

平成27年度 卒業論文

和文題目

NTMobileを用いたIP電話の提案

英文題目

**Proposal of Phone Communication using
NTMobile**

情報工学科 渡邊研究室
(学籍番号: 120430083)

浜野 貴明

提出日: 平成28年2月10日

名城大学理工学部

概要

インターネットの普及に伴い IP 電話の需要が高まってきている。通常の IP 電話は、エンド端末がプライベートアドレスの場合があるため、インターネット上にサーバを置いてクライアント/サーバ型で実現するケースが多い（LINE の IP 電話など）。この場合、通信遅延が大きいことやサーバネットワークになる可能性があるなどの課題がある。Skype の IP 電話の場合、試行錯誤で通信経路を探索を行う。そして通話時はエンドエンドでの通話を実現することができるが、ネットワークを切り替えると会話が切れてしまうという課題がある。著者らは接続性の保証と移動透過性を同時に実現する NTMobile（Network Traversal with Mobility）を提案している。エンド端末に NTMobile を実装することにより、エンドツーエンドの接続性が実現されるとともに移動透過性も実現される。本稿では NTMobile を利用することによって、IP 電話を実現し、エンドエンドの通話と移動透過性を両立できることを示す。

目次

第1章	はじめに	1
第2章	既存技術	3
2.1	LINE	3
2.1.1	概要	3
2.1.2	通話方法	3
2.1.3	課題	4
2.2	Skype	5
2.2.1	概要	5
2.2.2	通話方法	5
2.2.3	課題	6
第3章	NTMobile	7
3.1	概要	7
3.2	通信経路生成	8
第4章	提案方式	10
4.1	概要	10
4.2	通信シーケンス	11
4.2.1	ダイヤル処理に必要な情報	12
4.3	ネットワークの切り替え	12
第5章	実装の方針	14
第6章	評価	16
第7章	まとめ	17
	謝辞	19
	参考文献	21
	研究業績	23

第1章 はじめに

通話の一つの実現方法としてインターネットを利用し VoIP により実現する方法がある。これは TCP/IP 上でパケット交換により実現される通話方式である。以前までは通信遅延が多であったため、通話手段として確立されていなかった。しかし技術の進展などにより実現することができるようになった。このインターネットを使用した通話方式の場合、通話そのものにかかる費用も無料となるため、この通話方式は非常に有用であることがわかる。

しかし、この VoIP で利用されるインターネット技術にはいくつかの制約がある。一つめに NAT 越え問題である。これはグローバルネットワーク側の端末から NAT 配下の端末に通信を開始できないという問題で通信接続性を確保できないという課題がある。もう一つめにユーザが自由に移動しながら通信ができないという問題である。これは現在の IP ネットワークでは、端末に割当てられた IP アドレスを通信識別子として通信を行っているため端末の移動やネットワークの切り替えによって、IP アドレスが変化すると通信が継続できない。これのインターネットでの制約が IP 電話の制約としても発生している。

既存の IP 電話サービスとして LINE [1] や Skype [2] などがある。LINE は、NAT 配下にいる端末に対しても通信が行えるように、クライアントが常にサーバと連絡を取り合い、サーバから通話したい相手の情報を入手し通話を行う。LINE で用いる通話方式は、端末の間にサーバが存在し常にサーバを介した通信（クライアントサーバ型）である。このため通信経路が冗長で、エンドツーエンド通信と比較すると通信遅延が絶えず発生するという問題点がある。またサーバを運用するために必要なコストも発生している。一方 Skype で用いられている通話方式では、スーパーノードと呼ばれる装置の指示によりエンドツーエンドの経路が構築されることによって端末間同士での直接通話が可能となっている。しかし、一方の端末が LTE から Wifi などへネットワーク切り替えを行うと、端末に与えられている IP アドレスが変化する。Skype の場合この IP アドレスの変化に対応できず、通信が断絶するという問題点がある。

我々は、通信接続性と移動透過性を実現する NTMobile (Network Traversal with Mobility) [5] を提案している。端末に NTMobile を実装すると、アプリケーションは DC から配布された仮想 IP アドレスに基づいて通信を行う。実際の通信では、実 IP アドレスで全てのパケットをカプセル化し、UDP を用いてのトンネル通信を行う。この方式により実 IP アドレスが通信中に変化しても仮想 IP アドレスは変化せず、通信を継続できる。

本論文では各端末 NTMobile を使用することによって、通話したい相手を選択し、DC の経路生成を行いエンドツーエンドでの UDP トンネルを生成する。本提案方式の通話方式では、この生成された UDP トンネルのなかにダイヤル処理と通話部分のパケットを流すことによって通話を実現させる。これにより通話時にサーバを一切介することなく、端末間でのエンドツーエンド通話を実現し、

且つ端末のネットワーク切り替えによる IP アドレスの変化にも対応できる移動透過性を持ち合わせた IP 通話方式の提案を行う。

以下,2 章では既存技術として LINE と Skype についてそれぞれの特徴及び課題点について述べる.3 章では NTMobile について述べる. 4 章では具体的に提案する IP 通話方式について説明を行う.5 章で提案方式の実装方針について述べる.6 章では既存技術との比較を行い,最後に 7 章でまとめる.

第2章 既存技術

既存技術として現在 IP 電話として利用されている,LINE と Skype の 2 つを取り上げ,それぞれの特徴と課題について述べる.

2.1 LINE

2.1.1 概要

まず LINE の概要について示す.LINE の通話は LINE クライアント,メインサーバ,音声通話用サーバ,SIP サーバの 4 つの要素から成り立っており,各々の役割は以下の通りである.

- LINE クライアント
PC やスマートフォンなどのエンド端末.
- 音声通話用サーバ
通話で使う SIP,SRTP,SRTCP の処理を実行する.
- メインサーバ
端末の情報を持ち,必要に応じて要求に応答する.
- SIP サーバ
SIP を利用した通話の制御・管理を行うサーバ.

2.1.2 通話方法

通話までのシーケンスを図 1 に示す.通話時のやりとりは,一般的な固定 IP 電話のやり取りとほぼ同じ.通話のためのセッション確立や切断には SIP を使う.以下の流れによって通話が行われている.

- (1) 端末 A が通話要求を送る.
- (2) メインサーバは SIP サーバ a の IP アドレスを応答.
- (3) 端末 A が SIP サーバ a に REGISTER コマンドを送信.
- (4) SIP サーバ a は成功を応答.
- (5) 端末 A が SIP サーバ a に INVITE コマンドを送りセッションを確立.端末 B は端末 A からの INVITE コマンドを SIP サーバ b 経由で受信.
- (6) 端末 B のユーザが呼び出しに応じたら,応答したことを端末 A に応答.

- (7) 端末 A は端末 B に ACK を送信する.
- (8) 音声データを送受信.
- (9) 端末 A が端末 B に BYE を送信.
- (10) 端末 B は端末 A に ACK の返答.

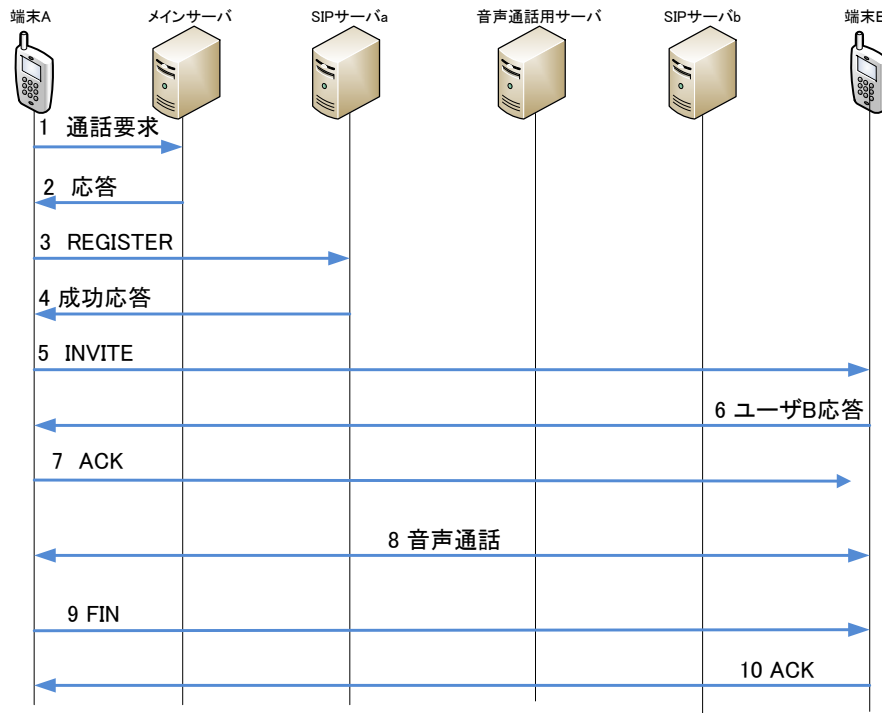


図 1 LINE 通信シーケンス

音声パケットなどは常に音声通話用サーバなどを經由してそれぞれの端末に送信されている。また各端末はサーバに対して約7秒ごとに登録（REGISTER）を行っている。これはネットワーク切り替えによる IP アドレスの変化に追従できるようにするためや、端末の存在をサーバが確認するためである。

2.1.3 課題

LINE の通話方式の場合では、サーバを常に経由した通信になるため、通信経路が冗長となり、通信遅延が発生する。また、サーバを使用する必要があるため、サーバに障害が発生してしまった場合、サービスの利用ができなくなるといったことも挙げられる。さらにサーバを維持するために多大なコストも費やす必要がある。

2.2 Skype

2.2.1 概要

Skype の通話は Skype クライアント, スーパーノードの 2 つの要素から成り立っており, 各々の役割は以下の通りである.

- スーパーノード
通話先リストを管理する役割を持つ. Skype 名と IP アドレスを対応づけており, クライアントからの通話先情報の問い合わせなどの処理を行う. スーパーノードはいくつも用意されており, ユーザの情報なども分散して管理を行っている. これによりもし自分がもっていないユーザの情報の問い合わせを受けた場合でも, 他のスーパーノードから教えてもらうことにより情報の提供を行う.
- Skype クライアント
PC やスマートフォンなどのエンド端末. Skype クライアントは最初にスーパーノードを 1 台選んで接続し, 以降はこの接続したスーパーノードから必要に応じて通話先情報の問い合わせなどさまざまな処理を依頼する.

2.2.2 通話方法

ここでは, 両端末がグローバルアドレスに属している場合と端末の一方がグローバルアドレスでもう一方が NAT 配下になっている場合との 2 種類の場合に分けて説明を行う.

グローバル同士の場合

次に通話に至るまでの通信シーケンスを図 2 に示す. 次の順序にしたがって, グローバル同士の端末は音声通話を実現させている.

- (1) スーパーノードにユーザ B の呼び出しを依頼.
- (2) ユーザ B のグローバル IP アドレスと待ち受けポート番号を通知.
- (3) ユーザ A からユーザ B に向けてパケットを送信して双方向での直接通話を行う.

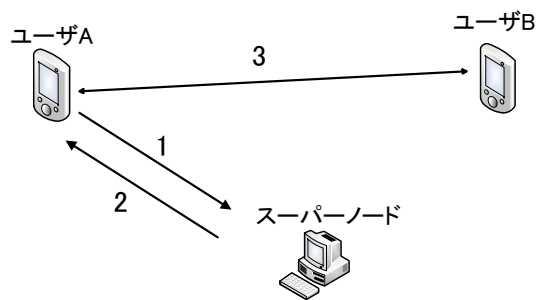


図2 グローバル同士通信シーケンス

どちらかが NAT 配下にいる場合

どちらかが NAT 配下にいる場合のシーケンスを図3に示す。NAT 側のパソコンから音声パケットの送出をスタートさせることで、NAT の外側の相手からの音声パケットは戻りのパケットとして NAT を通過することができる。これにより端末間での直接通話の実現される。

- (1) スーパーノードにユーザ B の呼び出しを依頼。
- (2) ユーザ A のグローバル IP アドレスと待ち受けポート番号を通知。
- (3) ユーザ B (NAT 側) からユーザ A に向けてパケットを送信。これで NAT テーブルが作られ、ユーザ A からのパケットは戻りのパケットとして通過できる。

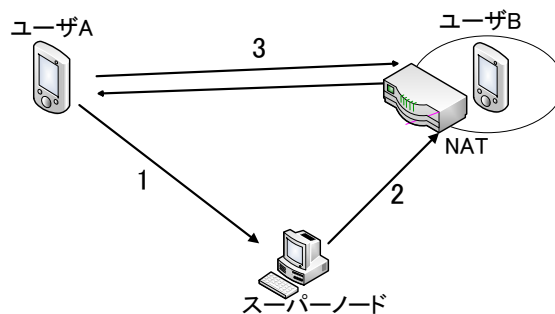


図3 NAT 配下通信シーケンス

2.2.3 課題

Skype の通話方式の場合では、通話中の両端末のうち片一方でもネットワークの切り替えを行うと実 IP アドレスが変化してしまう。実 IP アドレスが変化してしまうと、通信が途切れ通話ができなくなってしまうという課題点がある。

第3章 NTMobile

本章では提案方式を実現するうえで、使用する NTMobile について述べる。

3.1 概要

図 4 に NTMobile におけるネットワーク構成を示す。NTMobile は、NTMobile の機能が実装されている NTM 端末、NTM 端末の仮想 IP アドレスの管理及び経路生成の指示を行う DC (Direction Coordinator) から構成されている。DC は、グローバルネットワークに設置されて、ネットワークの規模に応じて複数台設置によって負荷分散を行うことができる。

各 NTM 端末は、起動時に DC に対して自分自身の実 IP アドレスなどを登録するとともに、DC から重複することのない仮想 IP アドレスを割り当てられる。NTM 端末は仮想 IP アドレスを端末識別子として利用し、実 IP アドレスの方は位置識別子として利用される。NTM 端末のアプリケーションは仮想 IP アドレスを用いて通信セッションを確立する。

- NTM 端末

NTMobile を実装した端末を NTM 端末と呼ぶ。NTM 端末は移動先のネットワークから割り当てられる実 IP アドレスと DC から割り当てられる仮想 IP アドレスの 2 種類のアドレスを保持する。仮想 IP アドレスはネットワークに依存しないアドレスであり、NTM 端末がネットワークを切り替えても変化しない。NTM 端末は、仮想 IP アドレスで生成された IP パケットを、実 IP アドレスで UDP カプセル化して通信を行う。これにより、通信中に NTM 端末の実 IP アドレスが変化しても、移動透過性を実現することができる。

- DC (Direction Coordinator)

DC は仮想 IP アドレスの割り当て管理及び、NTM 端末に対して NTM 端末が今どのようなネットワーク配下にいるかを考慮したうえでトンネル構築などの指示を出す装置である。NTM 端末に割り当てられる仮想 IP アドレスは一意的なアドレスであり、DC は仮想 IP アドレスの重複がないよう割り当てを行う。

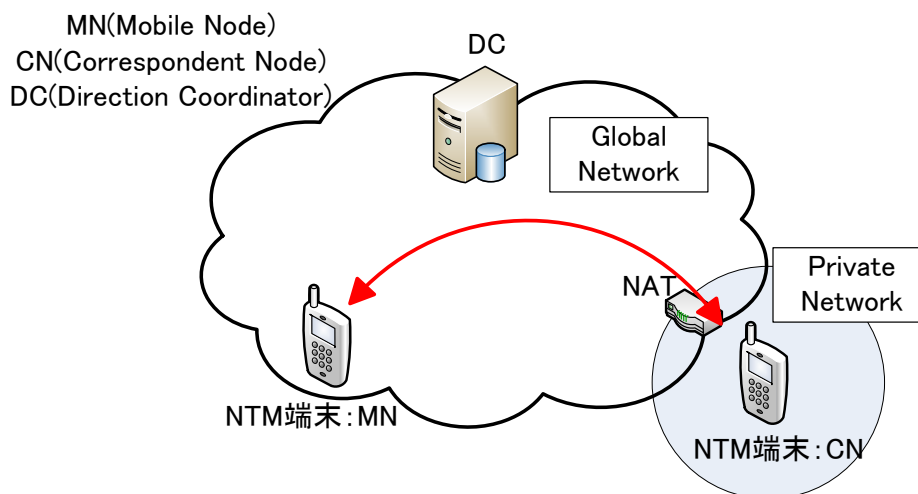


図4 NTMobile 構成

3.2 通信経路生成

図5に通信開始時からUDPトンネルが生成されるまでの処理を示す.MN (Mobile Node) がCN (Correspondent Node) に対して通信の要求を行うことを想定する.MN は,NTM Direction Request に FQDNMN,FQDNCN をのせて,DC へ送り,名前解決及びトンネル構築指示を依頼する.DC は NTM Direction Request に記載している FQDNMN,FQDNCN により MN,CN の端末情報を取得する.DC は,経路判断を基にトンネル構築に必要な情報を乗せた NTM Route Direction を MN と CN に送る.NTM 端末が NAT 配下にいる場合などは,NAT 配下にいる方の端末から NTM Tunnel Request を送信させることにより,トンネル通信の経路を確保する.

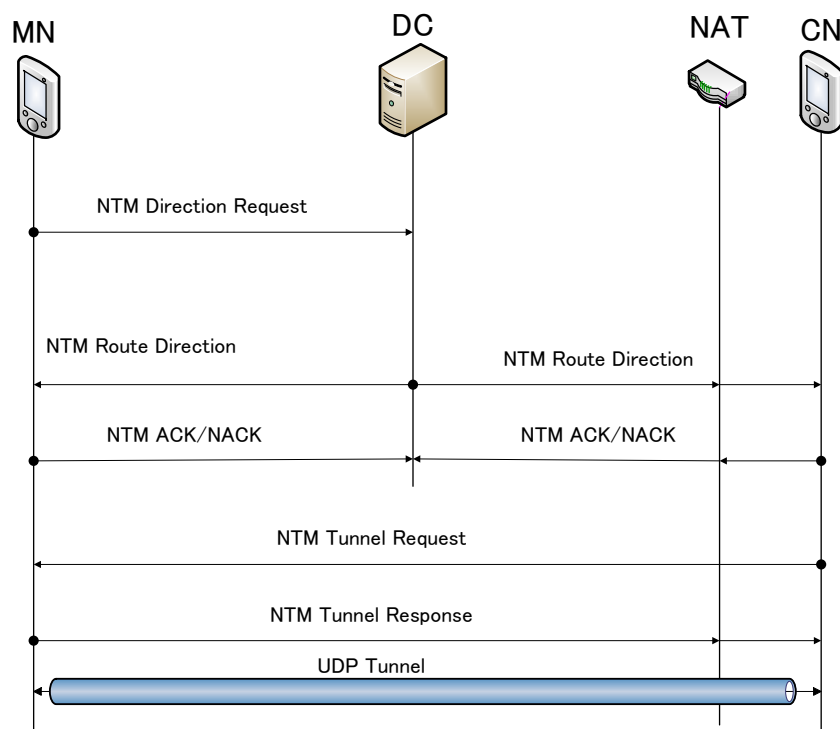


図 5 通信経路生成シーケンス

第4章 提案方式

4.1 概要

図6に提案方式の概要を示す。通話を行う2台のNTM端末は、グローバルアドレス空間又はプライベートアドレス空間どちらに属していてもかまない。NTM1ユーザは事前に通話したい相手（ここではNTM2ユーザ）のFQDNなどの情報を取得しているものとする。通話開始時にNTM1ユーザは画面上でNTM2ユーザを選択しNTM2ユーザに対して通話を要求する。NTM1はDCにNTM2のFQDNを指定して通信要求を行い、NTM Mobileによるエンドエンドのトンネルを構築する。そして電話を行う際のダイヤル処理及び通話中のパケットは、この構築されたトンネルを通して行う。このダイヤル処理は、通常のVoIPのように通信相手を探すためのものではなく、単に通信相手を呼び出すためのものである。NTM2が呼び出しに応じたらRTP（Real-time Transport Protocol）で会話を始める。会話が終了したら切断処理を行う。

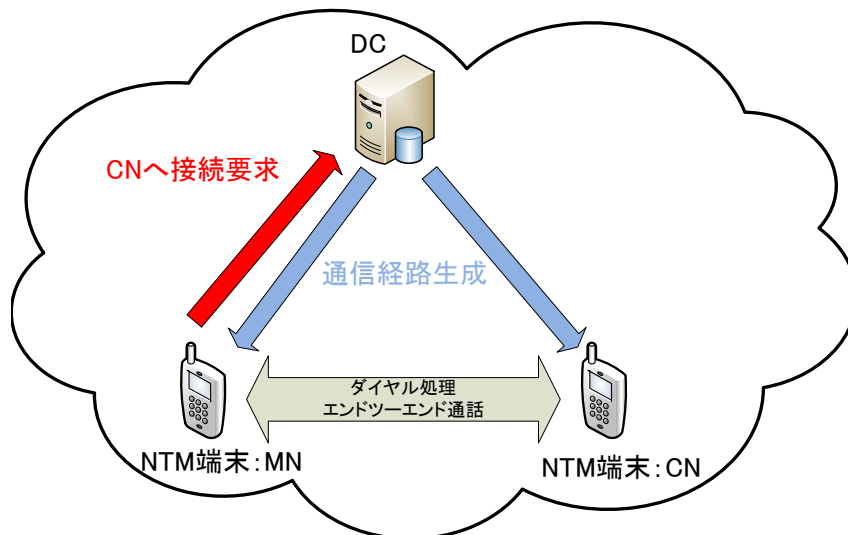


図6 提案方式構成

4.2 通信シーケンス

図7に提案方式の通信シーケンスを示す.NTM1がDCに対してNTM2との通信を要求すると,DCの指示により,NTMobileのトンネル構築を行うためのシグナリングが実行され,NTM1とNTM2間でエンドエンドのUDPトンネル経路が構築される.NTM1はNTM2に対して,トンネル経路を通してCALLを送信し通話を要求する.NTM2は呼び出し音を鳴らすとともにNTM1にRINGINGを送信する.NTM1ユーザはリングバックトーンを鳴らしNTM2ユーザが通話に出るまで待機する.NTM2ユーザが通話開始ボタンを押下すると,NTM1にACCEPTを送信し,通話可能状態であることを知らせる.NTM1はこれに対しACKを返答する.以上の手順により,通話のためのセッションが確立される.以後の通話は同一のトンネル経路を通してRTP上で実現する.通話が終了すると,FIN/ACKにより通話セッションを切断する.

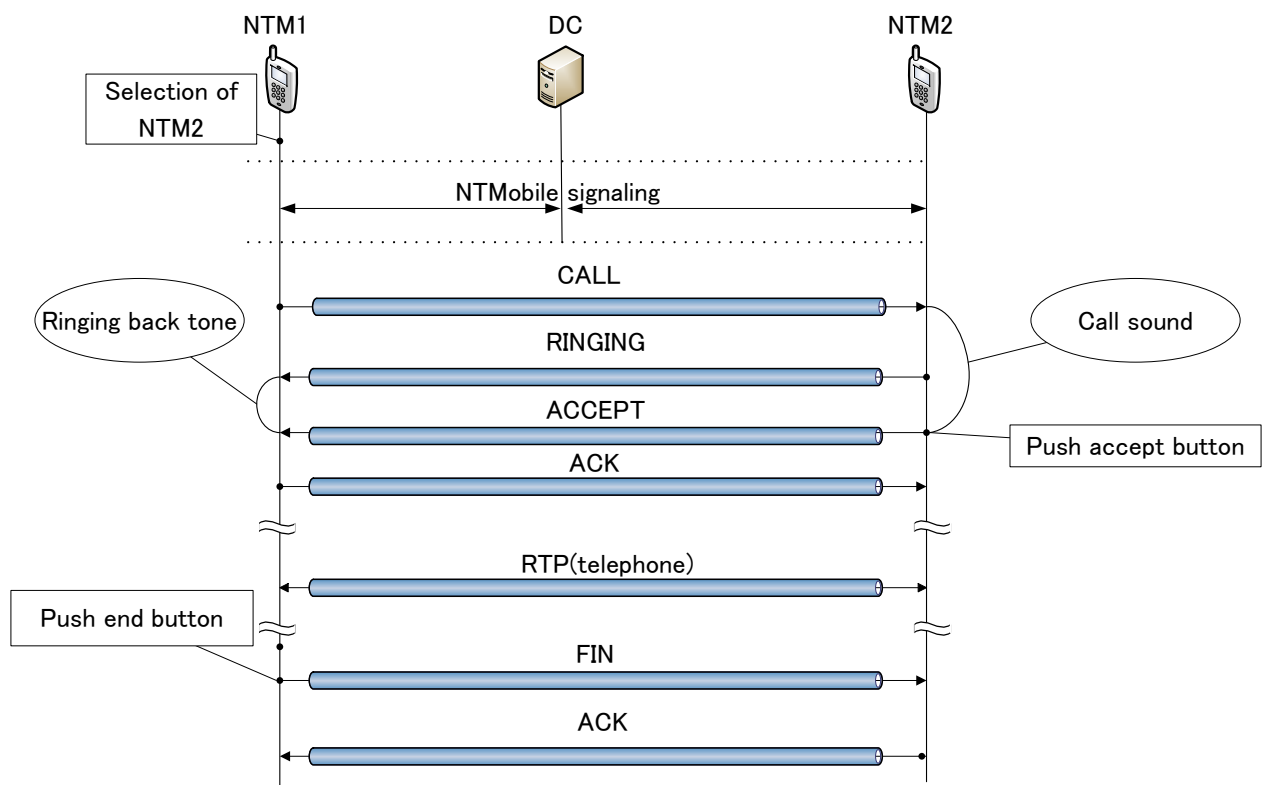


図7 提案方式の通信シーケンス

4.2.1 ダイアル処理に必要な情報

図 8 に各ダイアル処理の中で検討の結果, 必要と判断した情報を示す.

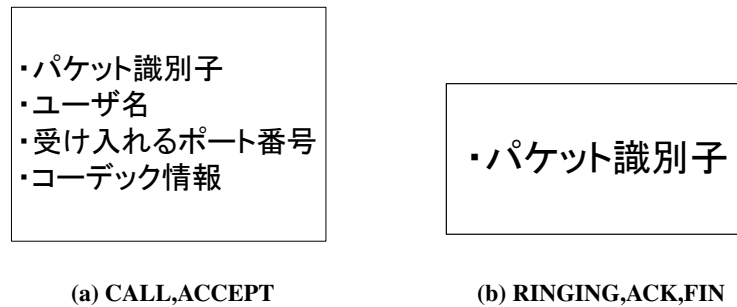


図 8 各シグナル処理に必要な情報

- パケット識別子
パケットを識別する.
- ユーザ名
アプリケーションで使用されている自分自身のユーザ名を乗せ, 誰からの要求なのかを相手に伝えるために必要な情報.
- 受け入れるポート番号
RTP を使用する上でポート番号は必要不可欠であり, 相手に自分が使用するポート番号を伝えるために必要な情報.
- コーデック情報
ユーザが使用することのできるコーデック情報を通話相手に伝え, 最終的に使用するコーデックを双方で決定する上で必要な情報.

4.3 ネットワークの切り替え

図 9 に通話中の端末がネットワークを切り替えた時の動作を示す.

MN と CN が同一のネットワーク上に存在して通話を行っていると仮定する. そこにある時,CN がネットワークを切り替えて NAT 配下になると, 実 IP アドレスが変化し, 通話が断絶してしまう. しかし本提案方式ではエンド端末の移動などによって LTE から Wifi などに切り替えが発生し, 端末の実 IP アドレスが変化した場合でも,NTMobile で用いられる仮想 IP アドレスにより接続を常時確立している. そのため, ネットワークの切り替えなどによって実 IP アドレスが変化しても DC が新たに通信経路を生成することによって通話を継続させることが可能である.

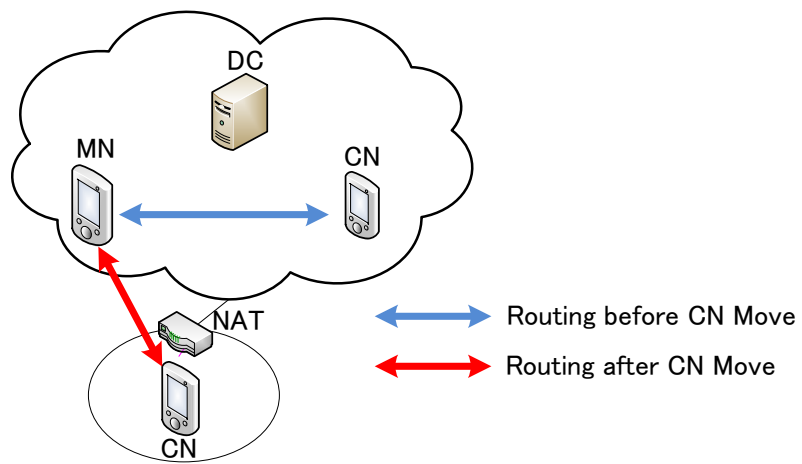


図9 ネットワーク切り替え時動作

第5章 実装の方針

Linux 上の VoIP でありサンプルコードと解説本が提供されているマッキーソフト社のフリーソフト [6] を利用し VoIP 環境を構築する。構築後,NTMobile 上に載せ替え動作の確認を行う (図 10)。このフリーソフトはダイヤルが SIP を前提としたものになっている。通常であれば,SIP を用いる際は SIP サーバなどを用意する必要があるが,このフリーソフトでは P2P 接続もサポートされており,今回はこれを利用する。利用することが可能となれば,このフリーソフトはそのまま NTMobile に載せ替えが可能である。またダイヤル処理の部分は必要な情報のみを抜き取る形をとる。

試験したネットワーク構成としては図 11 のようになる。実際に 2 台の実機 PC を用いた。それぞれがクライアントの役割を果たしており,この 2 台で通話を行うと仮定している。音声に関しては「音声の録音ならびに RTP 送信」と「RTP の受信ならびに再生」は,それぞれ独立したスレッドで動作している。

進捗結果として,元のアプリケーションがダイヤル処理を行い,RTP を送信し,その後切断処理を行うところまでは確認ができた。しかし,通話段階で PC から出力される音が鮮明ではないため改善が必要である。

今後は,PC から音出力され,通話ができるようにしなければならない。また今回のフリーソフトでは IPv4 によって動作しているが,NTMobile の場合では IPv6 によって動作するため,このフリーソフトの IPv6 化する必要がある。

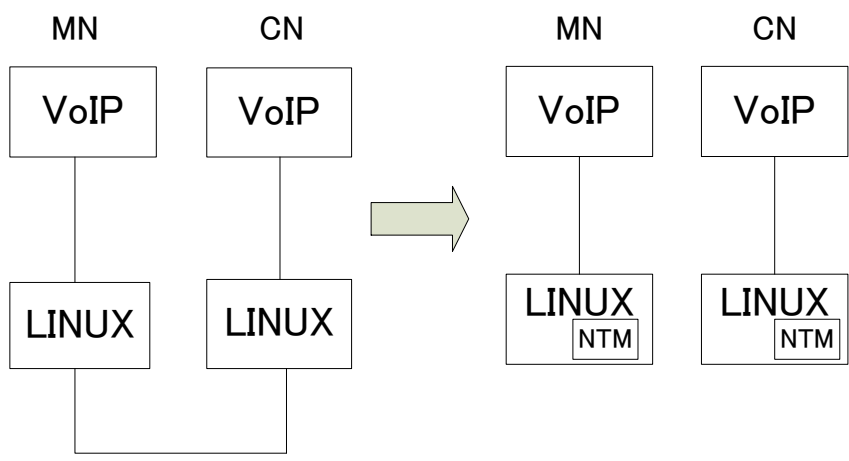


図 10 内部構成

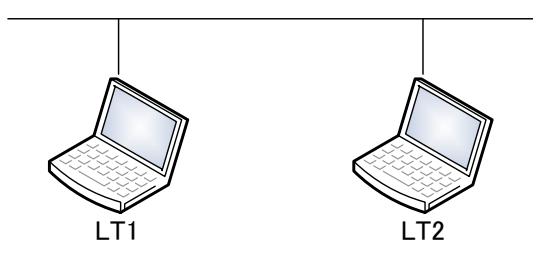


図 11 ネットワーク構成

第6章 評価

表1に既存技術で述べたLINE,Skypeと提案方式での比較評価を行った。

通信遅延について,LINEの場合,両端末の通話中における通信はサーバを介して行われるため,通信遅延が発生するため,×とした.Skypeの場合スーパーノードの指示によりエンドツーエンドの通信が可能となっており,冗長な通信経路でないため通信遅延も発生することはないため○とした.提案方式の場合にもNTMobileの機能により両端末間がUDPトンネルで直接生成され,そのトンネル間に通話パケットを流す.これにより通信遅延も発生しないため○とした.また本提案方式であればエンドツーエンドで通話を行うためサーバを使用しない.よってサーバネックになるということもない.さらにはサーバを設置するコストなども発生しない.

移動透過性について,LINEの場合,通話中に端末の実IPアドレスが変化しても,端末はサーバに対して約7秒ごとに登録(REGISTER)処理を行い常に連携を取り合っているため通信が途切れることはない.これにより移動透過性があると言えるので○とした.Skypeの場合は実IPアドレスが変化すると,その変化に対応できず,通話が断絶するため×とした.提案方式の場合,NTMobileを利用した通信の場合アプリケーション間のセッションは仮想IPアドレスを用いて確立している.よって,通話中に端末の実IPアドレスが変化したとしても,通信が断絶することなく通話の継続が可能となり○とした.

表1 LINE,Skypeと提案方式での比較評価

	LINE	Skype	提案方式
通信遅延	×	○	○
移動透過性	○	×	○

第7章 まとめ

本論文では,NTMobile を用いた IP 電話の提案を行った. 既存である IP 電話などにおいては,クライアント型方式でサーバを用いる点やネットワークの切り替えにより IP アドレスが変化した場合,対応することができないといった課題点があった. しかし,NTMobile を用いることにより,端末間に UDP トンネルを生成し,そこにダイヤル処理及び RTP パケットを流すという提案を行った. この提案によりエンドツーエンドでの通話が可能となり,またネットワークの切り替えにも対応することのできる IP 電話が実現可能であることを示した. 最後に提案方式を実装するべくフリーソフトを参照に VoIP 環境の構築を行った.

今後は実装を行い,性能評価を行う.

謝辞

本研究を進めるにあたり,多大なるご指導と御教授を賜りました名城大学工学部情報工学科渡邊晃教授に心から感謝致します.

本研究を進めるにあたり,様々なご指導を頂きました,名城大学工学部情報工学科 鈴木秀和助教に深く感謝致します.

本研究を進めるにあたり,ご意見並びにご助言を賜りました,愛知工業大学情報科学部情報科学科 内藤克浩助教に深謝致します.

本研究を進めるにあたり,数々の有益なご助言を賜りました渡邊研究室および鈴木研究室の諸氏に感謝致します.

参考文献

- [1] 「電話の仕組み回線交換から LINE まで 日経 BP 社 堀内かほり, 齊藤貴之 2013 年
- [2] 日経 NETWORK 6 月号 日経 BP 社 2005 年
- [3] 鈴木秀和, 上醉尾一真, 水谷智大, 西尾拓也, 内藤克浩, 渡邊 晃 : 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).
- [4] 内藤克浩, 上醉尾一真, 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, 情報処理学会論文誌, Vol. 54, No. 1, pp. 380?397 (2013).
- [5] 上醉尾一真, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊 晃 : IPv4/IPv6 混在環境で移動透過性を実現する NTMobile の実装と評価, 情報処理学会論文誌, Vol. 54, No. 10, pp. 2288?2299 (2013).
- [6] 基礎からわかる TCP/IP SIP による VoIP プログラミング マッキーソフト株式会社 佐藤政次 2004 年

研究業績

研究会・大会等

- (1) 浜野貴明 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃 : NTMobile を用いたエンドツーエンド通話の提案, 平成 27 年度電気関係学会東海支部連合大会論文集, Sep. 2015.

