

## 分散型インターネット電話用シグナリングプロトコルの提案 IPSP: InetPhone Signaling Protocol

加藤浩一\*、川古谷裕平\*、柴田祐助\*、石田勝信\*、園田智也\*\*、村岡洋一\*

本稿では、PC 間でのインターネット電話において最適なシグナリングプロトコルを提案する。これは、PSTN 端末のバックボーンではなく PC 端末間通話を前提にするもので、近來用途が拡大するグループウェア等のコラボレーションツールのプラットフォームとして用いることができるものである。現在、インターネット電話の普及が進まない原因には、NAT 越えやノート PC や PDA などの端末に対するモビリティサービスにおける技術的な問題が存在し、その解決に専用のハードウェアの追加および設定が求められることが挙げられる。例えば、それらはユーザ認証サーバであり、またロケーションサービス用サーバである。今回提案するプロトコルは、それらを必要とせず、POP3、IMAP4、SMTP、HTTP など複数の汎用プロトコルで解決を目指す。

### Internet Telephony Protocol using no Dedicated Location Server IPSP: InetPhone Signaling Protocol

Koichi Kato\*, Yuhei Kawakoya\*, Yusuke Shibata\*, Katsunobu Ishida\*,  
Tomonari Sonoda\*\*, Yoichi Muraoka\*

IPSP: InetPhone Signaling Protocol is a session initiation protocol for internet telephony system among PC machines. It can be used for groupware and corroboration programs as a common communication platform. Since such internet telephony systems require extra servers, for example for user login and location handling, it has not been commonplace to use yet. IPSP works without any dedicated location servers, and it consists of common protocols such as POP3, IMAP4, SMTP, and HTTP.

#### 1 はじめに

インターネットの普及により、また、その環境が常時接続、さらには広帯域化と充実してきたこ

-----  
\*早稲田大学大学院理工学研究科  
情報ネットワーク専攻

Depart of Computer Science, Graduate School  
of Science and Technology, Waseda Univ.

\*\*うたごえ株式会社  
Utageo Ltd.

とで、インターネット電話の利用に注目が集まっている。従来からの電話網のバックボーンが IP 化されるだけでなく、2002 年 6 月には総務省により、IP 電話端末に「050-」の電話番号が規定される[1]など、既存電話回線網 (PSTN) と IP 電話端末間での接続環境も整備されてきている。

それらは、従来からの PSTN との接続を前提としたものであって、もはや普及台数でそれらを凌ぐ PC およびハンドヘルドデバイス間での通

信を優先したプロトコルの開発は遅れている。

特に、PC to PC の環境下にあつては、インターネット電話等で用いるストリーミングデータの取り扱いにあたり、一般的なネットワーク環境である動的プライベートアドレス空間と WAN の間でのファイアウォールおよびルータの NAT 越えに技術的な課題がある。この問題を解決するには、現時点では、専用ロケーションサーバもしくは専用ルータの設置などの追加投資が必要であるため、利用者が限られているのが現状である。

これらを解決することは、グループウェア等のコラボレーションツールの発展のためにも、極めて重要である。

そこで、本研究では、PC ベースのシステムの優位性を生かし、それらの技術的問題を解決する分散型インターネット電話 ( InetPhone ) とそのシグナリングプロトコル IPSP を提案する。

## 2 目的

この InetPhone により、次の 5 点の実現を目指す。

- (1) ネットワーク環境非依存：既存の汎用プロトコルの組み合わせにより、ファイアウォールの通過やルータの NAT 越えを特別な設定をすることなく可能にする。通常の PC のみで動作し、専用ルータ等の追加投資を不要とする。
- (2) サービスモビリティ：専用のロケーションサーバを設置することなく、ユーザの使用端末に対して、すべてのサービスを提供する。当初は、PC の他に PDA に対応する。
- (3) 統合認証：認証にメールシステムを使用することで、新たな ID の取得・登録などを不要とする。
- (4) 自律分散：コネクションは、P2P 型を基本とする。よって、このシステムでは高いスケ-

ラビリティと可用性が確保できる。

- (5) 統合情報管理 (ユニファイド・メッセージング)：メールを機軸とした電話システムを構成するため、ボイスメールなどの取り扱いの一元化を可能にする。また、InetPhone 自体の軽量化により、様々なグループウェアやコラボレーションツールのプラットフォームとしての利用を可能にする。

## 3 問題点

インターネット電話に関する従来研究は多岐に渡っているが、以下の 5 点に大別できる。ここでは、それぞれの関連研究と問題点を分析する。本提案は、ここに挙げる問題を解決するものである。

### 3.1 アドレス変換問題

LAN と WAN の間に構成されるルータでは、一般的に NAT ( IP マスカレード ) によってアドレス変換が行われるが、例えば FTP がデータチャンネルを確保する際には、サーバ側へ通知する際に IP パケットのヘッダではなく、ペイロードにその指定を行い、サーバから通信を開始させるため ( PORT モード ) エラーを起こす。 [1] [2] [3]

NAT 越えを実現する解決策としては、HTTP のプロトコル上で行うものとして宮内信仁氏により HCAP ( HTTP-based Conference application Protocol ) が提案されている。 [4] これは、セッション管理サーバとストリーム中継サーバを組み合わせる方式である。

本研究では、特殊なルータもしくは専用のセッション管理用サーバを追加することなく、通信を可能とする方法を提案する。

### 3.2 電話番号

従来、いわゆる電話番号として、端末の IP ア

ドレスが使用されてきた。この方法では、連絡を取る相手の最新 IP アドレスを、通話前に把握していなければならない、固定グローバル IP アドレスを持たない端末では、事実上相手先を特定できないでいた。

総務省の「050-」の割り当てには、事業者番号を含んでしまうため、ポータビリティについて、今後の検討課題とされている。また、電話番号体系とドメイン名は、体系が異なるだけでなく、電話番号は国、ドメイン名と IP アドレスは ICANN[5]によって管理されているという主体の違いが問題とされている。[6] これらの課題については、IETF enu-wg [7]で議論されている。

本研究では、ドメインを主体として電話番号を設定することで、これらの問題点を解決する。すなわち、メールアドレスを電話番号として使用する。

### 3.4 QoS (Quality of Service)

ベストエフォート型 VoIP の世界では、音声などのストリーミングデータに関する QoS 保証（ジッタ、遅延、エコー、パケットロスなど）が求められる。また、セッション制御における呼設定遅延（Call Setup Delay）も、重要な QoS パラメータの1つである。

#### 3.4.1 音声品質

総務省は、平成 14 年 6 月 14 日に IP 電話サービス関連規定を改正し、音声の遅延限界を、400ms 未満とすることを定めている。本研究では、実用に耐えるレベルとして当初 400ms 未満を設計のターゲットとする。[8]

インターネットのようなパケット交換ネットワークにおいて、平均パケット損失率は約 0.85% という実験結果が発表されている。[9] 北米におけるインターネットにおけるパケット損失率の指標が 1%以下になっていることが報告されてお

り、この実験結果は、指標と合致している。この範囲であれば、ファイアウォール越えにあたり、音声ストリーミングを UDP ではなく、TCP 上に流すオプションを持つことが可能と判断した。

#### 3.4.2 セッション（呼）制御プロトコル

セッション（呼）制御プロトコルは、VoIP クライアント端末に対して、発呼、セッション（呼）の確立、維持、切断するためのシグナリングプロトコルである。現在 VoIP で広く適用されているものは、ITU-T で 1996 年に勧告された規約 H.323 である。IETF では、それを簡素化し、さらに IP ネットワークとの親和性を高くする目的で SIP (Session Initiation Protocol) を 1999 年に RFC 化した。1999 年には、京都大学大学院北川拓郎氏、他によって、さらに軽いプロトコルとして、音声電話に限定した NOTASIP (Nothing Other Than A Simple Internet Phone) [10] が提案されている。

呼設定遅延（Call Setup Delay）は、電話をかけるアクション（invite）から音声・ビデオのストリーミングの確立までの間のシーケンスのラウンドトリップ（RT）回数で決定される。H.323 v1 の場合、TCP コネクションの設定も加わり RT は 6～7 回となる。例えば、往復 200ms の IP ネットワークでは、1.2 秒以上の接続遅延が加算されることになる。RT 回数の削減のために、プロトコルの見直しが行われており、H.323 v3 では、TCP に加えて UDP の利用が加わっており、UDP を利用した場合 RT は 2～3 回に削減されている。SIP の場合、当初より RT は 2～3 回である。

今回開発するプロトコルは、SMTP 上でコネクション情報の交換を行うため、RT が最小で 2 回、多くても 3 回であり、効率の良いものとなる。

### 3.5 ユニファイド・メッセージング機能

現在の VoIP システムは、他の情報システムから独立して設計されている場合が多い。例えば、PSTN、携帯電話、メール、web、ドキュメント類は、それぞれデータのポータビリティが考慮されていない。本研究では、メールをシグナリングのパスとして用いるため、例えば録音された通話記録、通話中に交換されたドキュメントなどをメールにのせて非同期に交換することが容易に実現できる。

## 4 関連研究

このインターネット電話の分野では、いくつか既に製品化されたものが存在する。ここでは代表的な 3 つの技術を紹介し、その特徴と課題を分析する。

### (1) net2phone

最も初期に開発されたもので、PC から固定電話への通話を目的としている。センターサーバを経由し通話を実現するもので、NAT 越えには、特別な設定が必要。[11]

### (2) Windows Messenger

PC to PC 環境での利用を前提としている。このシステムもユーザ認証、ロケーション情報に独自のサーバを利用する。NAT 越えには、特別な設定が必要。[12]

### (3) Skype

P2P ファイル交換用プロトコル Kazaa をベースに、ロケーション情報の交換をする新しい技術。課題は、専用の ID などの認証が必要なこと、および P2P プロトコルを使用するため、ネットワーク帯域への負担の大きさが挙げられる。また、すべてが独自の技術を用いているため、既存のインターネット電話、もしくは既存プロトコルとの相互接続性がない。[13]

## 5 実装方法

InetPhone のユーザ要件、実装、構成、配置を以下に示す。

### 5.1 ユーザ要件

- (1) 音声入出力、56Kbps 以上のインターネット通信可能
- (2) POP3/IMAP4 で受信可能なメールアドレスを所持
- (3) メールを送受信、ウェブ閲覧が可能なネットワーク環境

### 5.2 実装

InetPhone は、次の 2 つのモジュールで構成される。図 1 は、端末のユーザインタフェース（開発中のもの）である。

(1) InetPhone : 電話端末ソフトウェア。この InetPhone は、(2)の PhoneGate のローカル版 (LPG) を含む。

(2) PhoneGate: NAPT 越えに用いるストリーミングデータ中継ソフトウェア。InetPhone とは別に配置する場合は、センター版 (CPG) と呼ぶ。



図 1 InetPhone 端末ソフトウェア

InetPhone のアーキテクチャーを図 2 に示す。

シグナリングに SMTP プロトコルを、音声ストリーミングは UDP にのせる。その上位レイヤーに PhoneGate と、そのディレクトリーサービスエンジンを配置する。さらに上位のレイヤーには、シグナリングプロトコルがあり、グループウェアアプリケーションからの利用を可能にしている。

(1) PGDG: PhoneGate Directory Service

通話にあたり最適な PhoneGate を確保するためのディレクトリー・サービス。2 者間通話の場合、表 1 に示す PG を推奨する。PIP は、プライベート IP アドレスに接続されていること、GIP はグローバル IP アドレスに接続されていることを示す。

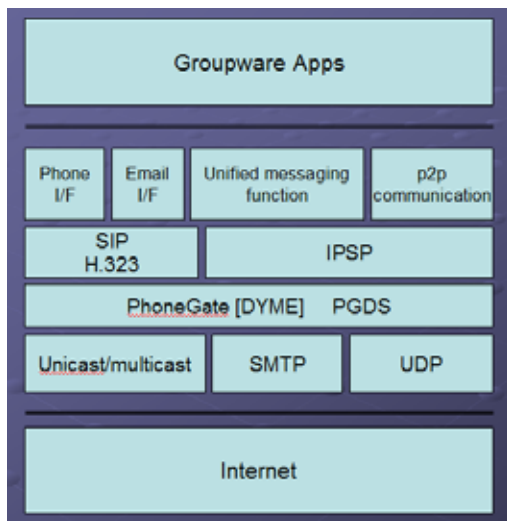


図 2 InetPhone アーキテクチャー

	N2	PIP	GIP
N1			
PIP		RPG	PG2
GIP		PG1	PG1

表 1 PhoneGate 推奨マップ

(2) IPSP: InetPhone Signaling Protocol

電話番号としてメールアドレスを使用し、SMTP 上にて IP アドレス、ポート番号、PG 情報の交換等を行う。

(3) DYME: DYnamic Management Engine

PhoneGate は、「Multi-user Collaboration Environment」である DYME (DYnamic Management Engine) [14]をベースとしている。図 3 は、その構成を示す。この PhoneGate では、各端末から発効された key を登録し、その key に応じて、ストリーミングデータを配信する機能を提供する。

5.4 インターネット電話間の接続方法

通話の開始はメールの通知によって行われる。図 4 は、その接続シーケンスを示す。

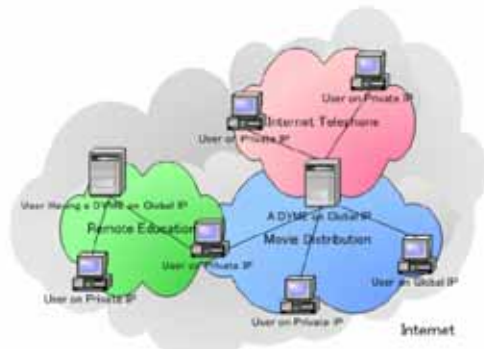


図 3 PhoneGate(DYME) 機能構成図

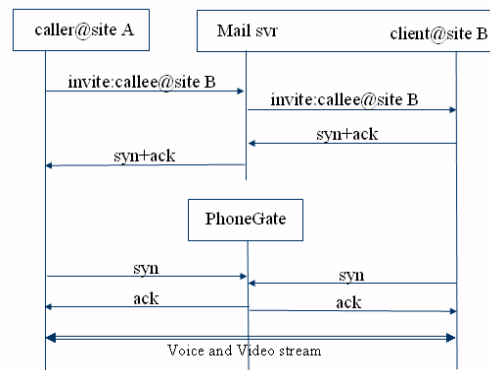


図 4 接続シーケンス

図 5 は、InetPhone の内部構造と各シーケンスとモジュールの関係を示す。使用するポート番号は、任意に設定可能に設計した。



図 5 InetPhone 内部構造

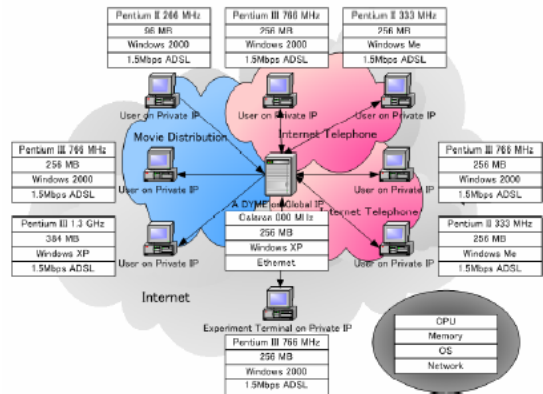


図 6 PhoneGate 評価環境

## 6 評価

評価は、シグナリングのラウンドタイムと PhoneGate の処理能力の 2 点について行うこととした。

### 6.1 ラウンドタイム

RT は 3 回以内を目指し、それを実現できた。POP3/IMAP4/SMTP を使うと呼出に時間がかかることが心配されたが、実験によれば、SMTP のサーバの平均遅延が 1 秒以内であり、またメールチェックの頻度は、3 秒間隔でも違和感が少ないことが確かめられた。この結果、中央サーバを用いることなく NAT 越えをして呼び出すことが可能となった。

### 6.2 PhoneGate の処理能力

PhoneGate の処理能力が、多ノード（多地点会議）に対応することを確認するために、その負荷に応じた処理能力の測定をおこなった。図 6 は、その評価環境を示す。

表 3 は、その結果である。接続ユーザ数、負荷、アウトプット転送時間である。この結果から、およそ電話用音声ストリーミングにおいて、1つの PhoneGate が 5 同時セッションのハンドリングに耐えうることを確認された。

HTTP を用いると Global IP を持っていない場合にセッション接続ができない問題が生じるが、この実験により、PhoneGate は最大 5 人の同時セッションが可能であるため、Private IP 利用者

Data Size (Byte)	Transmission Time (sec)			
	2 Users	3 Users	4 Users	5 Users
512	0.1331	0.2022	0.2033	0.2484
1,024	0.1512	0.2254	0.2493	0.2634
2,048	0.1892	0.2552	0.3284	0.2925
4,096	0.2403	0.3366	0.3565	0.4348
8,192	0.3585	0.4937	0.4297	0.7801
16,384	0.6540	1.1036	1.2025	1.6113
32,768	1.7496	2.6348	3.2096	3.2286
65,536	3.1685	4.3491	5.3687	5.5701

表 2 PhoneGate 処理能力

数の 20% が Global IP に接続されていれば、理論上は通話が可能となる。

## 7 課題

現在、2 者間音声電話が完成し、それを評価拡張中である。シグナリングプロトコルおよびストリーミングデータの QoS チューニング作業を行う。多ノード（多地点会議）のための PGDS の拡張は、次のフェーズで行う予定にしている。この際に、PG の切り替え時間の短縮が課題となる。その他に現フェーズで拡張を予定しているのは、次の 4 項目である。

- (1) PG の改良: 回線状況、パケット落ち、デバイスの負荷等への自動最適化
- (2) 各種標準仕様への IF の設定: VPIM (Voice Profile for Internet Mail)、音声入力コマンド、SIP
- (3) プロトコルの暗号化: シグナリング部、音声部  
Robust Audio Tool の利用[15]
- (4) プロトコル拡張: 話中処理、プレゼンス機能等

## 8 おわりに

本論文の目的は、汎用のプロトコルを組み合わせ用いて、インターネット電話が抱える技術的な問題点を解決することにあった。その点で、当初の目的を達成できたと言える。今後は、多地点会議の場合での QoS の向上および、ネットワークと SMTP サーバへの負荷の低減に向けた改良と機能拡張を行う予定である。

## 参考文献

- [1] GapNAT  
[http://www.megabitgear.com/index\\_J.html](http://www.megabitgear.com/index_J.html)
- [2] NATS  
<http://www.nats-project.org/index-j.html>
- [3] IPv6 普及・高度化推進委員会  
<http://www.v6pc.jp/>
- [4] 宮内信任: "多様な環境で利用できるインターネット電話プロトコル - HTTP-based Conference Application Protocol" 情報処理学会論文誌 Vol.44 No.3, Mar. 2003
- [5] ICANN <http://www.icann.org/>
- [6] ISPJ Magazine VoIP 特集 Vol.42 No.2  
Feb.2001
- [7] IETF enum-wg <http://www.ietf.org/>
- [8] 総務省 IP 電話サービス関連規定の一部改正について

- [http://www.soumu.go.jp/s-news/2002/020614\\_4.html](http://www.soumu.go.jp/s-news/2002/020614_4.html)
- [9] 串田高幸、勝本道哲、柴田義孝: "インターネットにおけるパケット到着時間及び損失率の特性" 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究報告、108-12, 2002.6
- [10] 北川拓郎、藤川賢治、池田克夫: "サーバを必要としない単純な IP 電話の実現" 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究報告、91-4, 1999.1
- [11] net2phone <http://dcs.net2phone.com/>
- [12] Windows Messenger  
<http://www.microsoft.com/windowsxp/windowsmessenger/>
- [13] Skype <http://www.skype.com/>
- [14] A Multi-user Collaboration Environment that Enables Mutual Communication between Users in a Private IP Environment, Yusuke Shibata, Koichi Kato, Tomonari Sonoda, and Yoichi Muraoka, June 2003, 2003 International MultiConference in Computer Science & Computer Engineering
- [15] RAT <http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/rat/>