

QoS を保証した高品質の IP 電話システム

北川拓郎 藤川賢治 池田克夫

京都大学大学院情報学研究所

現在の電話の機能を置きかえるのに必要な機能だけを持つ、単純かつ有効な IP 電話システムを提案する。この IP 電話システムは、シグナリングに NOTASIP プロトコルを用いる。この IP 電話システムでさらに通話品質の向上を図るため、QoS 保証機構を利用する手法に関して考察し、資源保証プロトコル SRSVP の適用について述べる。

A High-Quality IP-Telephony System with QoS Assurance

KITAGAWA, TAKUROU, FUJIKAWA, KENJI, IKEDA, KATSUO

GRADUATE SCHOOL OF INFORMATICS, KYOTO UNIVERSITY

We propose a simple and efficient IP-telephony system, which has enough functions to replace the plain old telephone system(POTS). This system uses NOTASIP as a signaling protocol. We consider a method to apply QoS assurance architecture to our IP-telephony system, in order to improve quality of telephone calls. We also mention a method how to apply SRSVP, which is a protocol for resource reservation, to our system.

1. はじめに

現在の電話の機能を置き換えるのに必要なだけの機能を持つ、単純で有効な IP 電話システムを提案する。

現在広く知られている VoIP 技術として H.323¹⁾がある。しかし H.323 は本来多種多様なネットワークや端末間で遠隔会議をおこなうための規格であり、IP 電話システムとして使う場合には必要としない機能を多く含んでいる。結果、プロトコルが複雑化し、通話のために端末以外のサーバ類を要するシステムになっている。

そこで我々は、プロトコルを電話の機能を実現するために必要な部分だけに簡略化し、端末のみで通話が可能で IP 電話システムを提案している²⁾³⁾。本システムでは、シグナリングプロトコルに NOTASIP(Nothing Other Than A Simple Internet Phone)⁴⁾を用いている。

以下、第2節では NOTASIP、およびこの IP 電話システムの概要を述べる。第3節ではこの IP 電話システムに QoS 保証機構を利用することでより高品質な通話環境をユーザに提供する手法につい

て考察し、第4節では資源予約プロトコル SRSVP を IP 電話システムに利用することを提案する。

2. IP 電話システムの概要

2.1 NOTASIP プロトコルの概要

まず、シグナリングプロトコルである NOTASIP について簡単に述べる。

NOTASIP は、UDP を用いたコネクション指向のストリーム(以下「ストリーム」と呼ぶ)によるセッションを確立するためのプロトコルである。以下にその確立手順を述べる。以下、最初にセッションを確立しようとする側を「発呼側」、その相手を「着呼側」と呼ぶ。

(1) 着呼側はあらかじめ、着呼受け付け用のポート(以下「ポート」)を用意しておき、自身の IP アドレス、ポート番号、受け入れ可能なストリームの内容といった情報を発呼側に通知しておく。

通知の手段に関しては NOTASIP では規定しておらず、セッション当事者間で任意の手段によっておこなわれる。

(2) 発呼側は、自分が当該セッションで使うポー

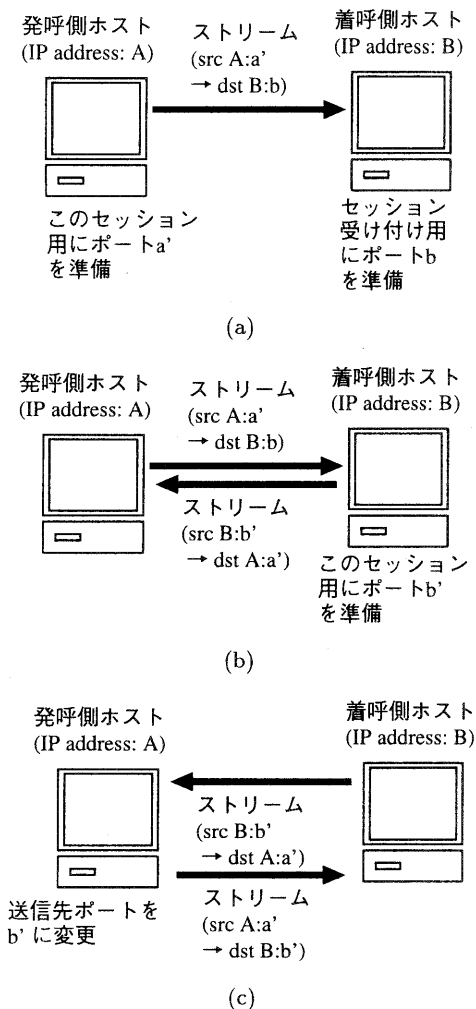


図1 NOTASIP

- トを用意し、そこから着呼側のアドレスと受け付け用のポート番号に向けて、着呼側から指定された内容で、ストリームの送信を開始する(図1(a))。
- (3) 着呼側は、着呼受け付け用のポートにストリームが到着したら、そのストリームの送信元(すなわち発呼側)のIPアドレスとポート番号を得る。
 - (4) さらに着呼側は、そのセッション用のポートを新たに用意し、そのポートから発呼側の使用しているIPアドレスとポートに向けてストリームを送信する(図1(b))。
 - (5) 発呼側は、自分の使用しているポートに送

られてきたストリームの送信元を調べ、着呼側が当該セッションのために用意したポート番号を得る。

- (6) 発呼側は、自分から送信しているストリームの受信先を着呼側の当該セッション用のポート番号に変更する(図1(c))。

以上の手順により、着呼側と発呼側の間に双方向のストリームのセッションが確立される。セッションの終了は、どちらかがストリームの送信を止め使用していたポートをクローズすれば良い。相手側では、

- バケットが一定時間到着しない(タイムアウト)
- 送信したバケットに対してICMP Port Unreachable が返される

のいずれかによってセッションの終了が検出される。

このプロトコルの特徴は、

- エンド-エンド間のみでセッションが確立し、間にサーバの類を必要としない
- ストリームの内容に関してNOTASIP自体は関知せず、内容のフォーマットのネゴシエーションはNOTASIPの外のプロトコルによっておこなわれる。これによってネゴシエーションの手段をセッション当事者間で自由に決定することができる。

という点である。セッションを作成するのにセッション当事者以外の存在を必要としないため、セッション作成の自由度が高く、またセッションに影響を及ぼす障害の要因を少なくすることができる利点がある。

2.2 NOTASIP による IP 電話システムの概要

NOTASIP プロトコルによって IP 電話システムを実現する手法に関して簡単に述べる。

- (1) 各端末は、着呼受け付け用の IP アドレス、ポート番号、使用するストリームの内容(音声エンコーディングなど)を決定し、その情報を何らかの手段で公開する。これらの情報を公開する手段としては、WWW を用いた電話帳サーバ⁵⁾などが利用できる。
- (2) 発呼側端末から着呼側端末へ、先述のNOTASIP プロトコルによってセッションを確立する。この時、発呼側から送信するストリームには発呼側ユーザの音声データを使

用し、着呼側から送信するストリームには
呼出音 (ring back tone) をエンコードした
ものを使用する。

- (3) 着呼側の端末は、セッション確立後、発呼
があったことをユーザに通知する。
- (4) 着呼側ユーザが発呼に応じる指示をしたら、
着呼側の端末は、送信するストリームの内容を
着呼側ユーザの音声データに切り替える。

3. IP 電話システムにおける QoS 保証

3.1 QoS 保証の必要性

昨今インターネット上での動画像送信への需要
が増しており、それに合わせてネットワークが広大
な帯域を持ちつつある。音声データは動画像デー
タに比べデータ量が少ないので、近い将来、特に
QoS 保証をおこなわなくても充分な通話品質を IP
電話システムで得られることが期待できる。

しかし、以下のような状況においては IP 電話
で QoS 保証が必要になると考えられる。

安定した通話環境を得る インターネットが広帯
域であっても一時的な輻輳によって通話品質
が低下する可能性は充分にある。現在の電話
に匹敵するだけの高度に安定した通話品質を
ユーザが要求する場合、IP 電話システムにも
QoS 保証を要することが考えられる。

高品質な通話環境を得る NOTASIP 自体は汎用
的なストリーム配信プロトコルであるため、
例えばテレビ電話への応用も容易に可能であ
る。このような動画像の送信を伴う電話シス
テムでは、データ量が増加するため QoS 保証
なしでは満足のいく通話品質を得られないと
考えられる。

3.2 フローの確定

多くの QoS 保証機構では資源予約はフローを
単位としておこなわれる。したがって QoS を保
証するためには保証すべきフローが確定してい
る必要がある。

ここで扱うフローとは、「送信側の IP アドレス
とポート番号、受信側の IP アドレスとポート番
号の四つ組」と定義できる。この定義からすると、
NOTASIP においてセッションのフローが決定で
きる時期は

発呼側 着呼側からストリームが返され、新しい

受信先が判明したとき

着呼側 発呼側からストリームが到着し、返信に
使用するポートを用意したとき
である。

3.3 QoS 保証の指示者に関する考察

先に述べたフローの確定する時点以降であれば、
通話が終了するまでの任意の時点で QoS 保証を開
始することができる。しかし QoS 保証を伴う通信
の場合、利用者に対して追加の課金が生じるモデ
ルが一般的である。よって、通話中常に QoS 保証
をおこなうのではなくユーザの指示によって任意
に QoS 保証を開始、終了できるようになってい
ることが望ましい。

ここで QoS 保証の開始と終了を誰が指示するか
に関しては、

- QoS 保証が課金を伴うことから、課金される
側のユーザが QoS 保証の開始、終了を決定で
きるべきである
- QoS 保証の目的から考えると、フローの受信
者 (発呼側から着呼側へのフローは着呼側ユー
ザ、着呼側から発呼側へのフローは発呼側ユー
ザ) が QoS 保証の開始、終了を決定できるべ
きである

という二つの考え方がある。

以上から、IP 電話で使用する QoS 保証機構に
は、以下の要件が備わっていることが望ましい。

- 受信者の側から保証手続きを開始できること
- 基本的に受信者に課金されるモデルであるこ
と。あるいは課金ポリシーに関して事前に通
話当事者同士で合意がとれること。
- 双方向のフローに関して、片方ずつ独立に QoS
保証ができること

3.4 QoS 保証の開始、終了時期に関する考察

IP 電話システムにおいて、いつ資源予約を開始
し、終了するかに関しては、下記のような方針が
考えられる。3.3 節で述べた通り、IP 電話シス
テムの端末はユーザがこれらの方針の中から適当な
ものを選択できるようになっているのが望ましい。
NOTASIP によるセッションが確立すると同時に
NOTASIP でセッションに使用されるフロー
が判明し次第資源予約を開始し、セッション
が終了する際に予約を終了する。本 IP 電話シ
ステムの場合、セッションが確立してもすぐ

に実際の通話が始まっているわけではないので、この時点から QoS 保証をおこなうのは無駄な課金がされて好ましくないと考えるユーザが多いと思われる。ただし、ネットワークの事情によっては、この時点から QoS 保証を開始しないとセッションが維持できない場合も考えられる。

通話を開始した時点 着呼側端末のユーザが呼出しに応じ、互いにユーザの実際の音声をストリームとして流すようになった時点で資源予約を開始し、通話が終了する(本システムにおいてはセッションの終了と同時に)際に予約を終了する。NOTASIP は電話の呼び出し中と通話中の状態を区別する手段を提供しないため、別の方法(音声ストリームを解析して呼出音を検出する、など)によってこれらの状態を区別する機構が端末に必要となる。ただし、こうした機構はこの機能を欲するユーザの端末で独自に実装されていればよいので、通話相手の端末の機能に関係なく実現できる。

ユーザが QoS 保証を欲した任意の時点 通話中に、ユーザが必要と判断した時点で QoS 保証を開始し、不要と判断した時点で終了する。ユーザへの課金を最小限に抑えることができるが、反面ユーザの端末操作の負担が大きくなる。

3.5 QoS パラメータに関する考察

通話に際して必要となる QoS パラメータとして、帯域と遅延を考える。

帯域 遅くともフローが確定した時点では、送受信に用いるストリームの内容のフォーマットが既知であるので、そこから算出することができる。

フォーマットからの帯域の算出が困難な場合は、QoS パラメータに関する情報をアドレスや受け入れ可能なフォーマットと一緒に事前に公開しておく方法もある。

遅延 リアルタイム通信であるから短いほうが望ましいが、どの程度の遅延なら許容できるかはユーザの好みによるところが大きく、同じユーザであれば誰を相手にした通話でもあまり変化することはないと考えられる。よって、

許容できる遅延時間をユーザがあらかじめ端末に設定しておく方法が有効といえる。

4. SRSVP による資源予約

IP 電話システムに組み込んで使用する具体的な資源予約プロトコルとして、SRSVP (Simple Resource ReSerVation Protocol)⁶⁾⁷⁾ を考える。

4.1 SRSVP の概要

SRSVP による資源予約は以下の手順によっておこなわれる*。

- (1) ストリーム受信者がストリーム送信者へ、QoS パラメータを含まない RESV メッセージ (RESV0) を送信する。
- (2) RESV0 メッセージはベストエフォートの経路に従ってルータ間を転送されていく。経路上のルータは RESV0 の存在と通過したフローの状態を記憶しておく(図 2(a))。
- (3) RESV0 メッセージを受けとったストリーム送信者は、受け入れ可能な QoS パラメータを含めた PATH メッセージを生成し、ストリーム受信者に向けて送信する。
- (4) 経路上のルータは、記憶しておいたフローの状態に従い RESV0 が送られたのと逆向きに PATH メッセージを転送する。転送後、各ルータで記憶されていたフローの状態は削除される(図 2(b))。
- (5) ストリーム受信者が PATH メッセージを受けると、PATH メッセージに含まれる QoS パラメータを確認する。
- (6) ストリーム受信者がストリーム送信者から提示された QoS パラメータを受け入れたら、その QoS パラメータを含めた RESV メッセージ (RESV1) を作成し、再びストリーム送信者へ送信する。
- (7) RESV1 メッセージを受けとったルータは、含まれた QoS パラメータに従ってストリーム送信者から自らまでの QoS 経路を計算し、ストリーム送信者の方向に RESV1 メッ

* RESV メッセージと PATH メッセージが二回往復するのは、SRSVP がマルチキャストにも対応できるようにアーキテクチャに基いているため、QoS パラメータを送信者が一つに定める必要があるのと、送信者が決めた QoS パラメータを受信者が事前に知って受け入れを決定する余地を与える必要があるという理由による。

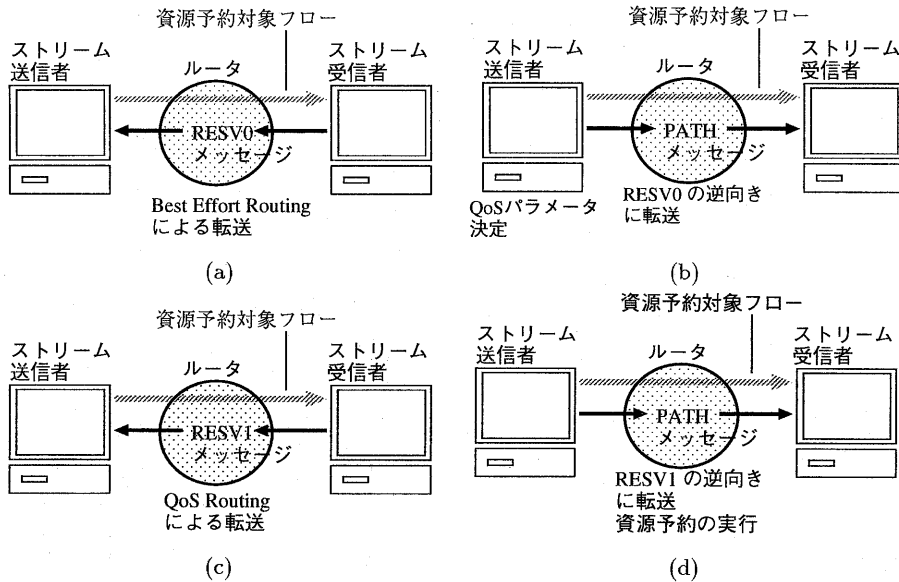


図 2 SRSVP

セージを転送する。各ルータはこのフローの状態を記憶しておく(図 2(c))。

- (8) RESV1 メッセージを受けとったストリーム送信者は、もう一度 PATH メッセージを送信する。
- (9) PATH メッセージを受けとったルータは、事前に記憶しておいて状態に基いて実際に資源予約をおこないつつ、PATH メッセージを QoS ルーティングに従って転送する。
- (10) PATH メッセージがストリーム受信者まで到達し、資源予約が完了する(図 2(d))。
- (11) 資源予約の終了は、送信者が PATHTEAR メッセージを送るか、受信者が RESVTEAR メッセージを送るかのどちらかによっておこなう。

IP 電話に使用する QoS 保証機構として SRSVP を評価すると、

- 受信者主導のプロトコルである
- 課金ポリシーは送信者が(QoS パラメータの一部として)決定し、受信者に提示する
- 資源予約は単方向のフローを単位としておこなわれる

という点から、IP 電話システムに必要な要件を満たしているといえる。

4.2 SRSVP と IP 電話システムの連携

IP 電話システムで SRSVP を利用する場合、QoS 保証は以下のような手順によっておこなわれる。

- (1) 通話中の一方の端末(以下「ストリーム受信側端末」とする)において、QoS 保証手続きの開始する。開始の判断は端末が自動的におこなうか、ユーザが明示的に端末に指示を与える。
- (2) ストリーム受信側端末から、RESV0 メッセージが相手の端末(以下「ストリーム送信側端末」とする)に送られる
- (3) RESV0 メッセージを受けとったストリーム送信側端末は、QoS パラメータを決定する。QoS パラメータの決定材料としては、自分が送信しているストリームの内容、ユーザによって端末に事前に設定された課金ポリシーなどが利用される。
- (4) ストリーム送信側端末からストリーム受信側端末へ向けて、PATH メッセージが送信される。
- (5) PATH メッセージを受けとったストリーム受信側端末は、与えられた QoS パラメータを使って RESV1 メッセージを生成し、ストリーム送信側端末に向かって送信する。

- (6) RESV1 メッセージを受けとったストリーム送信側端末は、もう一度 PATH メッセージをストリーム受信側端末へ向けて返信する。
- (7) ストリーム受信側端末が二度目の PATH メッセージを受けとった時点で、ストリーム送信側端末からストリーム受信側端末へのストリームの資源予約が成立する。
- (8) 通話中に資源予約を終了する場合、ユーザの指示によってストリーム受信側端末からストリーム送信側端末へ向けて RESVTEAR メッセージを送信する
- (9) 通話を終了する際に、自分が送信しているストリームに対して資源予約がおこなわれている場合には、ストリーム受信側端末へ向けて PATHTEAR メッセージを送信する
- (10) 通話を終了する際に、自分が受信しているストリームに対して資源予約がおこなわれている場合には、ストリーム送信側端末へ向けて RESVTEAR メッセージを送信する

通話中の両者が共に QoS 保証を要求した場合、上記の手続きが二つ並行に進行し双方向のストリームが個別に資源予約されることになる。

SRSVP ではストリームの受信に必要な QoS パラメータは QoS 保証手順開始時に、ストリーム送信者からストリーム受信者へ QoS パラメータとして提示される。よって必ずしもストリーム受信者側 (QoS 保証手続きを開始する側) で必要な QoS パラメータを計算したり、ストリーム送信者が事前に QoS パラメータを通話相手に提示しておく必要はない。

5. ま と め

シグナリングに NOTASIP を用いた、単純で有効な IP 電話システムを提案し、本システムに QoS 保証機構を利用することでさらに通話品質を高める手法に関して述べた。

現在未解決の問題として、フローの QoS 制御を送信者からおこなったほうがよい事態への対処が挙げられる。例えば通話を保留中にするなど、通話品質が多少悪くても問題のないことがストリームの送信者にわかっている場合、送信者のほうからフローの QoS 制御をできると具合が良い。

今後これらの問題に関するさらなる検討をおこ

ない、資源予約プロトコルに SRSVP を利用した IP 電話システムの実装と評価をおこなう予定である。

参 考 文 献

- 1) ITU-T Recommendation: *Packet Based Multimedia Communication Systems* (1998). H.323.
- 2) 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, 第 91 回 DPS 研究会 (1999).
- 3) OHTA, M., FUJIKAWA, K., KITAGAWA, T., SOLA, M. and SATOH, K.: The Simple Internet Phone, *INET 2000 Proceedings* (2000).
- 4) OHTA, M. and FUJIKAWA, K.: Nothing Other Than a Simple Internet Phone (NOTASIP) (2000). Internet Draft (work in progress as <draft-ohata-notasip >).
- 5) KITAGAWA, T. and FUJIKAWA, K.: Phone Directory Server with HTTP and CGI (2000). http://www.notasip.org/doc/iphone_directory.txt.
- 6) FUJIKAWA, K., OHTA, M. and IKEDA, K.: Integration of Multicast Routing and QoS Routing, *INET 2000 Proceedings* (2000).
- 7) FUJIKAWA, K. and IKEDA, K.: RSVP Integrated Multicast (RIM), *INET '99 Proceedings* (1999).