

平成24年度 卒業論文

邦文題目

**NTMobileにおける
アドレス無変換型RSの提案**

英文題目

**Proposal of No address conversion type
Relay Server in NTMobile**

情報工学科

(学籍番号: 080430066)

土井 敏樹

提出日: 平成24年1月30日

名城大学理工学部情報工学科

内容要旨

公衆無線網の普及や小型端末の発達により，NAT 越え技術と，移動しながら通信できる移動透過性が要求されている．我々は，NAT 越え問題の解決と移動透過性を同時に実現できる技術として，NTMobile(Network Traversal with Mobility) [1–3] を提案している．NTMobile では、アプリケーションに対して重複しない仮想 IP アドレスを提供し、実際の通信は実アドレスでトンネル通信を行うことにより上記機能を同時に実現できる．

NTMobile では、アドレス変換機能を持つ RSN(Relay Server NAT Type) を経由する事で、一般端末との通信を行うことができる．しかし、このタイプの RS であると、SIP のようにメッセージ内に IP アドレスを含むプロトコルを利用する場合、アドレス変換時に通信パケット内で IP アドレスの相違が生じてしまい利用できないという課題がある．本稿では、このような課題を解決するために、アドレス変換を行わず、RS にエイリアスしているアドレスを通信に使用するアドレス無変換型 RST(Relay Server Transparent type) を提案する．

Abstract

In recent years, development of small devices and the spread of public wireless networks, technologies and across NAT, the mobility are required to communicate on the go. We propose a technology that can deliver both mobility and communication connections, NTMobile(Network Traversal with Mobility). In NTMobile, offering unique IP address for the application, actual communication can be achieved by performing the above functions simultaneously tunneled real address. In NTMobile, RSN(Relay Server NAT Type) with address translation by through, we can communicate with the common terminal. However, this type is the RS, there is a problem that is not available protocols, including IP addresses in the message to the SIP. In this paper, in order to resolve such issues, no address conversion type RS, RST(Relay Server Transparent type) to be proposed.

目次

第1章	はじめに	2
第2章	NTMobile	3
2.1	NTMobile の概要	3
2.2	NTMobile の動作	4
2.3	RS の種類と課題	5
第3章	アドレス無変換型 RS	6
3.1	RST の原理	6
3.2	接続の確立	6
3.3	トンネル通信	7
第4章	NTMobile 非対応端末からの通信	9
4.1	概要	9
4.2	Keep Alive と端末起動時の動作	9
第5章	まとめ	11
	謝辞	13
	参考文献	14
	研究業績	15

第1章 はじめに

近年，公衆無線網の普及や小型端末の発達により，自由に通信を開始でき，かつ移動しながら通信できることが要求されている．しかし，通信インフラとして広く普及している TCP/IP では，通信識別子として利用している IP アドレスがネットワーク接続を行う場所に依存しており，ネットワークを移動すると通信識別子に変化して，端末が移動した際に通信を継続するのが難しい．この問題を解決するため，移動しながら通信を行うことができる移動透過性技術が要求されている．

また，IP ネットワークにおける IPv4 グローバルアドレス枯渇に対する短期的解決策として，組織内はプライベートアドレスで構成し，グローバルネットワークとプライベートネットワークの境目に NAT を設置することが一般的となっている．しかし，NAT はプライベートネットワークをグローバルネットワークから隠蔽する性質を持っており，グローバルネットワーク側からプライベートネットワーク内部に通信を開始することができない NAT 越え問題が存在する．近年は家庭内にネットワークを構築することも増加し，NAT 越え技術の需要も出てきている．

我々は，NAT 越え問題の解決と移動透過性を同時に実現することができる技術として，NTMobile(Network Traversal with Mobility) [1-3] を提案している．NTMobile では，アプリケーションに対して一意に端末を識別できる仮想 IP アドレスを提供し，実際の通信は仮想アドレスを実アドレスでカプセル化してトンネル通信を行うことにより，NAT 越えと移動透過性を同時に実現できる．

NTMobile では，NTMobile の構成要素の 1 つであり，アドレス変換機能を持つ RSN (Relay Server NAT Type) を経由する事で NTMobile 機能を実装していない端末（以後 NTMobile 非対応端末）との通信を行うことができる．しかし，このタイプの RS を利用して，SIP などのメッセージ内に IP アドレスを含むプロトコルを利用した通信を行いたい場合，RS にて通信パケットのアドレス変換する時に，通信パケットのヘッダ部とメッセージ部の IP アドレスに相違が生じてしまい，このようなアプリケーションが利用できないというシステム上の制約がある．本稿では，アドレス変換を行わず，RS にエイリアスされた IP アドレスを通信に使用する RS である，アドレス無変換型 RS を提案する．

また，本論文ではアドレス無変換型 RS の提案を行い，具体的な SIP 利用方法の検討については，NTMobile における SIP 通信の実現手法 [4] で行われる．

第2章 NTMobile

2.1 NTMobile の概要

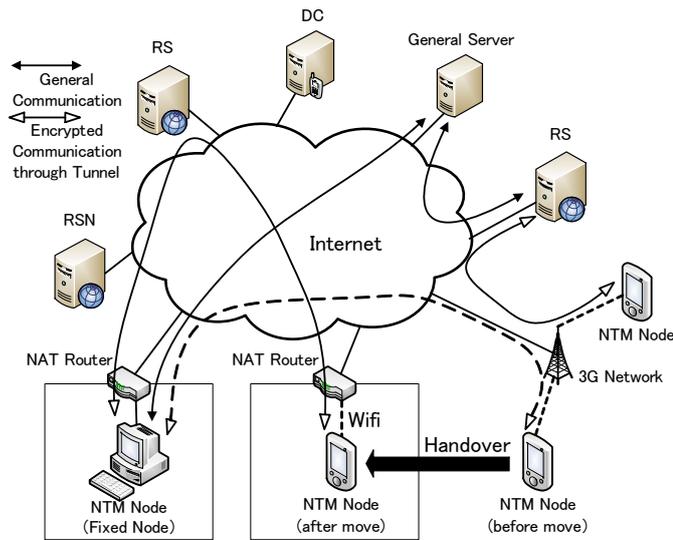


図 2.1 NTMobile の概要

図.2.1 に NTMobile で想定しているネットワークを示す。NTMobile では、IP アドレスの持つ通信識別子と位置情報の情報を分離する。通信識別子としては DC から配布され、端末を一意に識別できる仮想 IP アドレスを使用し、位置情報には接続するネットワークで取得した実 IP アドレスを利用する。アプリケーションは仮想アドレスを自身のアドレスとして認識するため、端末が移動して IP アドレスが変化しても、仮想 IP アドレスは変化することなく通信を継続することが可能である。

以下に、NTMobile を構成する端末及び装置の機能を説明する。

- NTMobile 端末 (NTM 端末)

NTMobile の機能を実装したエンド端末である。DC から一意に端末を識別できる仮想 IP アドレスを割り当てられ、割り当てられたアドレスを利用することで、アプリケーションに対して移動に伴う実 IP アドレスの変化を隠蔽する。DC からの経路指示に対して、エンドエンドの通信が可能な場合は NTM 端末間でトンネル構築を行い、両エンド端末が異なる NAT 配下に存在する場合など、エンドエンド通信が行えない場合には RS との間でトンネル構築を行う。

- DC(Direction Coordinator)

NTM 端末の位置情報を管理し、NTM 端末の移動に伴う各種処理を構成機器に指示する装置であり、DynamicDNS サーバに機能を追加したものである。NTMobile で使用する仮想 IP アドレス等の情報を管理するために、NTMobile 専用の DNS レコードを定義する。各 DC は自身に割り当てられた仮想 IP アドレスプールを持ち、NTM 端末に重複しない仮想 IP アドレスを提供する。

- RS(Relay Server)

通信を行う 2 台の端末がエンドエンドで通信出来ない場合に、NTM 端末間の通信パケットを中継する装置である。2 台の NTM 端末が異なるプライベートネットワークに存在する場合と、通信相手が NTMobile 非対応端末である場合に中継通信が行われる。アドレス変換機能を持ち、受信した通信パケットをアドレス変換して宛先へと送信する。また、NTM 端末と NTMobile 非対応端末が通信する場合に、エンド端末が RS を介した通信を行うことで NTMobile 非対応端末との通信においても移動透過性を実現することができる。

2.2 NTMobile の動作

2.2.1 ネットワーク接続時

全ての NTM 端末は、ネットワーク接続時に DC に対して位置登録処理を行う。この時、NTM 端末は DC から端末を一意に識別できる仮想 IP アドレスを与えられ、アプリケーションは NTM 端末間の通信に使用する。

2.2.2 名前解決

通信開始時、通信開始端末は DNS によって相手端末の名前解決を行う。NTMobile では DNS への問い合わせをフックし、DC へ NTMobile レコードの問い合わせを行う。相手端末が NTM 端末であれば、DC から専用レコードを入手でき、MN は入手した情報を記録する。相手端末が NTMobile 非対応端末の場合は、問い合わせに対する応答を得ることができないため、通信開始端末は相手端末が NTMobile 非対応端末であると認識する。

2.2.3 コネクション確立

NTM 端末は相手端末と通信を行いたい場合、DC や RS とトンネル確立ネゴシエーションを行い、RS または相手端末との間に UDP トンネルを構築する。DC はエンド端末が存在するネットワーク空間の関係から通信経路を決定し、NTM 端末に経路確立手順を指示することで、エンド端末の位置に応じた最適なトンネル経路が構築される。また、UDP トンネルを用いる事により、通信経路上に NAT が存在しても確実に通信経路を確立できる。

2.2.4 実際の通信

実際の通信は、実 IP アドレスにより仮想 IP アドレスのパケットを UDP でカプセル化することにより実現する。通信開始端末は宛先が仮想 IP アドレスであるパケットを送信する際、UDP でカプセル化を行い相手ノードへと送信する。通信経路上に NAT が存在しても、外側 IP ヘッダの IP アドレスが変化するのみであり、元パケットは変更されない。パケットを受け取った相手ノードは受信したパケットを復号、デカプセル化してから上位アプリケーションへと渡す。相手端末が NTMobile 非対応端末である場合は、RS が通信パケットを受信してデカプセル化を行った後、NTMobile 非対応端末へと送信する。この手法によって、アプリケーションに対して、NAT の存在や移動に伴う実 IP アドレスの変化を隠蔽することができる。

2.3 RS の種類と課題

NTMobile では、基本的にはエンドエンドの通信が行えるように端末間の通信経路を確立するが、通信相手が NTMobile 非対応端末の場合、NTM 端末は RS との間に UDP トンネルを構築する。RS は NTM 端末からのパケットを受信すると IP ヘッダのデカプセル化を行い、更にアドレス変換を行うことで、RS 経由で通信を行う。このタイプの RS をアドレス変換型 RS（以後 RSN：Relay Server NAT type）と呼ぶ。また、NTM 端末同士の通信であり、両エンド端末が異なる NAT 配下に存在する場合、RS はネゴシエーション時にそれぞれのエンド端末とトンネルを構築する。RS はそれぞれのトンネルを切り替えながら、端末間の通信パケットを中継する。この RS の事をトンネル切替型 RS（以後 RSS：Relay Server Switch type）と呼ぶ。

RSN を使って NTMobile 非対応端末と通信をする場合、NTMobile 非対応端末からは、自分の通信相手が常に RSN であるかのように見えるため、RSN が通信端末間のパケットを中継することで、NTM 端末側は通信しながら自由に移動可能である。しかし、SIP のように通信パケットのメッセージ内に IP アドレスを含むようなプロトコルを利用して通信を行いたい場合、RSN により通信パケットの IP ヘッダ部の IP アドレスは変換されるが、メッセージ部の IP アドレスはアドレス変換されない。このため、RS が受信する通信パケットのヘッダ部とメッセージ部の IP アドレスに相違が生じ、このようなプロトコルが利用できないという課題がある。

第3章 アドレス無変換型 RS

本論文では,2章で述べたような課題を解決するために,通信パケットのアドレス変換を行わないRSである,アドレス無変換型RS(以後RST:Relay Server Transparent type)の提案と動作についての検討を行う.RSTを利用することにより,例え通信相手がNTMobile非対応端末であっても,NTMobileを用いたSIP通信が可能となる.

3.1 RSTの原理

RSTは,あらかじめDCより複数の実IPアドレスを配布してもらい,プールする.NTM端末は,通常のNTMobileで使用する仮想アドレスを割り当てる仮想インタフェースの他に,提案方式で使用する仮想インタフェースを持ち,RSが保持している実IPアドレスの内の1つを新たな仮想インタフェースに割り当てる.NTM端末は,提案方式の仮想インタフェースを実際の通信に使用し,RSTから割り当てられた実IPアドレスを自身の仮想IPアドレスとして認識する.

RSTは端末間の通信パケットをカプセル化/デカプセル化するのみであり,アドレス変換は一切行わない.すなわち,MNとCNのアプリケーションはお互いのアドレスをエンドエンドで認識できる.この方法によると,MNが通信中に移動が可能であると共に,通信パケットのメッセージ中にIPアドレスを含むようなアプリケーションであっても,NATを跨る通信が可能となる.

3.2 コネクションの確立

図3.1に提案方式におけるNTM端末とNTMobile非対応端末がコネクションを確立するまでのシーケンスを示す.なお,MNはNAT配下に存在するNTM端末,CNは実IPアドレスを保持するNTMobile非対応端末とし,MN側からCNに通信を開始するものとする.

前提として,エンド端末はネットワーク接続時の位置登録処理[1]を完了しており,DCにはエンド端末の位置情報が登録されているものとする.

MNはDNSサーバにCNのAレコードとNTMobile専用レコードの問い合わせを行う.CNがNTMobile非対応端末である場合,NTMobile専用レコードの問い合わせに対する応答を得ることができないため,MNはCNがNTMobile非対応端末であると認識する.

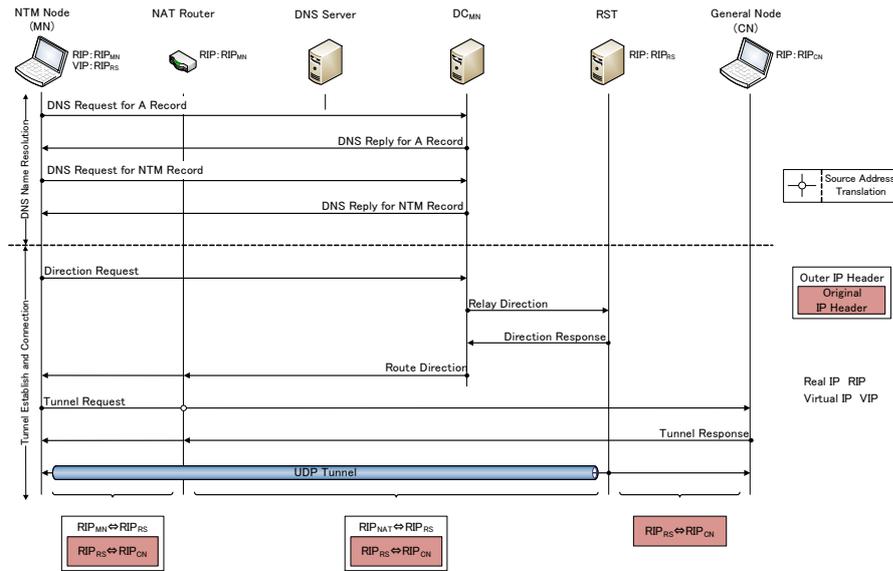


図 3.1 NTM 端末と NTMobile 非対応端末間の接続確立手順

次に，MN は DC_{MN} に対して Direction Request を送信し，トンネル構築の指示要求を行う．DC_{MN} は，Direction Request に記載されている情報よりエンド端末の位置関係を判断し，トンネル構築手段を決定する．その後，DC は Relay Direction を RS へと送信し，MN と CN の通信を中継するように指示する．DC は更に，Route Direction により MN に対して RS との間にトンネル構築の経路指示を行う．MN は RS へ Tunnel Request を送信してトンネル構築要求を行い，RS は Tunnel Response を応答することでトンネル構築応答を行う．以上の動作により，MN と RS との間に UDP トンネルが構築される．CN は自分の通信相手が RST であるものと認識し，MN のアプリケーションは自分の IP アドレスは RS ののものであると認識する．

3.3 トンネル通信

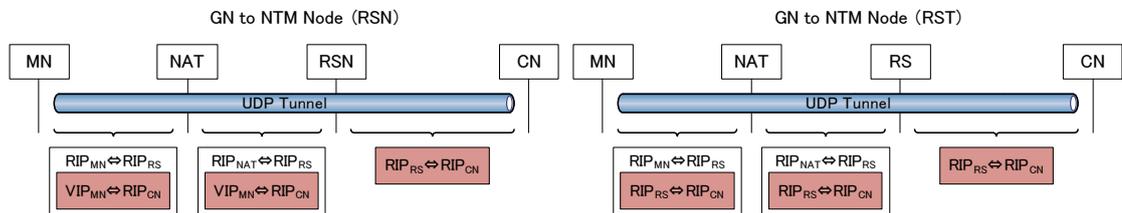


図 3.2 IP パケットのアドレス遷移

図 3.2 は，通信パケットのアドレス遷移の様子である．MN は，宛先が RIP_{CN} (CN の実アドレス) であるパケットを送信する際，カーネルにて UDP でカプセル化を行い，相

手端末へと送信する．このとき，内側の IP ヘッダは送信元： RIP_{RS} ，宛先： RIP_{CN} とし，外側 IP ヘッダは送信元： RIP_{MN} ，宛先： RIP_{RS} となる．外側 IP アドレスは，NAT でアドレス変換された後，送信元： RIP_{NAT} ，宛先： RIP_{RS} となる．RS は MN からのパケットを受信すると，外側 IP ヘッダのデカプセル化を行う．CN には， RIP_{RS} ，宛先： RIP_{CN} のパケットが届く．

このようにして，MN と CN のアプリケーションは RST の実アドレスと CN の実アドレスを用いて通信を行うため，RST はパケットのアドレス変換をする必要がない．この手法によるとメッセージ内に IP アドレスを含む SIP のようなプロトコルであっても NAT を跨る通信が可能である．

第4章 NTMobile 非対応端末からの通信

提案方式である RST は、主に SIP アプリケーションで使用することを想定している。NTMobile を利用した SIP 通信をする上で、NTMobile 非対応端末から通信を開始することも多く想定されるため、RST を用いた NTMobile での NTMobile 非対応端末からの通信開始手法についても検討を行う。

4.1 概要

NTM 端末が NAT 配下に存在する場合、DC から NTM 端末に対して通信を開始することはできない。しかし、NTMobile では、DC から NTM 端末に対してトンネル構築や経路等の指示を出す必要があり、DC と NTM 端末間で接続を維持しておく必要がある。そこで、NTM 端末は定期的に DC に NTM Update Request を送信し、DC からは NTM Update Response を NTM 端末に返信している。NTM 端末と DC 間でパケットを投げ合うことで、通信経路上に存在する NAT のエントリを保持する。このことを Keep Alive と呼ぶ。提案方式では、NTM 端末の起動時のネゴシエーション後に、トンネル確立ネゴシエーションを行う。トンネル確立後、Keep Alive を RS との間でも行い、常に RS とトンネルを貼り続けることで NTMobile 非対応端末からの通信開始を待機する。

4.2 Keep Alive と端末起動時の動作

現在の NTMobile では、端末のネットワーク接続時に DC に対して位置登録処理を行い、通信開始時に DC との間で名前解決を行って、接続確立へと移る。提案方式では、NTMobile 非対応端末からの通信開始を受け付けるために、NTM 端末はネットワーク接続時にトンネル確立ネゴシエーションを行い、RS との間で UDP トンネルを構築する。提案方式における NTMobile 非対応端末からの通信開始の場合のシーケンスを図 4.1 に示す。なお、MN は NAT 配下に存在する NTM 端末、CN は NTMobile 非対応端末とし、CN 側から通信を開始するものとする。

NTM 端末は、ネットワーク接続時に DC への位置登録処理を行うと共にトンネル確立ネゴシエーションを行い、NTM 端末と RS との間に UDP トンネルが構築される。その後、RS が NTMobile 非対応端末からの通信開始を受け付けるために、NTM 端末と RS との間で Keep Alive を行なってトンネル維持 (NAT エントリの保持) を行う。NTMobile 非対応端末から NTM 端末宛のパケットが届けば、RS は通信パケットを仮想 IP アドレス

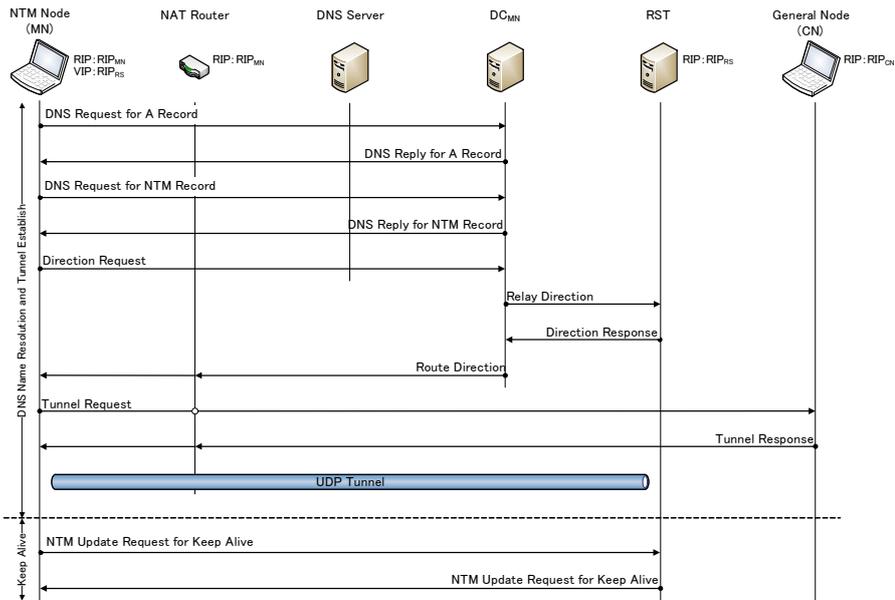


図 4.1 NTMobile 非対応端末から通信開始する場合のシーケンス

でカプセル化を行なって MN へと転送する．以上の動作によって，提案方式を利用した SIP 通信で NTMobile 非対応端末から通信を開始することができる．

第5章 まとめ

NTMobile を利用して NTM 端末と NTMobile 非対応端末が通信を行う場合、RSN が通信パケットのアドレス変換を行う事により、SIP のようなメッセージ内に IP アドレスを含むプロトコルが利用できない。この課題を解決する手法として、アドレスを変更しない RS であるアドレス無変換型 RS (RST) の提案を行い、動作を検討した。また、実際にプロトコルを使用した時への対応として、NTMobile 非対応端末から通信を開始に出来る手法について検討した。今後は、検討した動作を元の実装を進める予定である。また、他の応用についても検討を進める予定である。

謝辞

本研究を遂行するにあたり，多大なる御指導と御教授を賜りました，名城大学理工学研究科 渡邊晃教授には心から感謝致します．

本研究を遂行するにあたり，常日頃からの御意見ならびに御助言を受け賜りました，名城大学理工学研究科 鈴木秀和助教に深謝致します．

本研究を遂行するにあたり，多くの貴重な意見を頂きました，三重大学大学院工学研究科 内藤克浩助教に心より感謝致します．

本研究を遂行するにあたり，数々の有益な御助言や御討論を賜りました，渡邊研究室及び鈴木研究室の諸氏に感謝致します．

最後に，研究を進めていく中，いつも暖かく支えていただいた両親に心より感謝致します．

参考文献

- [1] 西尾拓也,内藤克浩,水谷智大,鈴木秀和,渡邊 晃,森香津夫,小林英雄:NTMobileにおける端末アドレスの移動管理と実装,マルチメディア,分散,協調とモバイル(DICOMO2011)シンポジウム論文集, pp. 1139–1145(2011)
- [2] 内藤克浩,西尾拓也,水谷智大,鈴木秀和,渡邊 晃,森香津夫,小林英雄:NTMobileにおける移動透過性の実現と実装,マルチメディア,分散,協調とモバイル(DICOMO2011)DICOMO2011シンポジウム論文集, pp. 1349–1359(2011)
- [3] 鈴木秀和,水谷智大,西尾拓也,内藤克浩,渡邊 晃:NTMobileにおける相互接続性の確立手法と実装,マルチメディア,分散,協調とモバイル(DICOMO2011)DICOMO2011シンポジウム論文集, pp. 1339–1348(2011)
- [4] 吉岡正裕,鈴木秀和,内藤克浩,渡邊 晃:NTMobileにおける SIP 通信の実現手法,平成 23 年度電気関連学会東海支部連合大会論文集, 2011.

研究業績

学術論文

なし

研究会・大会等

1. 土井敏樹, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃, “NTMobile における Relay Server に関する検討”, 平成 24 年度電気関係学会東海支部連合大会論文集, Sep.2011 .

