

サーバを必要としない単純な IP 電話の実現

北川拓郎 藤川賢治 池田克夫

京都大学大学院情報学研究科

現在インターネット上で電話サービスを提供されるようになり、将来的には電話網の多くの部分がインターネットに置き換えられる可能性がある。本稿では、一対一での音声通信という電話の最も基本的な機能を提供するための単純な IP 電話のプロトコルと、それによる既存の電話とほぼ等価で、特別なサーバを必要としない IP 電話システムを提案する。

Simple IP Telephone System without Servers

KITAGAWA Takurou FUJIKAWA Kenji IKEDA Katsuo

Graduate School of Informatics, Kyoto University

Now telephone services are provided on the Internet, and big part of the current telephone networks will be replaced by the Internet in the future. We propose a simple protocol for IP telephony, which is intended to provide point-to-point voice communication, most basic feature of telephone systems. We also propose an IP telephone system with this protocol, which provides same services to those of current telephone systems. Our system requires no servers.

1. はじめに

現在インターネットは世界中に広がっており、従来の電話の機能を既存の電話網に代わりインターネットを使って実現しようとする動きが盛んである。¹⁾

将来的には、現在の電話サービスの大部分がインターネット上でのサービスに置き換わる可能性があるが、現時点ではまだ既存電話回線網 (PSTN) 上の端末から通話をおこなうユーザが圧倒的に多く、インターネット上の端末と既存電話網上の端末とを相互接続する必要がある。

こうしたインターネットと PSTN とを仲介して電話に相当する音声通信を実現する技術として、ITU の標準規格 H.323 などが制定されている。

H.323 は本来は異なるネットワーク上で遠隔会議をおこなうための規格であり、従来の電話にはない機能をいくつか含んでいる。一方で、こうした機能のため、H.323 のネゴシエーションの機構や通信のためのプロトコルが複雑なものになっており、また通信に際して端末以外にいくつかのサー

バ類を必要とする。

しかし、既存の電話においては、音声メディアは種類しかなく、会話は一対一でおこなわれることが圧倒的に多い。こうした既存の電話の機能をそのままインターネット上に実現するだけであれば、H.323 のような複雑な仕組みを用いずとも、もっと簡単な方法で可能はずである。

そこで本稿では、

- 会話に関わるネットワーク上の要素を極力減らし、実際に通話をおこなう二つの端末のみで通話ができるようにする
- 音声以外にデータを交換しない
- 既存の電話の主要な機能が使えるようにする
- 既存の電話でできない(あるいはほとんど使われない)ことはできないままで構わない
- PSTN とインターネットで容易に相互接続ができるようにする

という方針にもとづいた、単純な IP 電話のプロトコルと、それによる IP 電話システムを提案する。

2. 本システムの概要

本システムの基本的なプロトコルは NOTASIP(Nothing Other Than A Simple Internet Phone)²⁾として提案されている。

NOTASIPにおいては、通話に関わるネットワーク要素は、通話をおこなう二つの端末のみである。また通話する際、端末は相手の端末と音声パケットの交換のみをおこなう。

2.1 NOTASIPによる通話の手順

基本的な電話の機能である対一の通話を NOTASIPでおこなう場合、端末は以下のような動作をおこなう。

- (1) 発信側 (Caller) が音声のエンコードを開始し、着信側 (Callee) に向けて音声パケットを送り始める。
音声パケットは UDP で送出されるが、パケットフォーマットに関してはコーデックと共にあらかじめ決めておく。
Caller では、同時に Callee から送り返されてくる音声パケットのデコードを開始するように設定されるが、この時点ではまだ Callee からの音声パケット送信は開始されていない。
- (2) Callee はパケットを受けとったら、Callee のユーザに、電話がかかってきたことを知らせる。知らせる方法は実装依存であるが、既存の電話に近いインターフェースにする、という意味では既存の電話のようにベルを鳴らすのが良いであろう。
この時点では Callee は届いたパケットはデコードせずに破棄する。
- (3) Callee のユーザが「電話をとる」指示をすると、Callee は音声のデコードとエンコードを開始する。
Callee は、Caller から送られてくるパケットの送信元を調べ、その送信元へ音声パケットを送信する。すなわち、本システムにおける通話は双方の端末の IP アドレスとポート番号の組によって識別される。このため、可能であれば端末は通信に connected UDP を用いることができる。
- (4) どちらかのユーザが「電話を切る」指示を

すると、切ったほうの端末は音声のデコードとエンコードをやめ、パケットの送信も止める。この時点では相手側の端末はまだパケットを送り続けているが、届いたパケットは無視する。

- (5) もう一方のユーザも「電話を切る」操作をおこない、音声のデコード、エンコードをやめ、パケットの送信を止める。

2.2 ネゴシエーションを回避するための工夫

NOTASIP では以下の手順により、コーデックやプロトコルを通話の前に決定し、通話の際にはネゴシエーションをおこなわない。

- (1) Callee は、着信を待機する際に受けつけるコーデックやプロトコルをあらかじめ一つ決めておく。
- (2) Caller は、電話をかける際に相手が決めたコーデックやプロトコルを何らかの方法で知り、それを端末に指示する。

発呼の際には、相手を特定するための「電話番号」に相当する情報と一緒に、通話に使用するコーデック、プロトコルに関する情報も一緒に与える。このような通話に際して指定すべきものの集合を、本稿では Call Description と呼ぶことにする。

相手の Call Description を入手する方法としては、相手から直接教えてもらうだけでなく、WWW に公開されているものを入手するなど、様々な手段が考えられる。

Call Description を記述する手段としては、SDP³⁾や SDP URL⁴⁾を使用することができる。SDP URL は、SDP を

```
sdp://iptel.somewhere.ac.jp/#m=audio+10000+RTP-AVP+0
```

のように URL の形で記述するものである。SDP URL で記述する利点としては、WWW との親和性が挙げられる。端末が SDP URL に対応していれば、SDP URL の形で WWW 上に公開された Call Description を WWW ブラウザからクリックするだけで電話をかけることができ、ユーザの手間が軽減される。

2.3 通話の開始、終了の検出

先述の基本的な動作では「相手に電話がつながったか」「通話が終わったか」はユーザが判断しなければならない。人間が端末を使っている場合はこ

それでも実用上問題はないが、端末が自動的に発呼や受信をおこなう場合には通話の開始と終了を検出する必要がある。本システムでは、唯一端末間でやりとりするデータである音声ストリームをシグナルの代わりに使用する。

最初の発呼の際には、Callee は接続を受け付けたことを示すために、Callee のユーザが電話に出る前から Caller に音声パケットを送る。Caller では適当なタイムアウトを設けてその間 Callee からパケットが送られてこなければ電話がかからなかったと判断する。ただし、この時点では Callee ではユーザの音声のエンコードはしていないから、Callee は適当に音声パケットを生成することになる。この時の音声パケットの内容は無音でも NOTASIP としての動作に支障はない。しかし、Caller のユーザはその音を聞いている点と、既存の電話に近いインターフェースにする点から考えると、既存の電話と同じような信号音^{*}を使用するのが良い。

また保留状態などで、ユーザの音声のエンコードを一時的に止める場合も、通話が継続していることを示すためにやはり端末が適当な音声パケットを生成して送る。これも発呼の際と同様に、既存の電話で使われるような保留音をエンコードするのが具合が良いだろう。

通話終了の際は、適当なタイムアウト時間を設けておいて、その時間相手から音声パケットが送られてこなかったら相手が電話を切ったと判断する。

3. 既存の電話と同等の機能の実現

本システムでは、音声以外のデータを交換することはできないが、それでも既存の電話の主要な機能を実現することができる。

留守番電話 Callee は以下のような動作をおこなう。

- (1) 電話がかかってきたらあらかじめ設定した定型の音声メッセージを流す
- (2) Caller からの音声データを記録する
- (3) 一定時間が経過したら記録を終了して電話を切る

保留 端末が一時的にユーザの音声のエンコード

を停止し、かわりに保留音をエンコードして送る。

転送 Callee が、受けとった音声を他の端末に送り直せばよい。この際、端末は一旦受けとったデータをデコードし、転送先に合わせて再エンコードして送る。これは、Caller 側は転送先が受けつけるプロトコルやコーデックに関する情報を持っていないためである。

3.1 移動端末

以下のような手法を用いれば、移動端末を実現することが可能である。

- (1) 端末ごとに、自分の IP アドレスを通知するためのサーバを用意する。サーバとしては、WWW や DNS などを利用することが考えられる。
- (2) 通話をおこなう端末は、通話を開始する際、また通話中に定期的に上述のサーバへアクセスし、相手の端末の IP アドレスの変更を検出したら自動的にパケットの送り先を変更する。
- (3) 通話をおこなう端末は、自分の IP アドレスが変更されると、自分の IP アドレスを通知するサーバの情報を更新する。サーバが WWW の場合は CGI などにより簡単に情報を更新することができるが、DNS を使う場合、従来の DNS では端末からサーバの情報を更新することは考慮されていないので、DNS UPDATE⁵⁾ のような仕組みを用いる必要がある。

ただしこの方法では、相手の端末が定期的にチェックをおこなうので、一時的に通話ができない状態が発生するという問題がある。よって、通話中に移動するのは難しいが、端末を携帯してどこでも電話をかけられるようにするだけならこれで実用上の問題はない。

完全な mobility を実現するには、IP 層で移動端末を実現する IP mobility を利用するのが最も簡単で有効である。

3.2 話し中に関する扱い

ある端末に電話をかけたが、その端末が既に他の端末と通話中であつた場合にどうするか、についてはいくつかの動作が考えられる。

ICMP error で通知する データ交換の際に

* 「トゥルルル…」という音

connected UDP を使用すると、connect されなかった相手から送られたパケットに対して ICMP error を返すので、これによって Caller は相手が「話し中」であることを知ることができる。通常の端末ではこの方法で問題ないが、connected UDP は普通は一对一でしか connect できないので、代表番号のように複数の端末から同時に着信することを許す端末の場合この方法が使えない可能性がある。端末が信号音を自動的に送る Callee が勝手にパケットを回収して話中音*をエンコードして相手に送る。

複数の通話にユーザが応じる Callee がユーザに別の通話があることを知らせ、ユーザが応じれば通常通り音声エンコードして相手に送る。以降、Callee のユーザはどの相手に対して話すかを随時切り替えながら通話をおこなう。この際、ユーザが選択しなかった相手は保留状態になる。☆☆

端末が自動的に「留守番電話」として動作する 先の通常の留守番電話のときと同じ動作をする。☆☆☆

このうち端末が自動的にかつ確実に話し中を検出できるのは ICMP による方法のみであり、あとは電話をかけたユーザが判断することになる。

ICMP error を受けとった場合に話し中と判断する機能はすべての端末が実装していなければならないが、その他の方法については端末の実装次第で対応してもしなくてもよい。

4. インターネットと既存電話回線網(PSTN)との相互接続

本システムにおいて既存電話回線網(PSTN)上の端末とインターネット上の端末の間で通話をおこなう場合には、PSTN とインターネットの間で中継するゲートウェイが必要になる。

4.1 ゲートウェイの基本的な動作

ゲートウェイの動作は基本的に「電話の転送」と

同じである。これは、ゲートウェイといえども本システムの中では端末の一つであり、他の端末と区別される存在ではないことを意味する。

ゲートウェイが通常の転送と異なる点は、通常の電話の転送の場合は電話を受けた者が転送先を決めるのに対し、ゲートウェイでは電話をかけた者が転送先を指示する点である。本システムでは音声以外に情報を交換する手段はないので、電話をかけた者は DTMF などを使用して音声でゲートウェイに転送先、すなわち目的の通話相手を指示することになる。

このとき、ユーザは目的の通話相手と通話しているつもりでも、NOTASIP としては(真の)Caller とゲートウェイの間、ゲートウェイと(真の)Callee の間の二つの通話がおこなわれている。つまり、(真の)Caller 側の端末から見るとゲートウェイが Callee 側の端末になり、(真の)Callee 側の端末から見るとゲートウェイが Caller 側の端末になっている。

4.2 インターネット上の端末が PSTN 上の端末に電話をかける場合

- (1) ゲートウェイに電話をかける
- (2) ゲートウェイにつながったら、通話相手の電話番号を入力する
- (3) ゲートウェイが指定された相手に電話をかけ、互いの音声を転送する。

4.3 PSTN 上の端末がインターネット上の端末に電話をかける場合

基本的な手順は以下のようになる

- (1) ゲートウェイに電話をかける
- (2) ゲートウェイにつながったら、通話相手を特定するための番号を入力する
- (3) ゲートウェイは入力された番号を適当な Call Description に変換し、その相手に電話をかけ、互いの音声を転送する。

この場合、どうやって既存の電話から Call Description をゲートウェイに伝えるかという問題が生じる。

単に Call Description を何らかの手段で数字の羅列にエンコードして DTMF で入力するのでは、入力する数字列が非常に長くなり複雑であるから、何らかの手段で入力する数字列を短く圧縮する必要がある。

* 「ツー、ツー」という音

☆☆ 既存の電話で NTT が「キャッチホン」と呼んでいるサービスに相当する機能といえる

☆☆☆ NTT が「キャッチホン2」と呼んでいるサービスがこれに近いだろう

圧縮の方法としては、特定の(よく使われる) Call Description に対して番号を振る方法^{*}などが考えられるが、本システムではその方法は規定しない。圧縮の方法は各ゲートウェイの実装に任せ、ユーザが様々なゲートウェイの中から自分の使いやすいゲートウェイを選んで使うことにする。

4.4 PSTN 上の端末がインターネット経由で PSTN 上の端末に電話をかける場合

現在最も多い IP 電話の利用形態は、既存の電話同士がインターネットを介して通話をおこなうものである。

こうした目的で本システムを利用する場合、ゲートウェイを二回通過することになる。単純に Caller のユーザが PSTN から Internet へ、また Internet から PSTN への二つのゲートウェイにダイヤルすると、最終的な通話相手も含めて三回のダイヤル動作をおこなうことになりユーザの手間が増える。

そこで、PSTN から Internet 経由で再び PSTN に接続する、専用のゲートウェイを用意することが考えられる。本稿ではこのようなゲートウェイを PSTN-Internet-PSTN ゲートウェイ (PIP ゲートウェイ) と呼ぶことにする。

- (1) PIP ゲートウェイに電話をかける
- (2) PIP ゲートウェイに最終的な通話相手の電話番号を入力する
- (3) PIP ゲートウェイが適切な Internet から PSTN へのゲートウェイ (第二ゲートウェイ) を選びだす。

選ぶ方法についてはゲートウェイの実装依存とする

- (4) PIP ゲートウェイが第二ゲートウェイに電話をかけ、最終的な通話相手の番号を第二ゲートウェイに指示する

こうすることで、既存の電話のユーザが二回のダイヤル動作でインターネット経由で既存の電話に電話をかけられるようになる。

さらにユーザの手間を軽減させる方法として、「インターネット上の特定の一端末専用のゲートウェイ」を設けることも可能である。これによって、既存の電話からゲートウェイに一度ダイヤルするだけでインターネット上の端末と通話できる

ようになる。これはまた、「インターネット上の端末に PSTN の電話番号を割当てると考えることもできる。

5. 通話の品質

本システムにおいては、通信はすべて best effort でおこなうことを前提としている。そのため、音声の品質や通話の安定性は必ずしも保証されない。高品質の音声通信や高い安定性をもった通話を要求する場合は、IP 層における QoS (quality of service) 保証を併用することになる。

6. 課金システム

本システムでは、通話は基本的にユーザの端末間だけでおこなわれ、本システムによるすべての通話を掌握する存在がないため、システムを利用することによる課金をおこなうことはできないし、もともと best effort による通信しか使っていないため課金する必要はない。すなわち、インターネットへ接続するための課金のみで電話を使い放題にすることが可能になる。

ただし、ゲートウェイは通話を掌握できるためゲートウェイを利用することに対し課金することは可能である。どう課金するかは個々のゲートウェイの運営にゆだねるものとし、本システムでは特に規定しない。

また、QoS 保証をおこなえば、それに対して課金することも可能であるが、本システムに固有のものではないので本稿では扱わない。

7. 既存の電話にない機能の実現

本システムは「今の既存の電話にある機能だけ実現できればよい」という方針で設計されているが、システムの枠組を変えないままで H.323 にあるような既存の電話にない機能をいくつか実現することも可能である。

7.1 音声品質の選択

本システムでは、使用するコーデックに関して何も決めていないため、Callee 側の端末が選んだコーデックを、すべての Caller が対応できるとは限らない。特に広い帯域を要求する高品質な音声コーデックを Callee が選んだ場合、Caller 側のネットワークに十分な帯域がないと電話をかけら

^{*} 使い方としては既存の電話での内線番号に近い

れなくなる。

そこで、Callee 側の端末は、複数のコーデックを選んで、そのそれぞれに対して着信を待機することが考えられる。Caller は、Callee が公開している複数のコーデックが異なる Call Description の中から、自分の使えるものを選択して使用すれば良い。これは、相手が同じでも使用するコーデックによって異なる「電話番号」を使うと考えればよい。

7.2 三者以上による通話

H.323 では不特定多数の端末が通話に参加できる。また既存の電話でも、利用されることはごく稀であるが三者以上による通話が可能である。

本システムでも、このような三者以上による通話を実現することは可能である。

7.2.1 転送による方法

ある端末が、受けとった音声を他の端末へ転送する際に、自分のところでも音声のデコード、エンコードをおこなうようにすれば、第三者を通話に加えることができる。

この方法では「最初是一对一の通話で、後から他の人を同じ通話に加えていく」という利用形態^{*}を想定している。こうした利用形態においては同時に会話に参加するのはたかだか数人程度であり、この方法で充分実用に足ると考えられる。

7.2.2 マルチキャストによる方法

遠隔会議のように最初から多人数での会話を前提とする場合は、転送による方法ではスケールしないので別の方法を用いる必要がある。

このような場合は Call Description に埋め込む IP アドレスをマルチキャストアドレスにすることで、そのアドレスに参加しているすべての端末の間で会話ができるようにする。

ただし、マルチキャストを使用する場合は、すべての端末が音声パケットを送り続けているとスケールしないので、端末は必要なときだけ音声パケットを送るように実装されなければならない。この場合、音声ストリームをシグナルに使うことはできなくなるが、通話の開始と終了はそのマルチキャストアドレスに参加しているホストの有無など、NOTASIP より下層の情報をを用いて知るこ

とができる。

8. おわりに

既存の電話の機能だけを実現することを重視した単純な IP 電話のプロトコルと、それによる IP 電話システムを提案した。

本稿に述べた内容にもとづいて IP 電話システムの実装をおこなっており、現在インターネット上で NOTASIP による音声通信がおこなえる段階まで実装がすすんでいる。

参 考 文 献

- 1) 藤川雅朗, 中川ヒロミ: 電話をのみ込むデータ・ネットワーク, 日経コミュニケーション, No. 271, pp. 76-101 (1998).
- 2) Masataka, O. and Kenji, F.: Nothing Other Than a Simple Internet Phone (NOTASIP) (1998). INTERNET DRAFT draft-ohta-notasip-02.txt.
- 3) Handley, M. and Jacobson, V.: SDP: Session Description Protocol (1998). RFC2327.
- 4) Kenji, F. and Shinobu, K.: SDP URL Scheme (1998). INTERNET DRAFT draft-fujikawa-sdp-url-00.txt.
- 5) Vixie, P., Thomson, S., Rekhter, Y. and Bound, J.: Dynamic Updates in the Domain Name System (DNS UPDATE) (1997). RFC2136.

^{*} 既存の電話の「三者会話」サービスに相当する