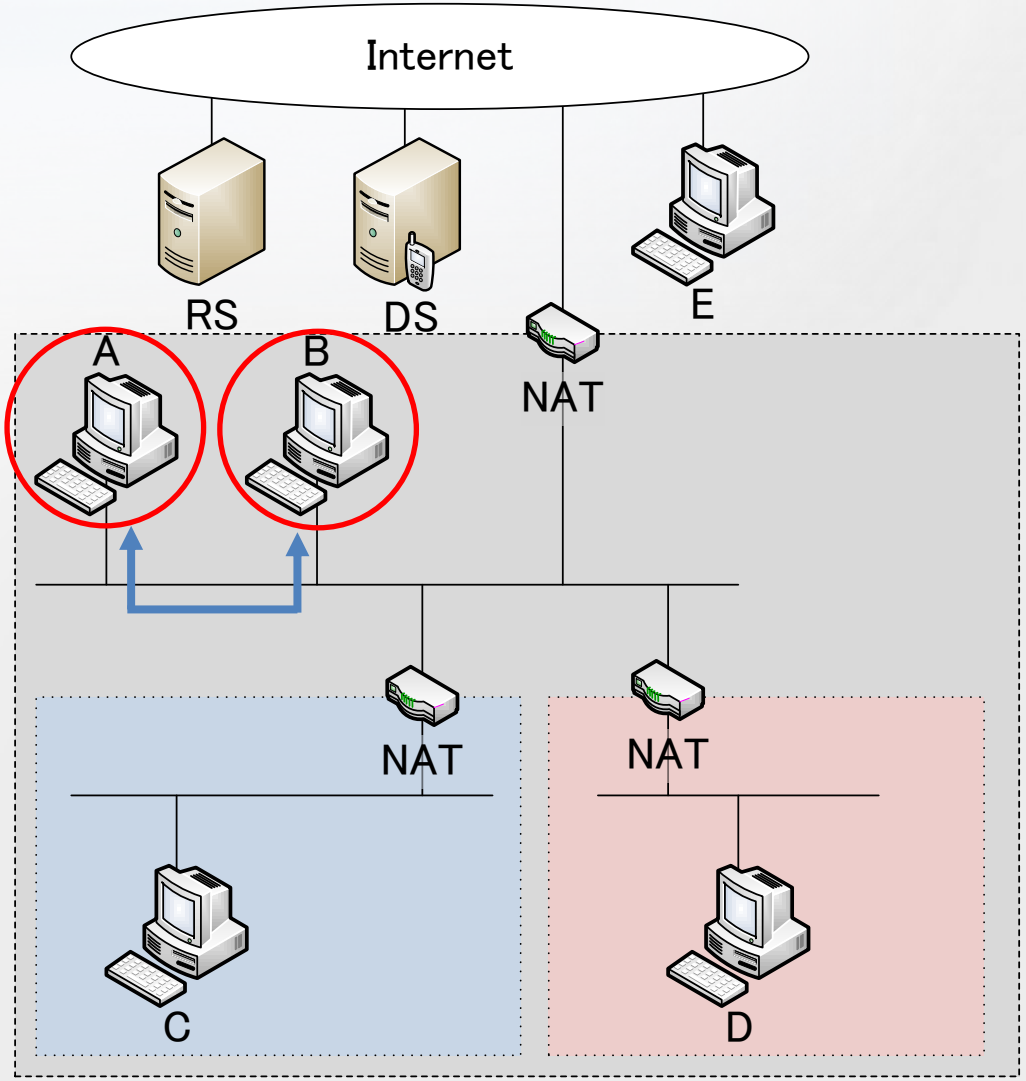
⇩

必ずRSを経由

⇩

経路の冗長化

多段NAT環境におけるNTMobile



エンドエンドで通信可能

- 端末A-Dと端末Eの通信
- 端末Aと端末Bの通信
- 端末A(B)と端末C(D)の通信

エンドエンドで通信不可能

- 端末Cと端末Dの通信

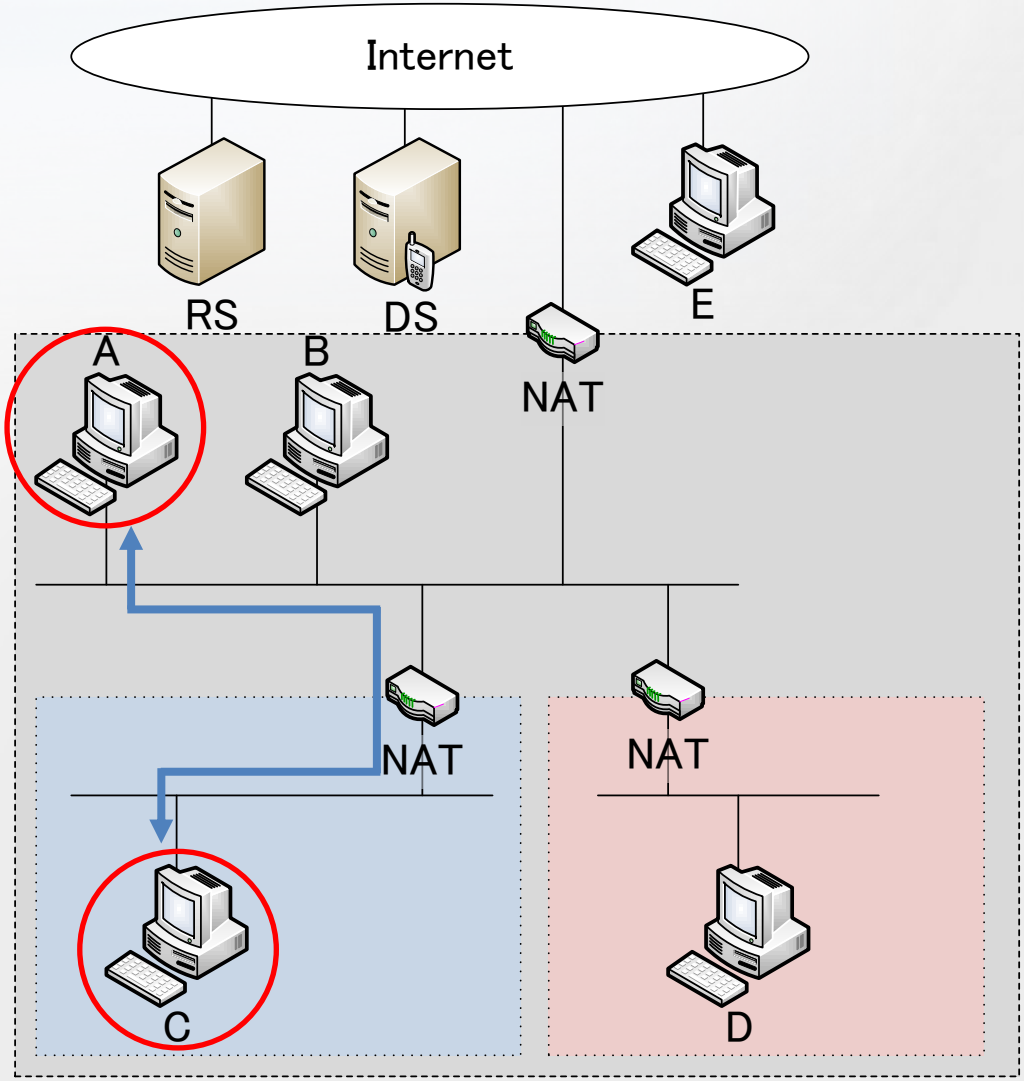
⇩

必ずRSを経由

⇩

経路の冗長化

多段NAT環境におけるNTMobile



エンドエンドで通信可能

- 端末A-Dと端末Eの通信
- 端末Aと端末Bの通信
- 端末A(B)と端末C(D)の通信

エンドエンドで通信不可能

- 端末Cと端末Dの通信

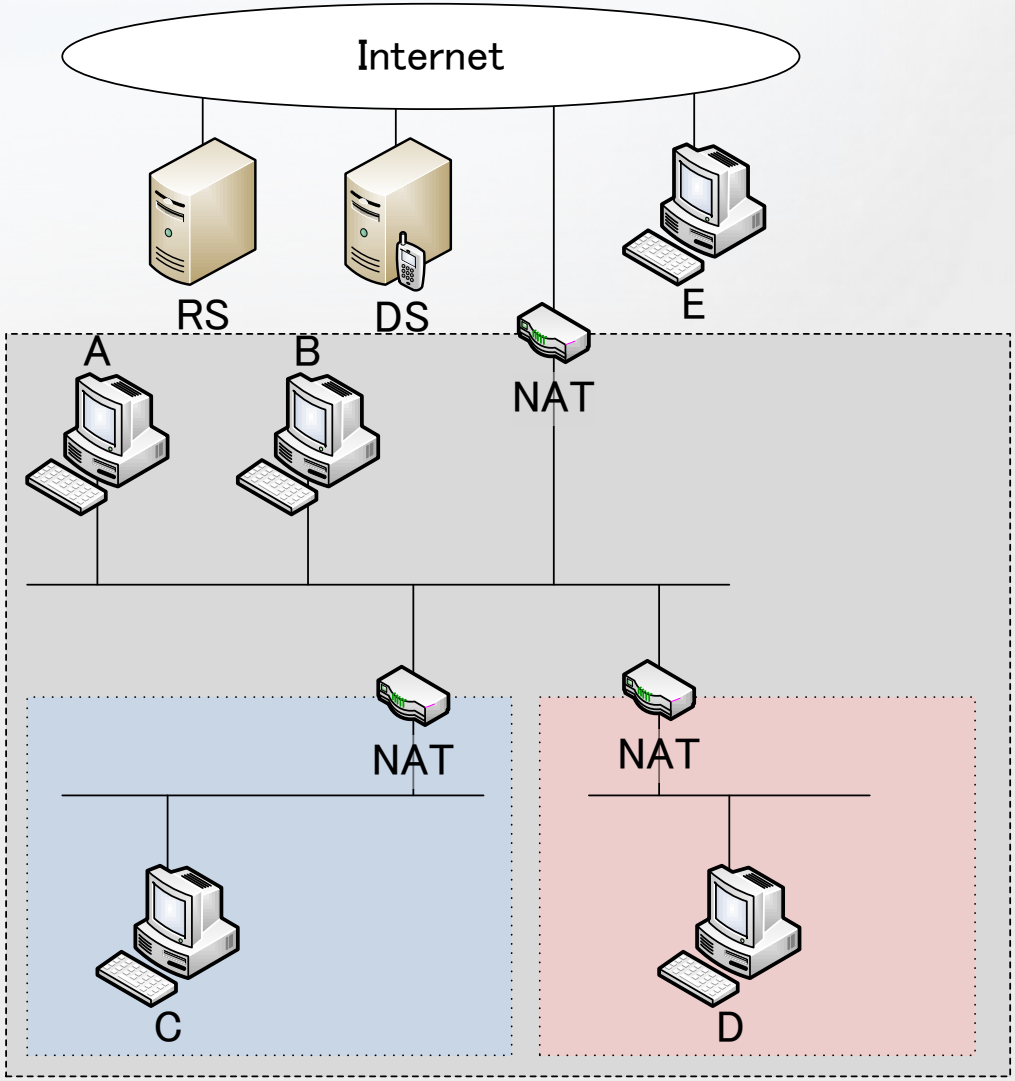
⇩

必ずRSを経由

⇩

経路の冗長化

多段NAT環境におけるNTMobile



エンドエンドで通信可能

- 端末A-Dと端末Eの通信
- 端末Aと端末Bの通信
- 端末A(B)と端末C(D)の通信

エンドエンドで通信不可能

- 端末Cと端末Dの通信

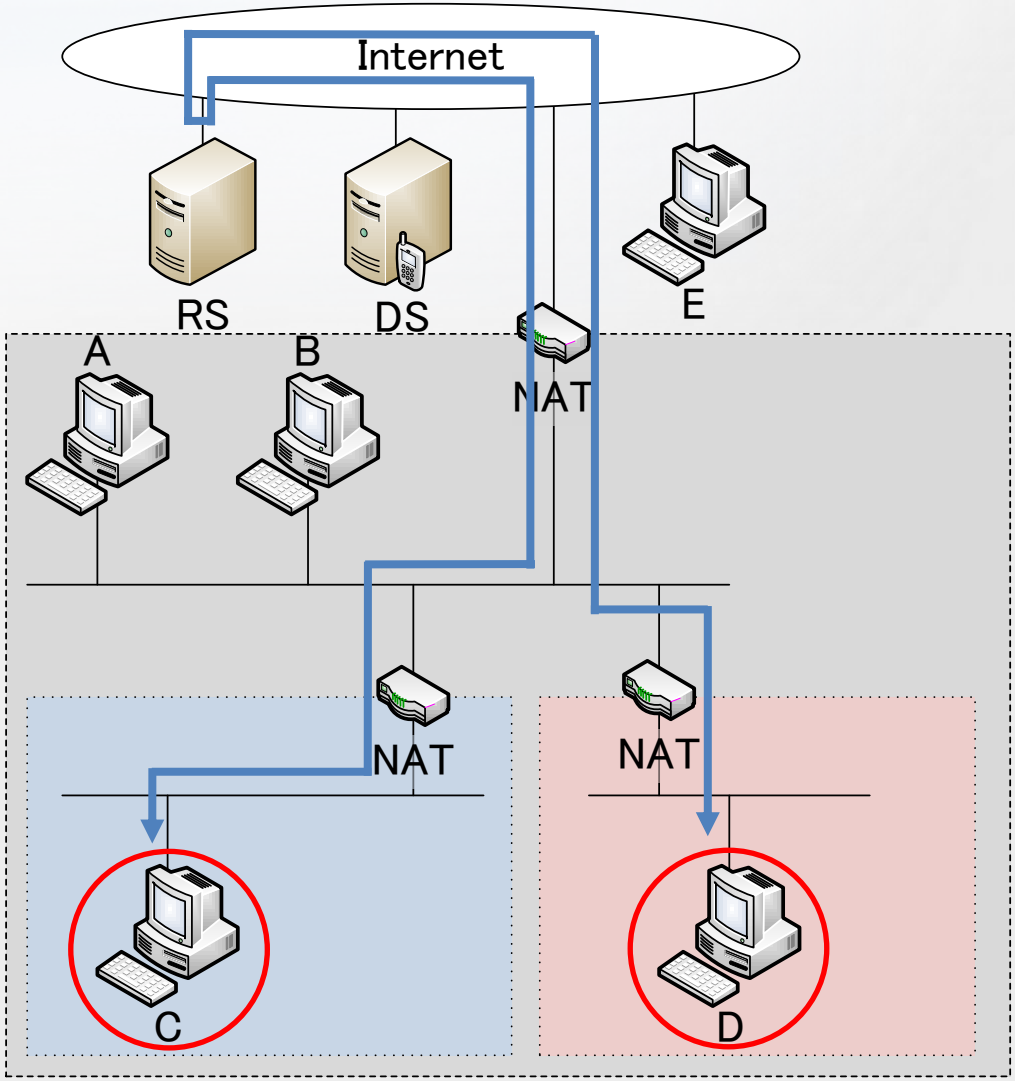
⇩

必ずRSを経由

⇩

経路の冗長化

多段NAT環境におけるNTMobile



エンドエンドで通信可能

- 端末A-Dと端末Eの通信
- 端末Aと端末Bの通信
- 端末A(B)と端末C(D)の通信

エンドエンドで通信不可能

- 端末Cと端末Dの通信

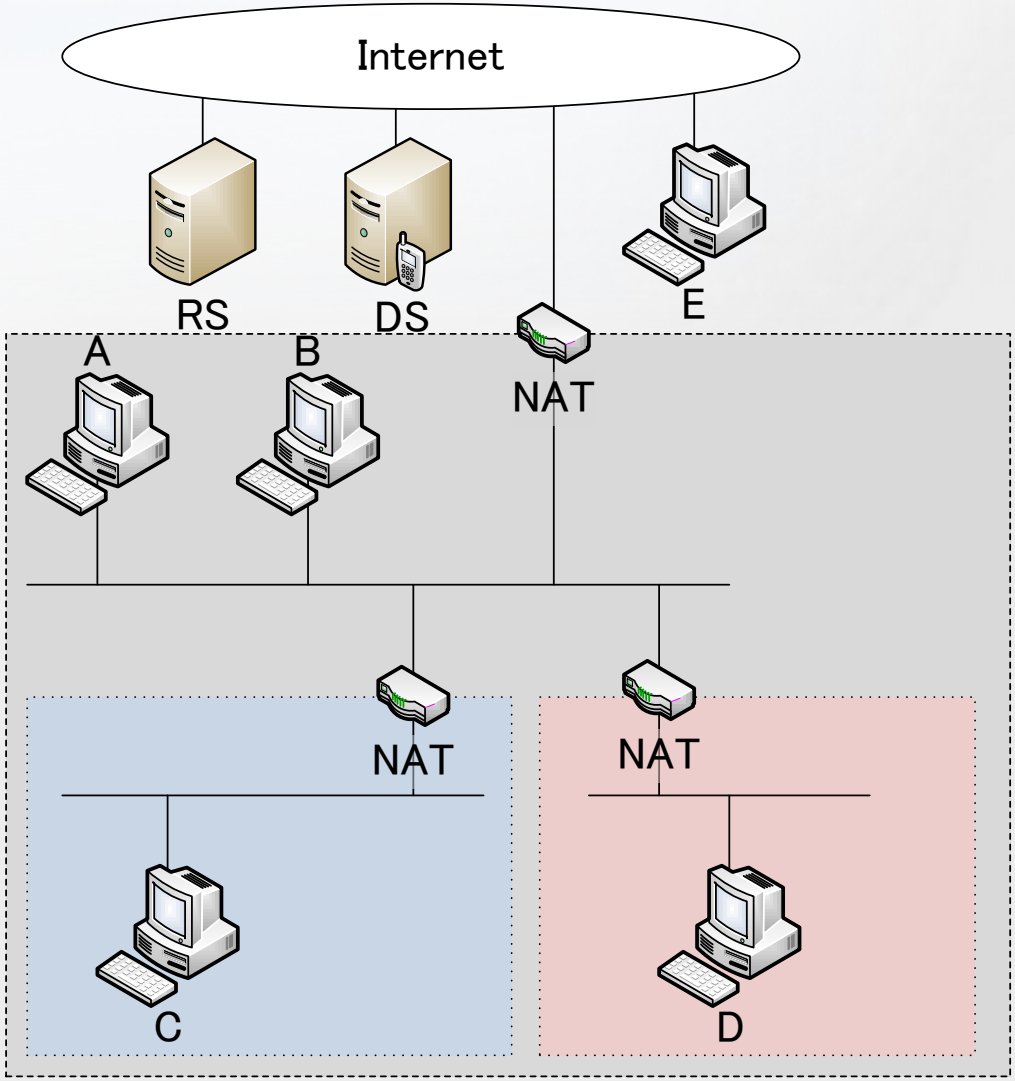
⇩

必ずRSを経由

⇩

経路の冗長化

多段NAT環境におけるNTMobile



エンドエンドで通信可能

- 端末A-Dと端末Eの通信
- 端末Aと端末Bの通信
- 端末A(B)と端末C(D)の通信

エンドエンドで通信不可能

- 端末Cと端末Dの通信

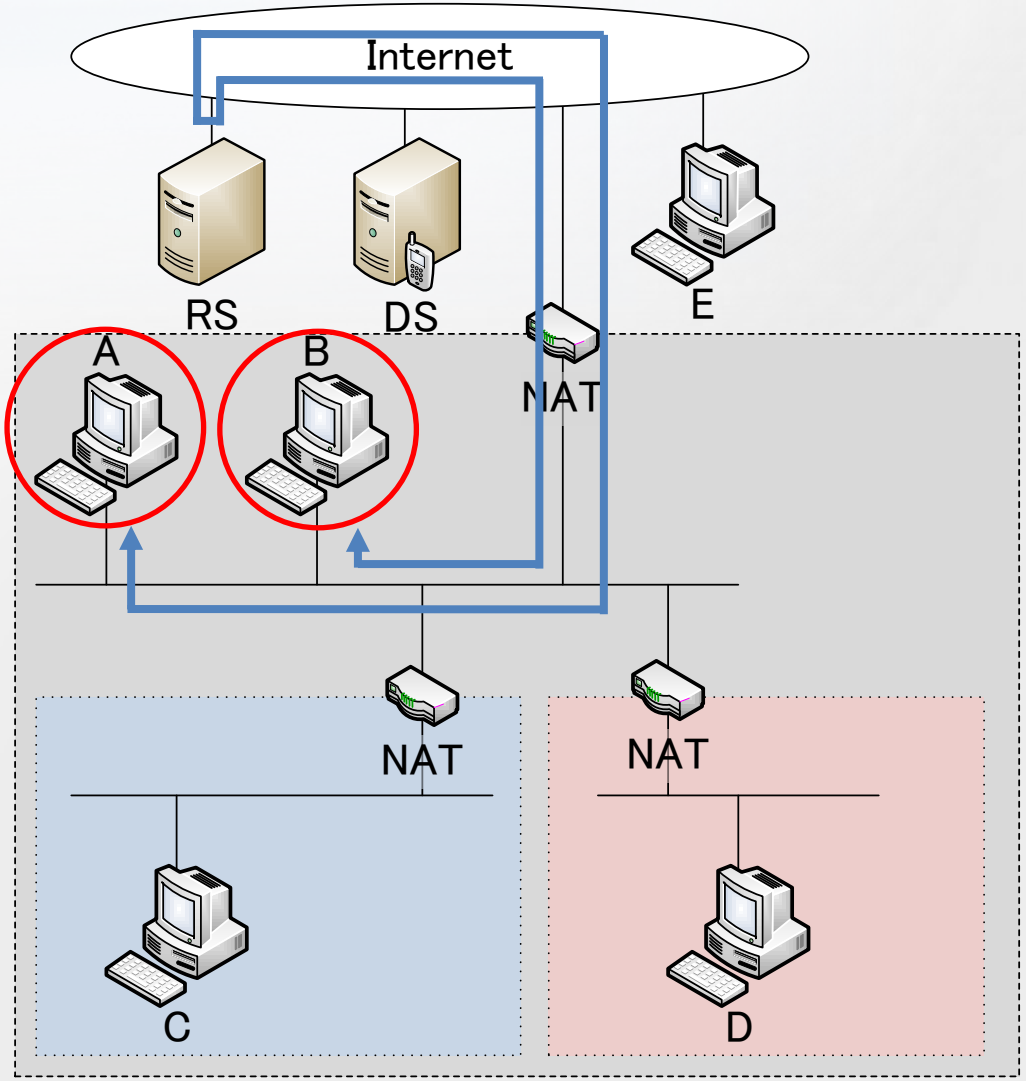
↓

必ずRSを経由

↓

経路の冗長化

多段NAT環境におけるNTMobile



エンドエンドで通信可能

- 端末A-Dと端末Eの通信
- 端末Aと端末Bの通信
- 端末A(B)と端末C(D)の通信

エンドエンドで通信不可能

- 端末Cと端末Dの通信

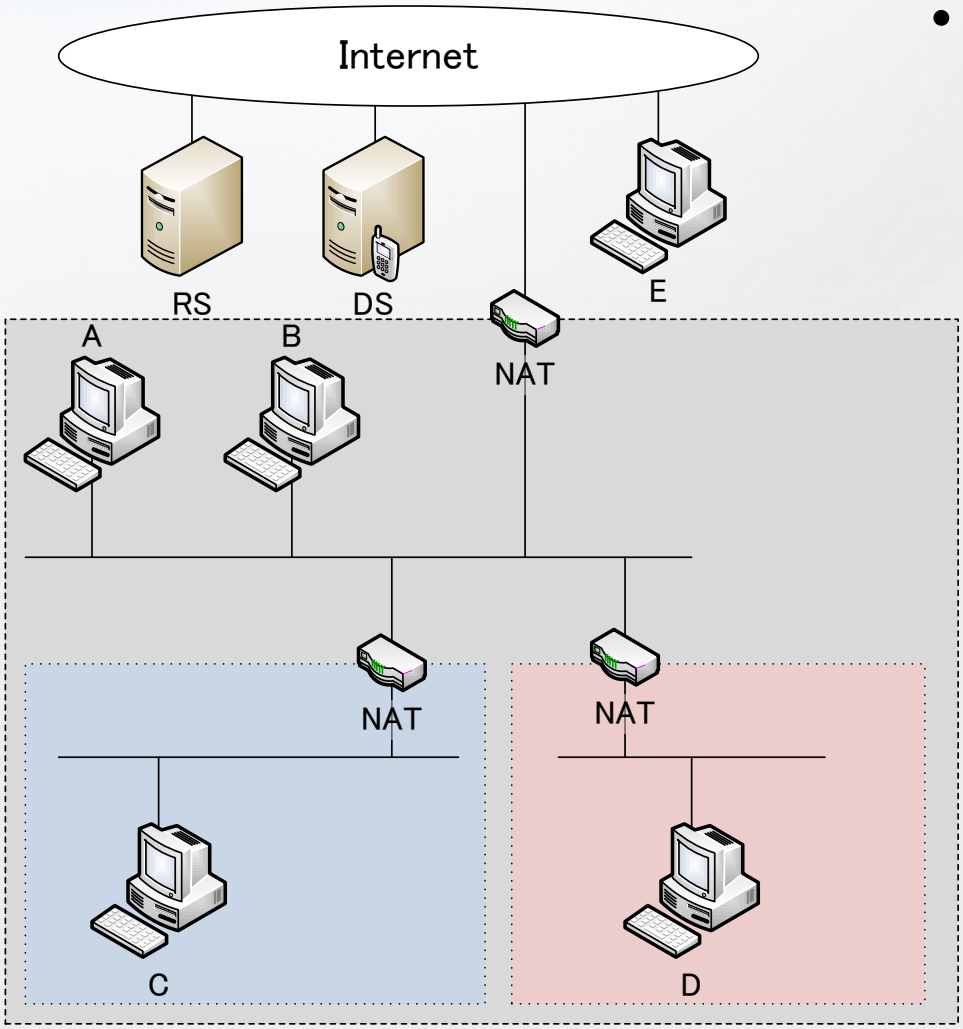
↓

必ずRSを経由

↓

経路の冗長化

提案方式



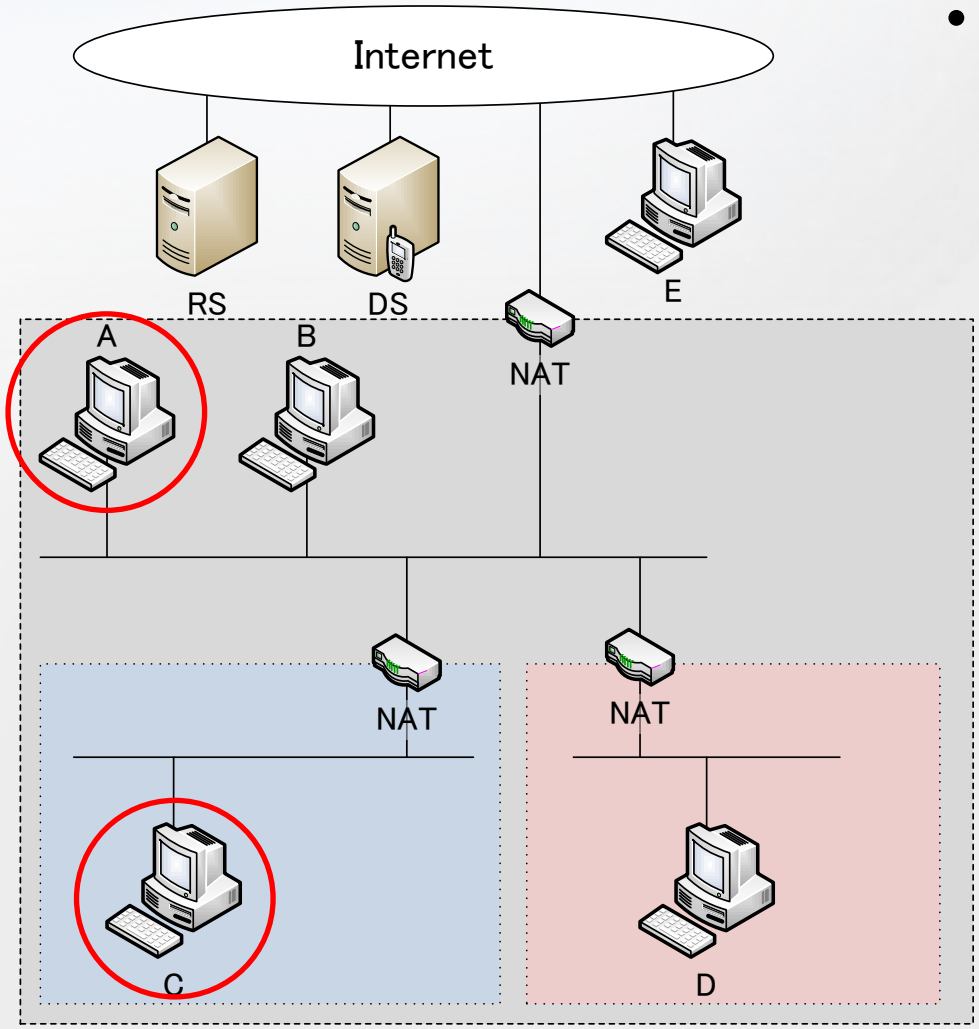
- 直接通信の可否判定
  通信端末間でパケットを投げ合う
  当該パケットを受信したら経路更新

RS経由の経路構築

パケットの投げ合い

経路の最適化

提案方式



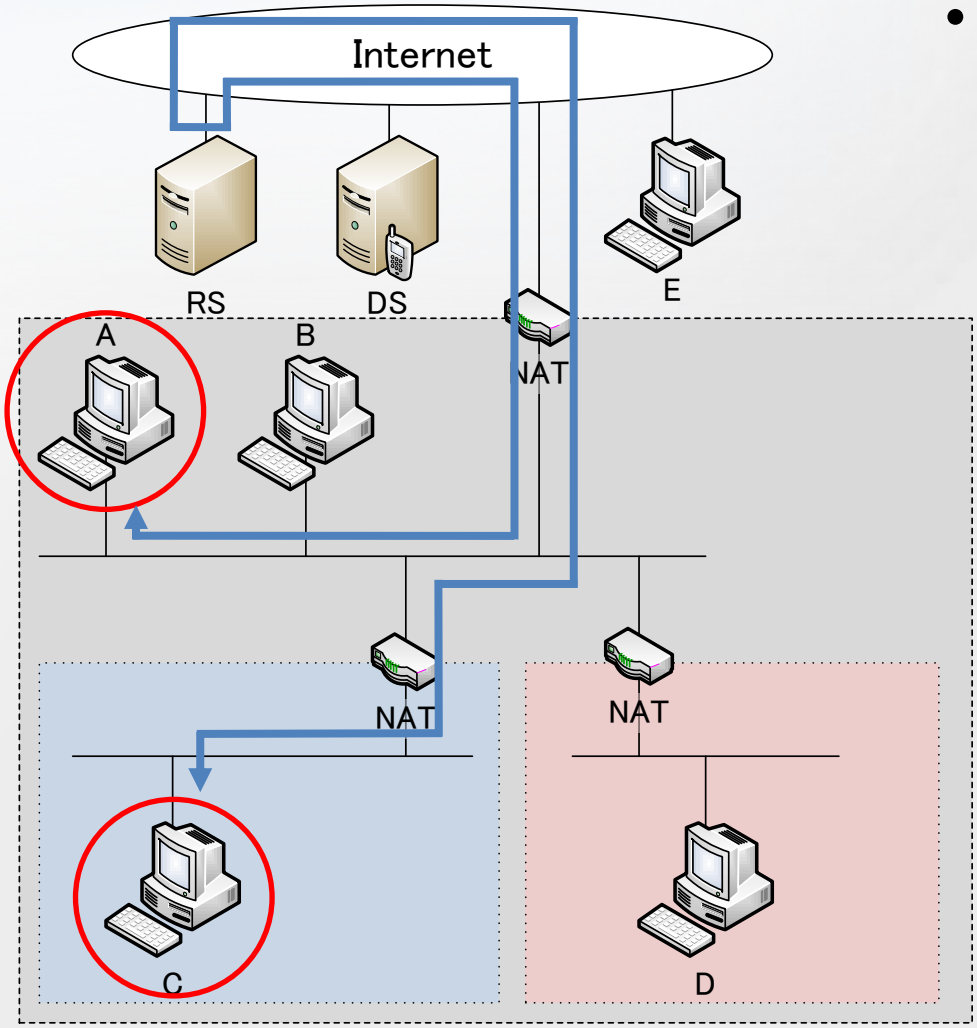
- 直接通信の可否判定
  通信端末間でパケットを投げ合う
  当該パケットを受信したら経路更新

RS経由の経路構築

パケットの投げ合い

経路の最適化

提案方式



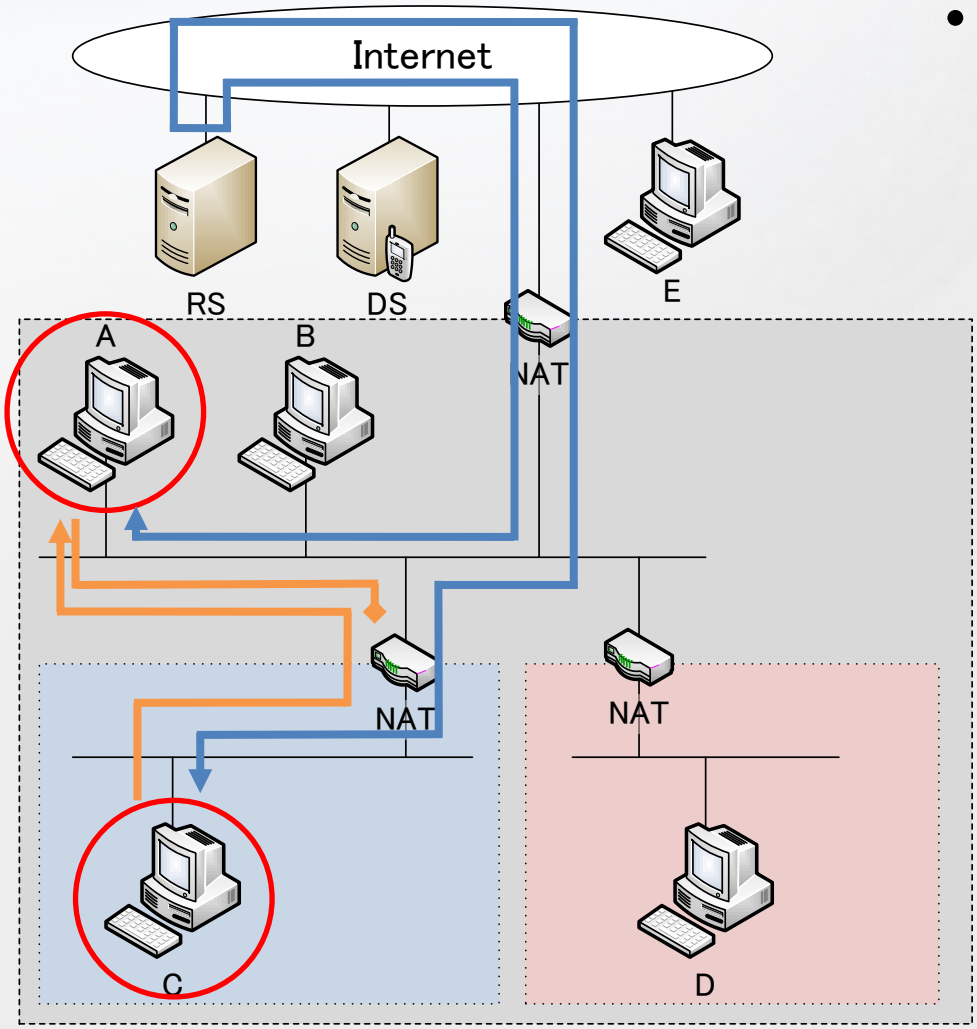
- 直接通信の可否判定
  通信端末間でパケットを投げ合う
  当該パケットを受信したら経路更新

RS経由の経路構築

パケットの投げ合い

経路の最適化

提案方式



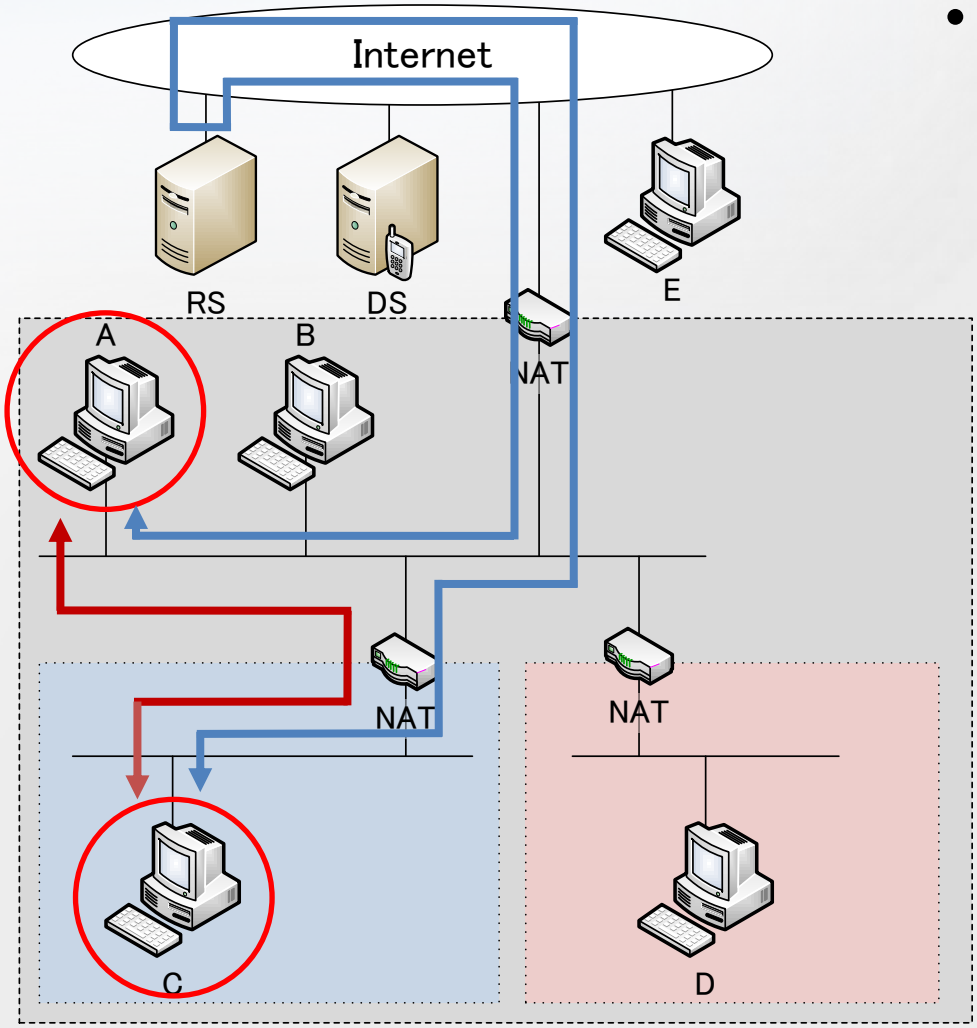
- 直接通信の可否判定
  通信端末間でパケットを投げ合う
  当該パケットを受信したら経路更新

RS経由の経路構築

パケットの投げ合い

経路の最適化

提案方式



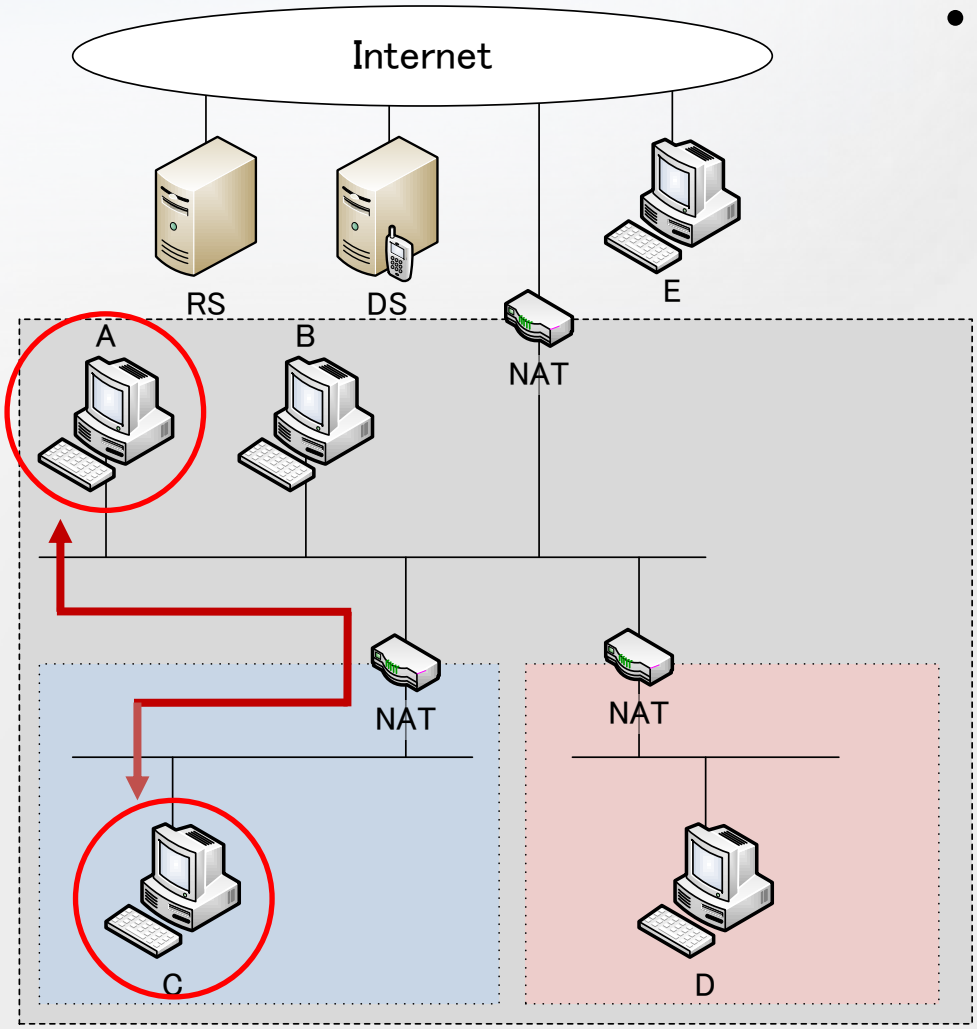
- 直接通信の可否判定
  通信端末間でパケットを投げ合う
  当該パケットを受信したら経路更新

RS経由の経路構築

パケットの投げ合い

経路の最適化

提案方式



- 直接通信の可否判定
  通信端末間でパケットを投げ合う
  当該パケットを受信したら経路更新

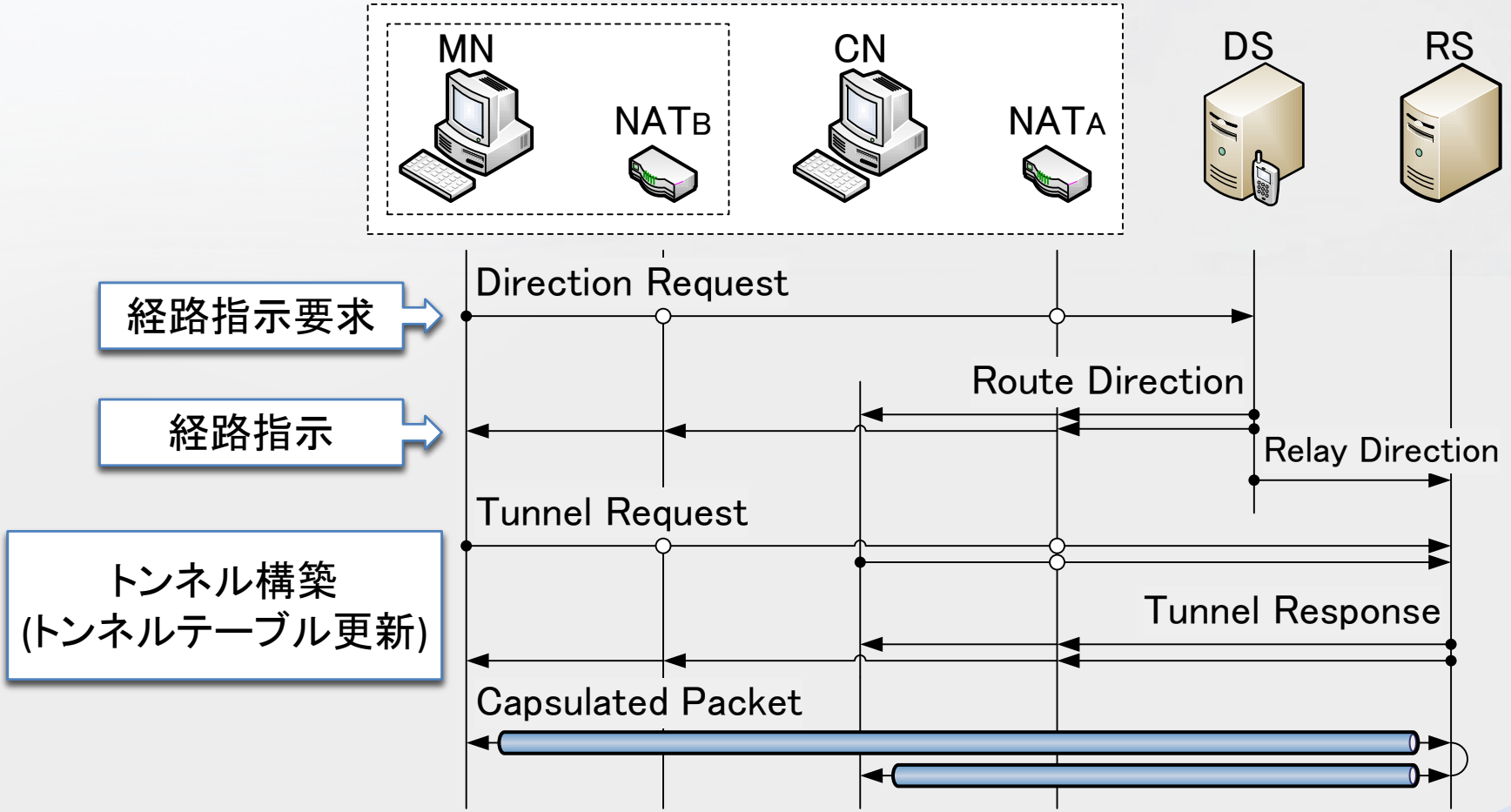
RS経由の経路構築

パケットの投げ合い

経路の最適化

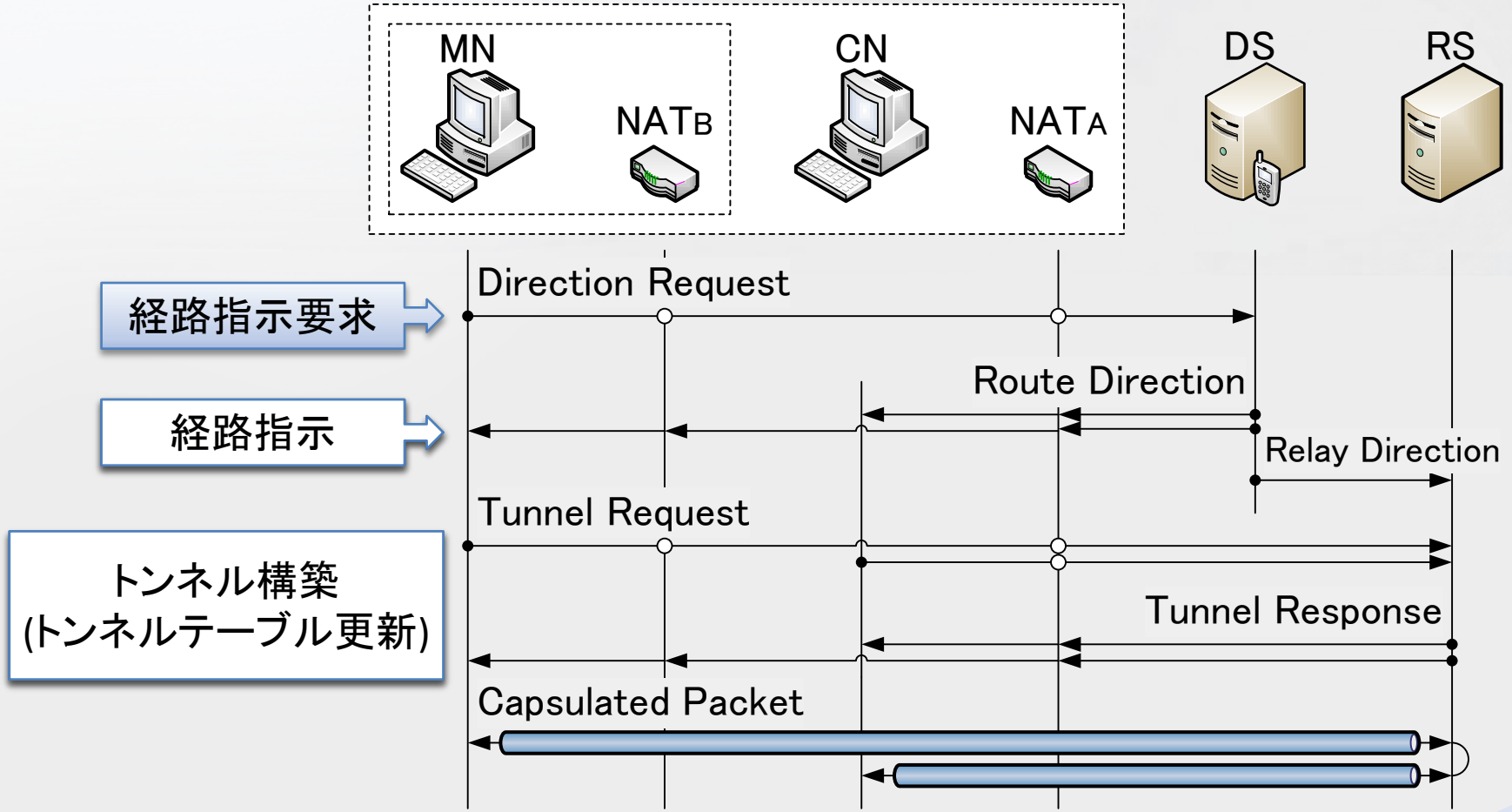
提案方式の動作シーケンス

- RSを経由する通信経路の構築



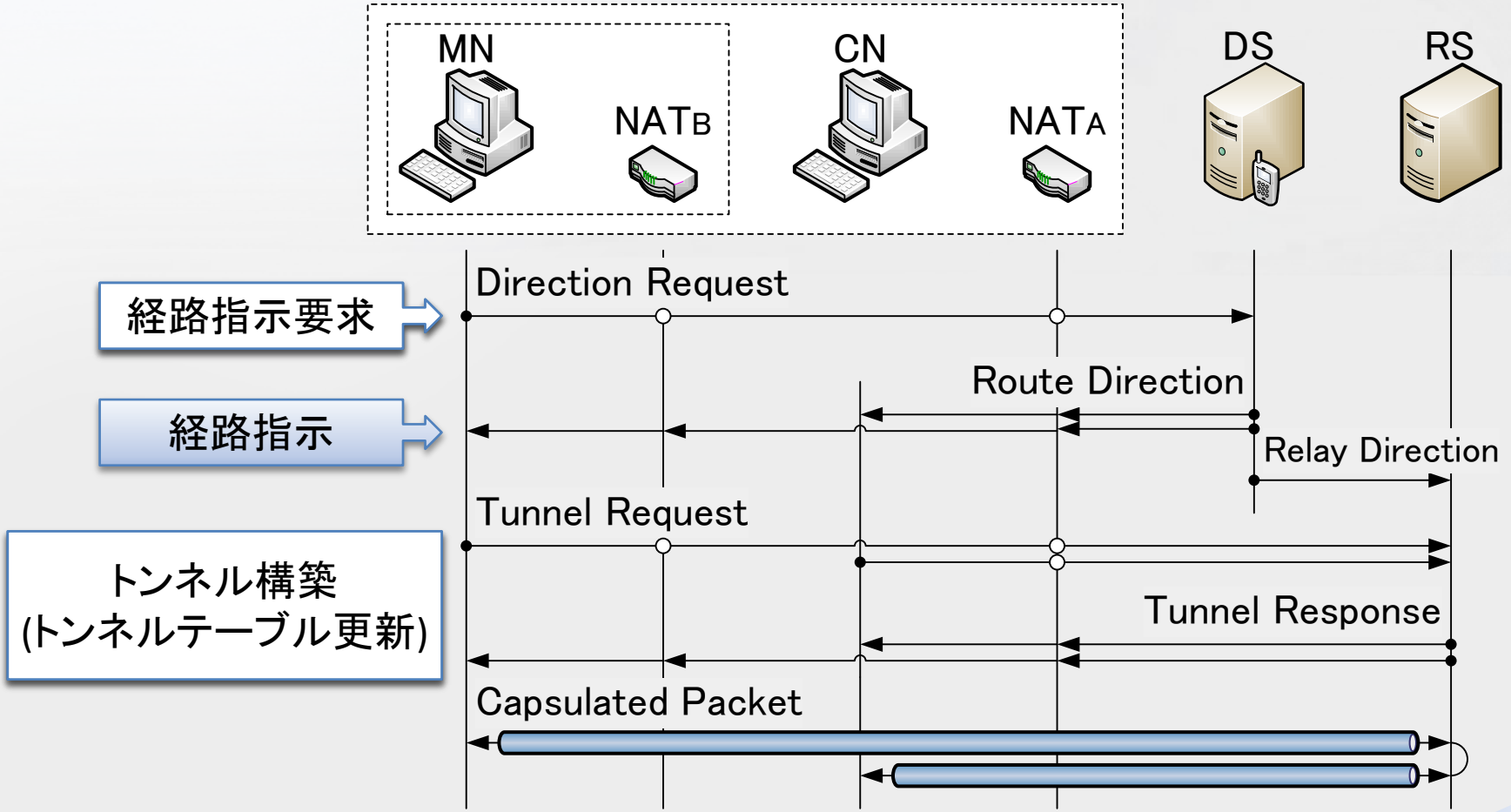
提案方式の動作シーケンス

- RSを経由する通信経路の構築



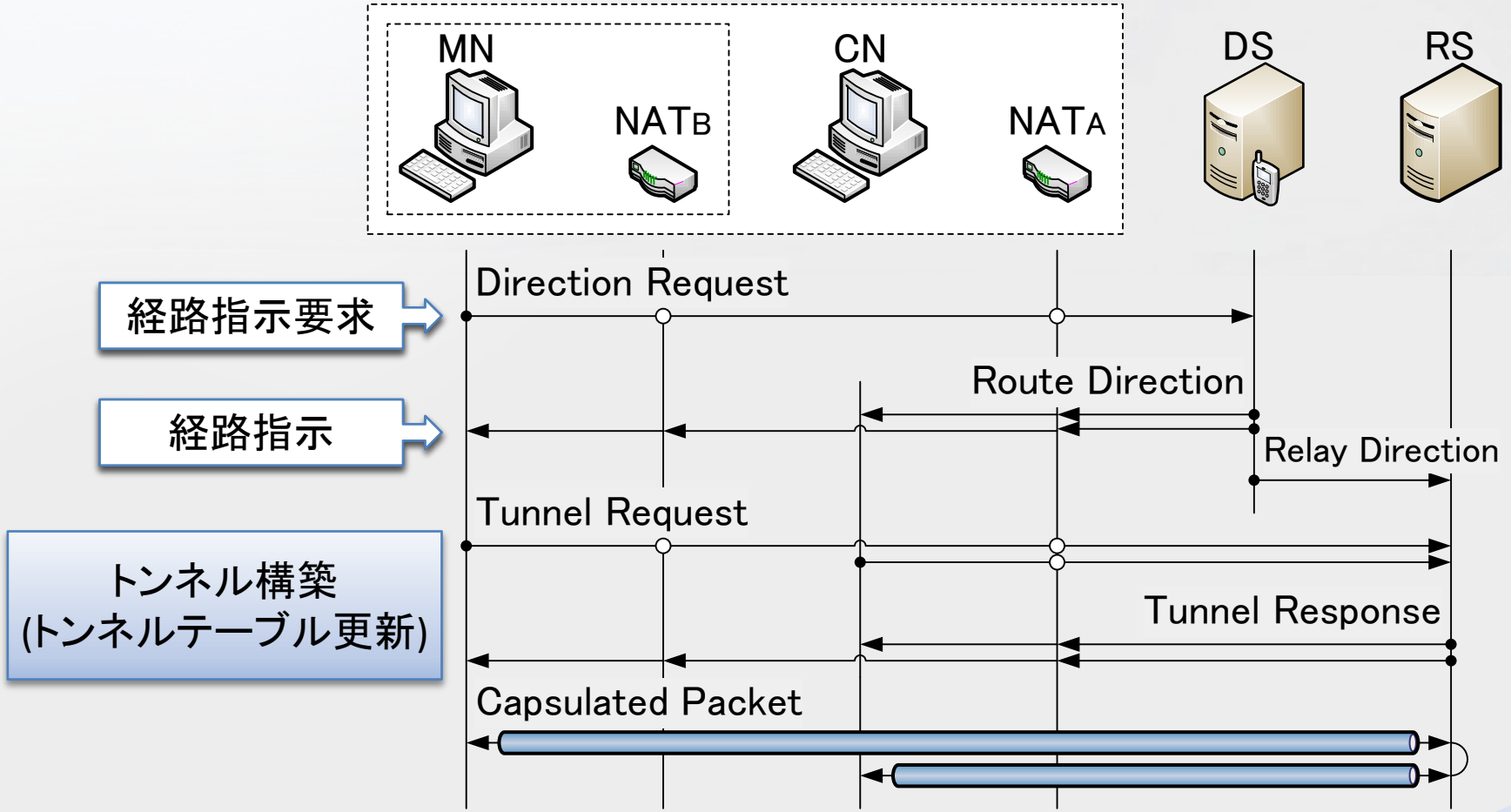
提案方式の動作シーケンス

- RSを経由する通信経路の構築



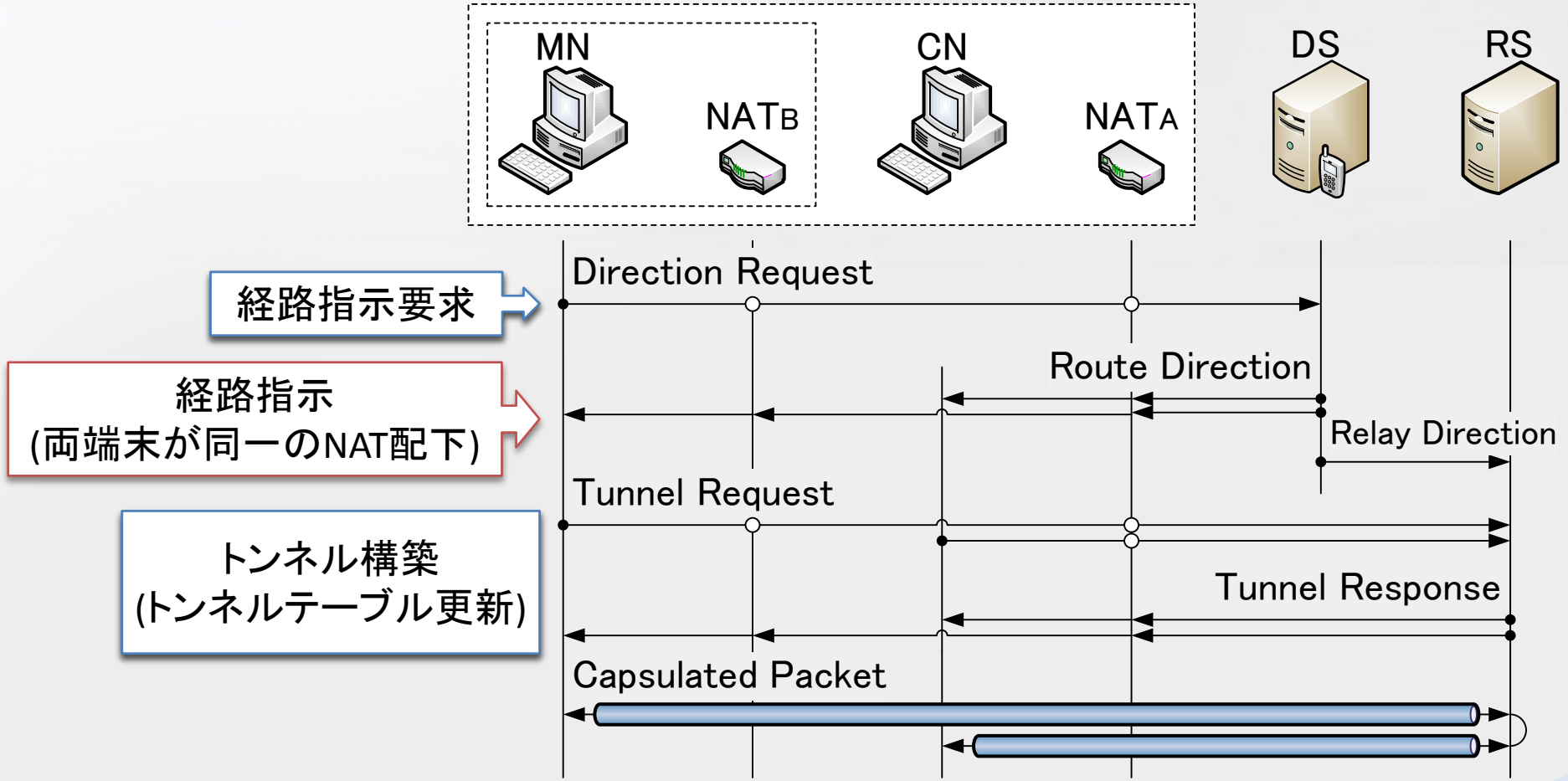
提案方式の動作シーケンス

- RSを経由する通信経路の構築



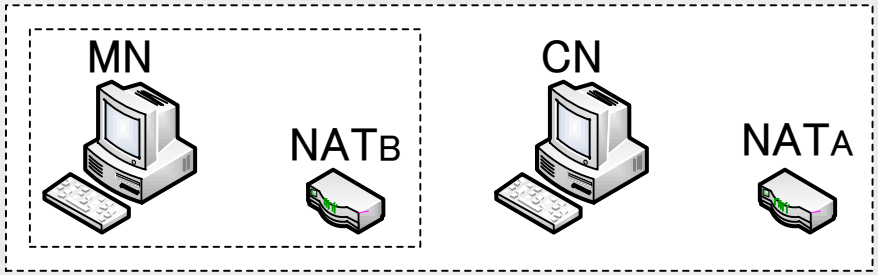
提案方式の動作シーケンス

- RSを経由する通信経路の構築



提案方式の動作シーケンス

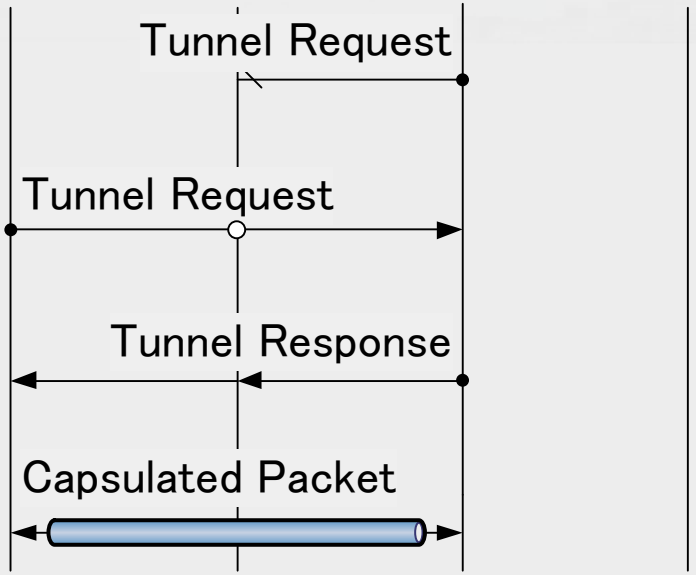
- エンドエンドの通信経路構築(経路最適化)



トンネル要求
(NATの外側からのアクセスにより破棄)

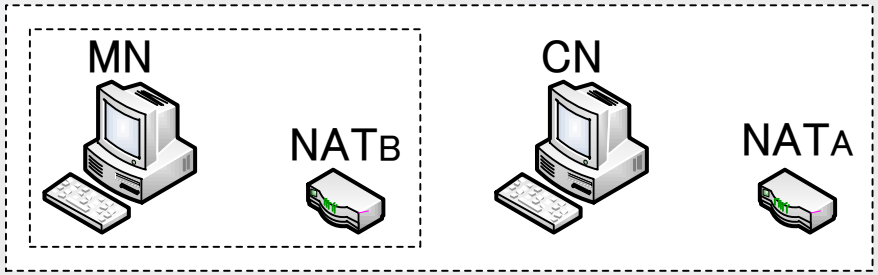
トンネル要求
(NATの内側からのアクセスにより通過)

トンネル応答
(NATテーブル生成済により通過)



提案方式の動作シーケンス

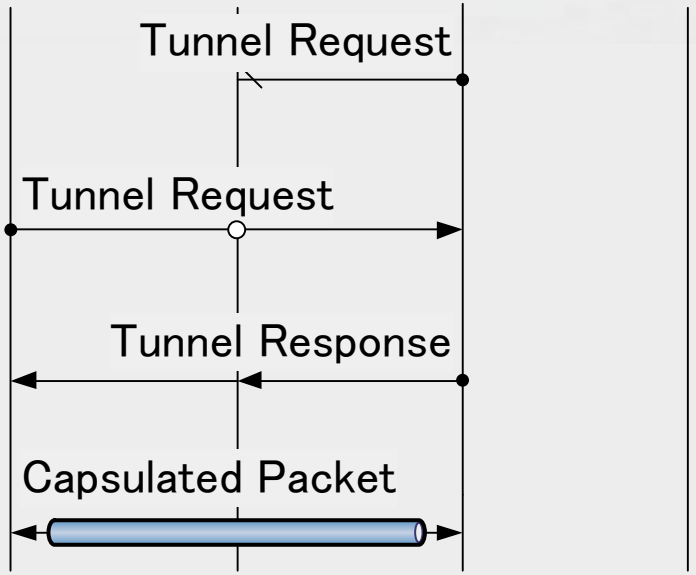
- エンドエンドの通信経路構築(経路最適化)



トンネル要求
(NATの外側からのアクセスにより破棄)

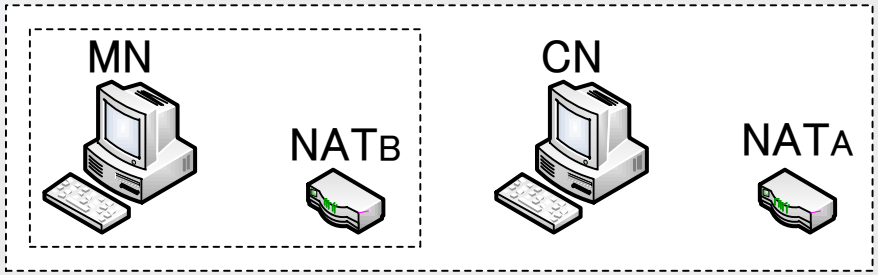
トンネル要求
(NATの内側からのアクセスにより通過)

トンネル応答
(NATテーブル生成済により通過)



提案方式の動作シーケンス

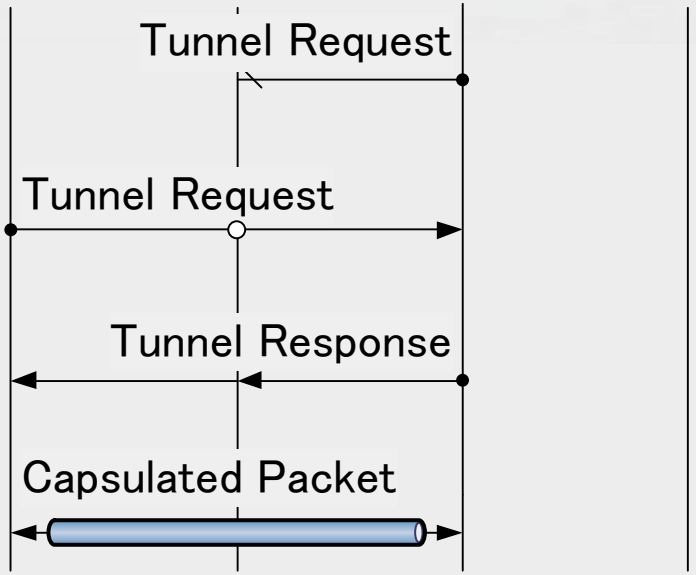
- エンドエンドの通信経路構築(経路最適化)



トンネル要求
(NATの外側からのアクセスにより破棄)

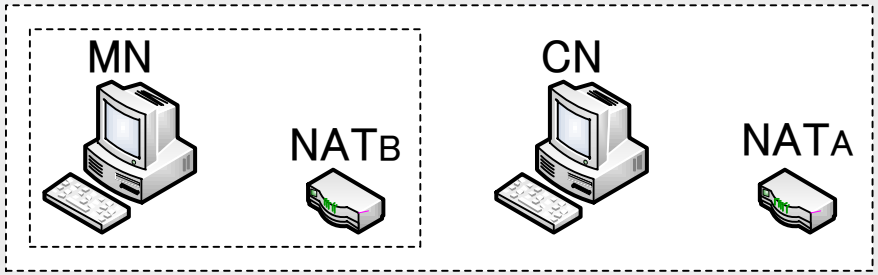
トンネル要求
(NATの内側からのアクセスにより通過)

トンネル応答
(NATテーブル生成済により通過)



提案方式の動作シーケンス

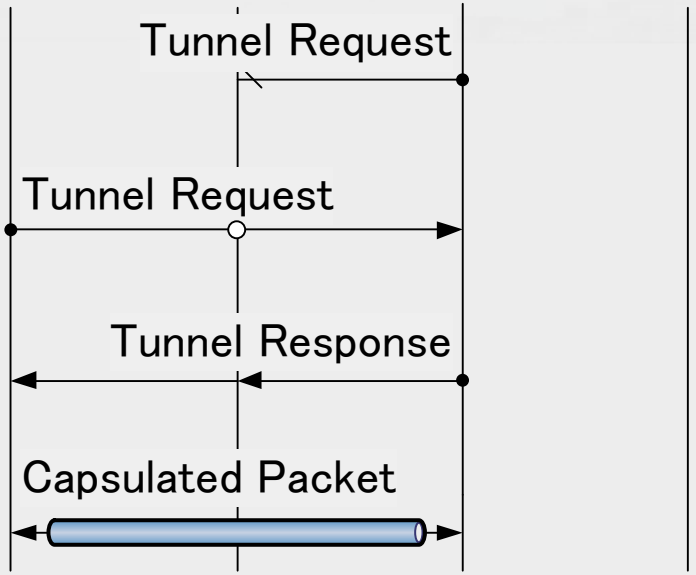
- エンドエンドの通信経路構築(経路最適化)



トンネル要求
(NATの外側からのアクセスにより破棄)

トンネル要求
(NATの内側からのアクセスにより通過)

トンネル応答
(NATテーブル生成済により通過)



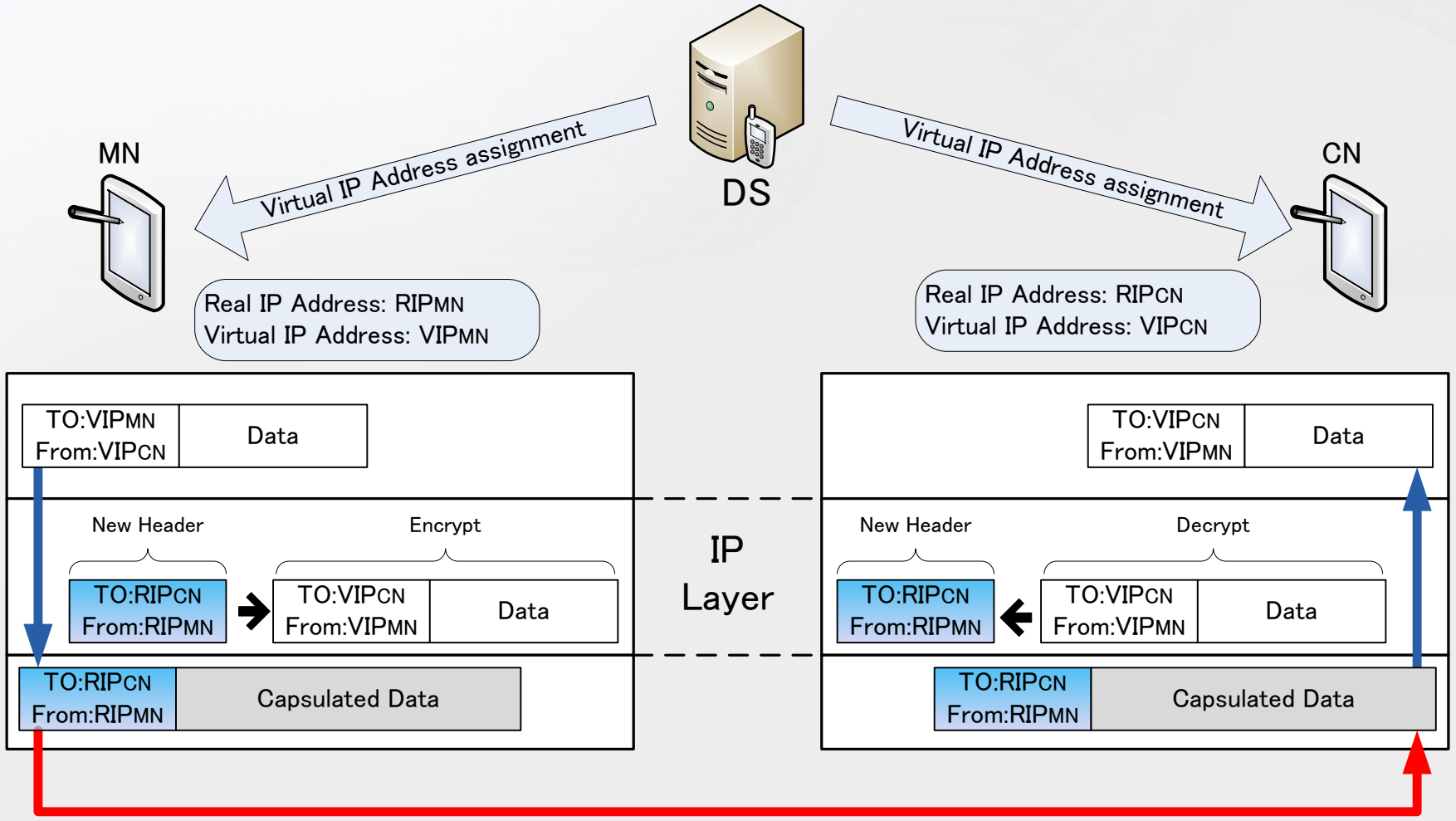
まとめ

- NTMobileの課題
  両端末が同じNAT配下に属する場合の経路冗長化

- 課題の解決
  直接通信が可能な場合の経路最適化を提案
  -端末間で互いにTunnel Requestを投げ合う
  -上記で直接通信可能かを判断
  -Tunnel Requestを受信すると経路が更新される

- 今後の予定
  実装を行い、動作テストと測定を行う

補足資料(NTMobileのパケット)

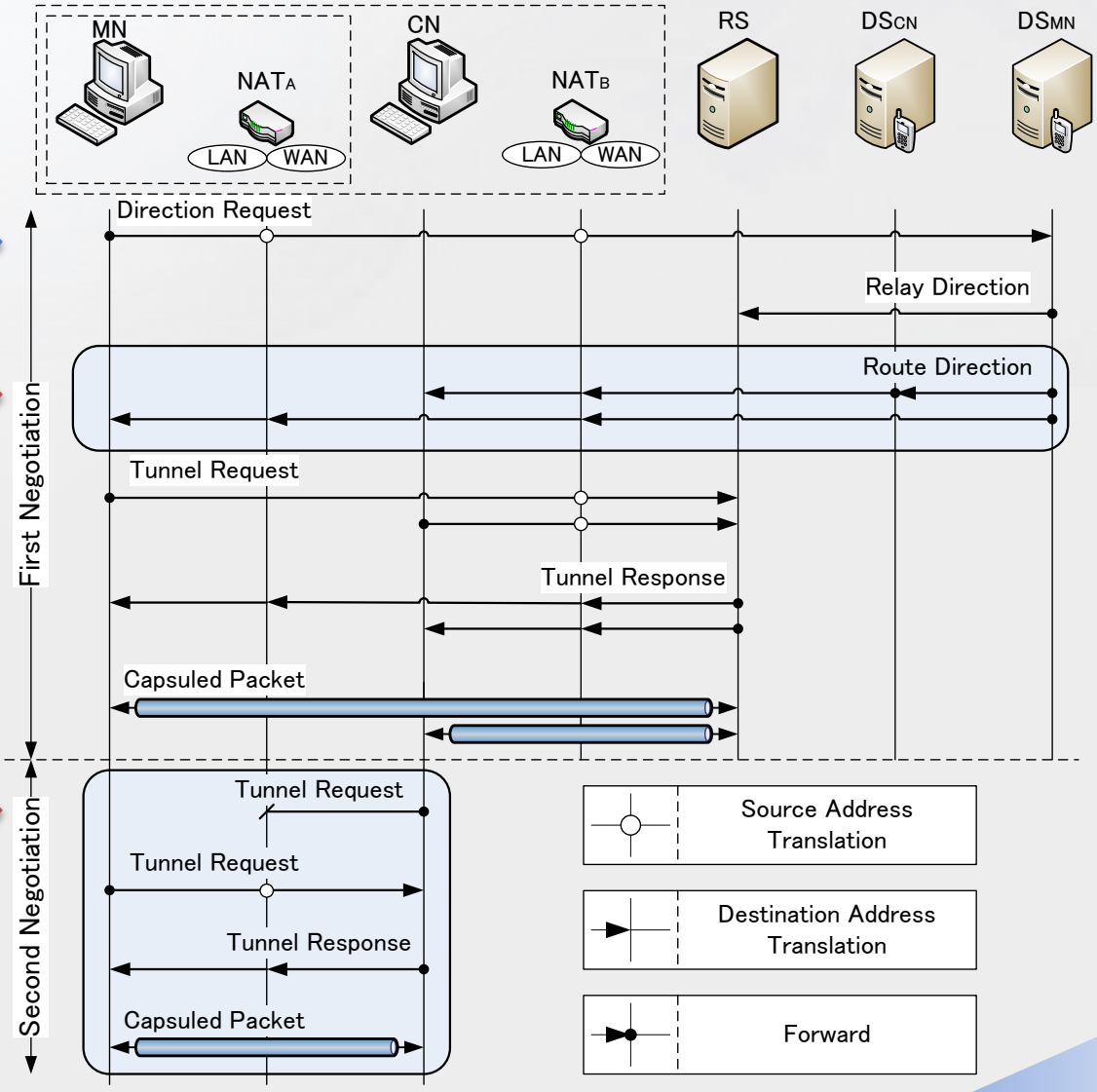


補足資料(動作シーケンス全体)

経路指示要求

経路指示
(両端末が同一のNAT配下)

トンネル構築
(トンネルネーブル更新)

トンネル要求(失敗)

トンネル構築
(トンネルネーブル更新)