

# 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

宮 内 信 仁†

HTTP-based Conference Application Protocol (HCAP) は、電話やリアルタイムの遠隔マルチメディア会議等のアプリケーションを一般のインターネット上にて、実現するための呼制御およびストリームデータ転送制御のプロトコルである。これに類するものは、代表的な既存プロトコルとして、ITU-T の H.323 や、IETF の SIP があつたが、実際のインターネットで使用するには、既存のネットワークインフラストラクチャに、導入すべき新規プロキシ等が必要になり、インターネット上での VoIP 等が広範に普及するには至っていない。最も制約となっているのは、DHCP、プライベートアドレスエリア、ファイアウォール、NAT、プロキシというような環境下であり、これらを通過するリアルタイムデータ通信が必ずしも容易にできない状況となっている。そこで、HCAP では、世界中のインターネットユーザが普遍的に利用できる HTTP のプロトコル上で、セッションの生成、変更、終了のような呼制御から、リアルタイムマルチメディアストリームデータの転送制御までを行うようにして、上記の問題を解決した。本稿では、本プロトコル内容を説明し、開発したインターネット電話アダプタによる評価、本方式の有効性について報告する。

## Allround Internet Telephony Protocol ——HTTP-based Conference Application Protocol

NOBUHITO MIYAUCHI†

HTTP-based Conference Application Protocol (HCAP) is a call control and stream data transfer protocol, which realizes internet applications as telephone and real-time multimedia conference. Though there are similar protocols like H.323 of ITU-T and SIP of IETF, those need new proxys on general internet. That is the main reason that voip system have not pervaded universal yet. Such limitations are DHCP, private address area, fire wall, NAT, proxy and so on. Those suppress remote real-time data communication. We solved such problems by HCAP, which controls creation, modification, and termination of sessions, real-time multimedia stream data transmission by general HTTP available for worldwide internet users. In this paper, we will describe the concepts, the calling processes and advantages of our protocol. The performance characteristics of our prototype "internet telephone adapter" will be shown in the last section.

### 1. はじめに

低価格固定料金の常時接続環境の普及によるブロードバンドインターネット時代を迎え、従来の重量課金の公衆回線電話が、低額固定料金のインターネット電話に徐々に代替されるようになりつつある。ADSL、CATV、FTTH 等のエンドユーザ側の通信帯域の確保や、急激な伸びをみせるデータトラフィックのためのバックボーンの整備により、インターネット電話の大きな課題であった通話品質の向上もほぼ解決されてきた。しかし、インターネット電話技術としての Voice over Internet Protocol (VoIP) は、現状の多様なイ

ンターネット環境に完全に対応できていないため、必ずしも広範な普及には至っていない。その主要な制約は、図 1 に示すようにインターネット上での VoIP 電話端末間での通信を遮る NAT によるプライベート IP アドレスエリアやプロキシ<sup>2)</sup>、VoIP 電話端末が動的に IP アドレスを割り当てられる Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)<sup>3)</sup>、セキュリティを目的とするファイアウォール等の存在である。

上述の課題を解決するためには、呼制御やストリームデータ転送のための VoIP 電話端末の識別をネットワーク環境に依存せずに行える必要がある。そこで、インターネットに接続された計算機端末なら必ず利用できる HyperText Transfer Protocol (HTTP)<sup>1)</sup> を利用して、これらの処理を行うプロトコルを考案した。また、このプロトコルでは、ストリームデータ転送

† 三菱電機株式会社  
Mitsubishi Electric Corp.

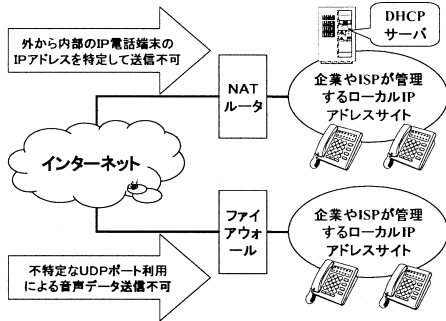


図1 VoIPにおけるネットワーク環境に関する問題  
Fig.1 Problems of network environment for VoIP.

について、インターネット上の通信経路すべてにわたりHTTPを用いると、そのオーバーヘッドによって通信品質低下を招くため、適宜UDPとの併用も考慮している。

本論文では、このHTTP上に構築した新しいインターネット電話プロトコルHTTP-based Conference Application Protocol (HCAP)について、処理方式の詳細を説明し、開発したVoIP電話アダプタによるインターネット実網上で評価結果について報告する。

## 2. 従来のVoIPプロトコルとその課題

### 2.1 既存のVoIPプロトコル

1974年に、インターネットの前身であるARPANETおよび衛星通信網であるSATNETを利用してVoIP実験が行われて以来<sup>6)</sup>、IPパケットにより音声データを転送する試みが行われてきた。この実験は当初Network Control Protocol (NCP)により行われていたが、Network Voice Protocol (NVP)という新規プロトコルが開発されている<sup>7)</sup>。1990年代に入り、Talkware (1994.7)に代表されるTCP上での音声データ通信の実験が行われるようになった。

VoIPが広く知れ渡るようになったのは、パソコン上で動作するInternet Phone<sup>TM</sup><sup>8)</sup>が1995年に商品化されてからであり、インターネット環境が従来の電話システムに十分相当すると実感されるようになった。

こうした動きの中で、VoIP技術の標準化活動も着実に進み、International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector (ITU-T)により、低ビットレートのIP回線上でのマルチメディア情報通信の標準H.323が、第1版として1996年<sup>9)</sup>、第2版として1998年<sup>10)</sup>に制定され、実質的にインターネット電話機器の最初の標準となった。

一方では、Internet Engineering Task Force (IETF)により、Session Initiation Protocol (SIP)<sup>3)</sup>

というH.323よりも実装が容易で拡張性に優れた呼び制御標準の策定が近年活発に進められており、これに準拠した製品もかなり普及してきている。

### 2.2 既存VoIPプロトコルの課題

H.323やSIPの標準では、リアルタイムデータ通信を目的として、User Datagram Protocol (UDP)によりストリームデータのバケット転送を行うことを前提としている。H.323標準で、音声データのバケット化を規定しているのが、同じITU-T勧告のH.225.0<sup>11),12)</sup>であり、UDPを利用したその上位のプロトコルReal-time Transport Protocol (RTP)の使用を定めている。これから、これらの標準では、UDPの通信先IPアドレスを特定する必要があり、H.323ではゲートキーパ、SIPではロケーションサーバというユーザが認識する通信先の識別子から通信先IPアドレスを取得するしくみを規定している。

よって、既存プロトコルの実装では、通信開始時に、通信先装置の識別子からIPアドレスを固定テーブルにより検索するため、通信先装置のIPアドレスが特定できなかったり、動的に変更されたりする場合には、通信が不可能であった。つまり、NAT機構によるプライベートアドレスエリア内への通信や、DHCPによる通信先IPアドレスの変更に対応できなかった。

さらには、ストリームデータ用のUDP通信ポートを一般に認めないファイアウォールやプロキシの存在がますますこれら標準による通信を困難にしていた。

### 2.3 課題の改良案

グローバルIPアドレスが十分な数あれば、NATやDHCPが根本的に不要になるため、IPアドレスの枯渇が問題視されるIPv4からIPv6への移行が期待されている。しかし、その普及は順調ではなくIPv6の普及促進策として、その移行を推進するISPにIPv4アドレスを優先的に確保する方策も提案されている<sup>4)</sup>。

SIPでは、ファイアウォールやNATへの対応についての解決方式<sup>14)~17)</sup>も提案されているが、ファイアウォール等の管理設定の変更、UDP利用が前提であり、利用者がIP電話端末を設置するだけで容易に利用できるものではない。

また、DHCP関連でも、解決方式<sup>18)</sup>が提案されているが、個々の通信端末のIPアドレスの動的変更に対応可能なものではない。

次に、UDPポート制限については、ファイアウォール製品として、H.323のUDPの通信ポート利用に対応した製品<sup>5)</sup>もあるが、必ずしも普及に至っていない。

さらに、NAT関連として、SOHOルータ等にUDPポート設定を端末から操作できるUPnP (Universal

Plug and Play)<sup>9)</sup>のような規格も提案されているが、SOHO ルータの WAN 側の IP アドレスが動的に変わる場合まで対応できていない。

### 3. 新 VoIP プロトコル HCAP

HCAP は、HTTP 仕様をそのまま利用し、インターネット電話やマルチメディア遠隔会議を実現させるアプリケーション層の制御プロトコルである。SIP がその実装の容易性から HTTP に類似したテキストベースのプロトコルとして設計されているのに対して、HCAP も設計思想として実装の容易性を考慮しつつも、多様なネットワーク環境での利用を目的として、HTTP 上に実装を行うものとした。

#### 3.1 通信端末間の基本的セッション

HCAP が基本的に取り扱うデータ送受信の管理対象は、セッションと呼ばれる論理情報の通信経路であり、複数の参加者の間で呼の設定を行い、その後、そのセッションを通して必要なリアルタイムのストリームデータの送受信を行う。

このように、HCAP は、セッションを各通信端末間に形成することで、各通信端末の通信先アドレスの決定、各メディア種類等の通信能力情報の管理、各通信用途ごとの制御、基本的な呼制御等をサポートする。

#### 3.2 HTTP 中継サーバ

プライベートアドレスエリアやファイアウォールにより遮られた 2 つのインターネット上の VoIP 電話端末どうしが、互いに呼制御や音声等のデータパケットを直接送信できない場合等通信先の IP アドレスを認識できなくても、呼制御も、ストリームデータ通信も、両者からアクセスが可能な HTTP サーバノードに対して HTTP クライアントノードとしてデータの送受信を行うことで、端末間の各種通信を行う。

この HTTP サーバノードを汎用的には HTTP 中継サーバと呼んでいる。さらに、呼制御を行うサーバノードをセッション管理サーバ、ストリームデータを中継するサーバノードをストリーム中継サーバと呼んでいる。この 2 種のサーバプロセスを同一の物理サーバ上で実行させることも可能であるが、異なる物理サーバとする方が、接続される端末数に応じたセッション管理サーバ、同時通話数に応じたストリーム中継サーバの増設管理を独立して行えるため、スケールビリティの確保には効率の良い実装となる。

なお、HCAP では、通信端末が所属するセッション管理サーバは、唯一のものに特定されるが、通信端末の起動初期化時において、第 3 の HTTP サーバノードに登録問合せを行い、所属するセッション管理サーバ

について通信端末は情報を取得する。この第 3 の HTTP サーバノードをロケーション管理サーバと呼んでおり、DNS 相当の処理を行う。

そして、各ドメイン間の呼制御通信は、セッション管理サーバにより行われるが、各セッション管理サーバのドメイン URL に対応したグローバル IP アドレスのテーブル情報をロケーション管理サーバが管理する。このロケーション管理サーバは、各セッション管理サーバの追加削除変更の保守を行い、その保守情報をセッション管理サーバへ、HTTP により送信できる(セッション管理サーバから逆に問い合わせる形態も可能である)。一方、SIP では、同様なロケーションサーバ情報交換用に Gateway Location Protocol (GLP)<sup>20)</sup> という新規のプロトコルを用意しているが、ISP 等のドメインの SIP サーバ間の情報交換を目的としたものであり、DNS と類似した本方式の設計方針と異なる。

#### 3.3 基本的な呼制御処理

今回我々は HCAP の有効性を確認するために、必要最小限の電話機能をサポートすることとして、コールフローを設計し、実装および評価を行った。

上述のように、通話を行う 2 台の電話端末は双方の IP アドレスを通話開始時に確認できないし、基本的に両者の IP アドレスはローカルに管理されることも多く、直接の通信が行えない。よって、セッション管理サーバでは、HCAP 固有の端末識別子情報を交換することで、電話端末間で電話の発呼を伝えたり、電話の着呼があったかどうかを確認したりする。その方法としては、発呼時にも、着呼確認時にも、必要な情報を GET メソッドによりセッション管理サーバへ送信し、その応答により状況確認を行っている。

#### 3.4 基本メソッド CGI (BMCGI)

HTTP では、使用できるメソッドとして GET や POST 等いくつか存在するが、呼制御等の観点で意義を持つメソッドがあるわけではない。これから、呼制御等の意味付けがなされたメソッドを HTTP 仕様自体には影響がない形態でサポートするために、CGI を HCAP の基本メソッドとして規定した。これら HCAP の基本メソッド CGI は、従来行われているように HTTP の GET メソッドに組み合わせて用いる。

基本メソッド CGI は、現状では表 1 に示すような 10 種類を用意している。表 1 中の各種記号は以下のとおりである。LMS: ロケーション管理サーバ、SMS: セッション管理サーバ、SRS: ストリーム中継サーバ、CTM: 通信端末。ここでは、この基本メソッド CGI を Basic Method CGI (BMCGI) と呼ぶことにする。

表 1 基本メソッド CGI (BMCGI)  
Table 1 Basic method CGI (BMCGI).

| BMCGI        | GET 送信元 | GET 送信先 | メッセージ内容    |
|--------------|---------|---------|------------|
| register.cgi | CTM     | LMS     | 通信資格の登録    |
| call.cgi     | CTM     | 発側 SMS  | 通信先への発呼    |
| prepare.cgi  | 発側 SMS  | 着側 SMS  | 発呼時の端末情報交換 |
| invite.cgi   | 発側 SMS  | 着側 SMS  | 通信先への発呼    |
| catch.cgi    | CTM     | SMS     | 着呼待ち接続の生成  |
| cancel.cgi   | CTM     | 発側 SMS  | 呼成立前の発呼取消  |
| bye.cgi      | CTM     | SMS     | 通信終了の通知    |
| stream.cgi   | SMS     | SRS     | ストリーム通信の指示 |
| signal.cgi   | CTM     | SMS     | 端末操作の通知    |
| dbcom.cgi    | 全ノード    | 全ノード    | データベース操作   |

3.5 HCAP メッセージフォーマット

HCAP でのサーバへのアドレス指定は、HTTP の URI や、直接のサーバへの IP アドレスにより行う。そして、HCAP の HTTP メッセージ中では、HTTP 標準のヘッダ類だけを用いる。また、HCAP 特有のヘッダ情報等は、HTTP のボディ部の中に HTTP ヘッダ同様の形式で格納する。これには、SDP (RFC 2327) のようなセッション記述内容も含まれるが、より拡張的な情報を盛り込めるように、HCAP 独自のテキストベースの記述フォーマットとしている。

また、HCAP は、HTTP 上のアプリケーション層プロトコルであるから、各リクエストおよびレスポンスは、複数の HTTP プロキシを経由した送受信が可能である。HTTP プロキシによる経路決定および、ヘッダ類の付加、変更の方法は、HTTP 仕様に準拠する。つまり、HTTP プロキシによる HTTP メッセージ内のヘッダ類の変更は、HCAP にまったく影響を与えない。

3.6 呼制御プロトコル概要

図 2 に、異なるドメインの 2 者間で通話を行う場合の HCAP メッセージの送受信フローを示す(図中のメッセージが簡略化されていることに注意)。また、表 2 に各プロセスのメッセージ内容を示す。

HCAP の基本的セッションは、着呼側の通信端末が GET メソッドを発行して着呼メッセージ待ちで待機しているときに、発呼側の通信端末から発呼メッセージを GET メソッドによって、セッション管理サーバ経由で送信することで形成される。

この通信端末の着呼メッセージ待ちの BMCGI は、catch.cgi となり、通信端末の発呼メッセージ送信の BMCGI は、call.cgi となる。さらに、セッション管理サーバ間では、通信端末間の呼制御開始時の端末能力情報交換用 BMCGI が、prepare.cgi、発呼メッセージの転送の BMCGI は、invite.cgi となる。

表中の Step13 以降は、セッション管理サーバからの指示により、通信元と通信先の各通信端末と各ストリーム中継サーバ間において、互いに UDP か HTTP

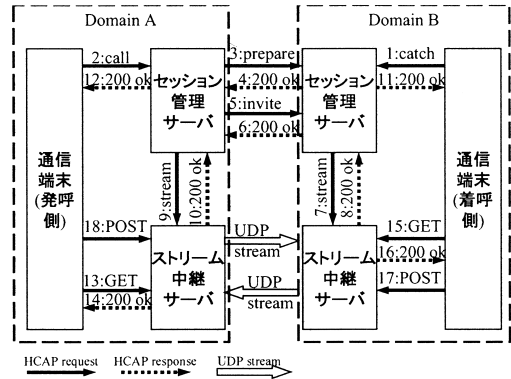


図 2 HCAP の基本的な呼制御の例  
Fig. 2 Basic example of HCAP call control.

表 2 HCAP の基本プロセス  
Table 2 Basic process of HCAP.

| Step | 送信元    | 送信先    | メッセージ内容              |
|------|--------|--------|----------------------|
| 1    | 着側 CTM | 着側 SMS | 着呼待ち確認 catch.cgi     |
| 2    | 発側 CTM | 発側 SMS | 端末発呼 call.cgi        |
| 3    | 発側 SMS | 着側 SMS | 端末情報交換 prepare.cgi   |
| 4    | 着側 SMS | 発側 SMS | 端末情報回答 200 OK        |
| 5    | 発側 SMS | 着側 SMS | ドメイン間発呼 invite.cgi   |
| 6    | 着側 SMS | 発側 SMS | ドメイン間発呼回答 200 OK     |
| 7    | 着側 SMS | 着側 SRS | ストリーム通信開始 stream.cgi |
| 8    | 着側 SRS | 着側 SMS | ストリーム通信開始回答 200 OK   |
| 9    | 発側 SMS | 発側 SRS | ストリーム通信開始 stream.cgi |
| 10   | 発側 SRS | 発側 SMS | ストリーム通信開始回答 200 OK   |
| 11   | 着側 SMS | 着側 CTM | 着呼発生通知 200 OK        |
| 12   | 発側 SMS | 発側 CTM | 端末発呼回答 200 OK        |
| 13   | 発側 CTM | 発側 SRS | ストリーム受信 GET          |
| 14   | 発側 SRS | 発側 CTM | ストリーム受信開始回答 200 OK   |
| 15   | 着側 CTM | 着側 SRS | ストリーム受信 GET          |
| 16   | 着側 SRS | 着側 CTM | ストリーム受信開始回答 200 OK   |
| 17   | 着側 CTM | 着側 SRS | ストリーム送信 POST         |
| 18   | 発側 CTM | 発側 SRS | ストリーム送信 POST         |

によるストリームデータの送受信を行う。また、HTTP でのストリームデータの送受信のしくみを図 3 に示す。

SIP との大きな差異として、ドメイン内で通信端末の IP アドレスが変更されても、セッション管理サーバは、その IP アドレス変更の把握が不要である。つまり、新たな IP アドレスで、各通信端末は、HTTP クライアントとして着呼待ち状態の GET 接続が行える。

3.7 ドメイン内外のストリームデータ中継の管理  
ファイアウォールや NAT ルータ等でエリア管理された各 ISP や企業等の LAN に与えられるドメイン内の通信端末は、そのドメインの DMZ 内に設置されたセッション管理サーバとストリーム中継サーバを経由し、ドメイン外の通信端末や各種サーバと通信を行う(中継ノードの分散を図るために、可能な限りドメインごとにストリーム中継サーバを設置する)。

そこで、多様なネットワーク環境がある現状では、通信すべてに HTTP によるストリームデータ中継を用いることは容易であるが、相互に IP アドレスが特

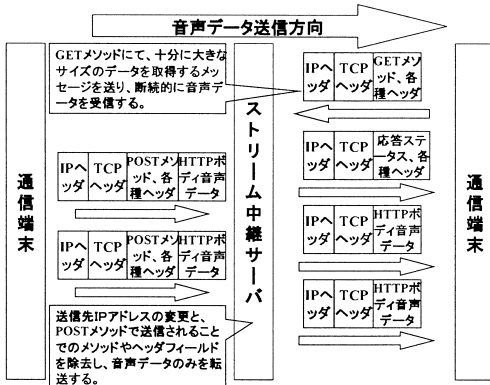


図 3 ストリーム (音声) データの HTTP による中継  
Fig. 3 Stream (voice) data relay by HTTP.

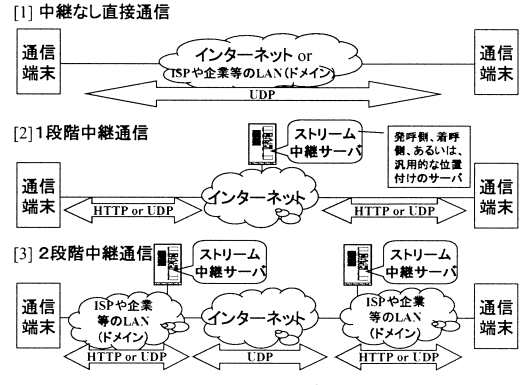


図 4 ストリーム (音声) データの中継方式  
Fig. 4 Stream (voice) data relay cases.

定できれば, HTTP よりはむしろ RTP 等 UDP により通信したほうが通信品質が向上する. たとえば, UDP の利用が可能な場合として, 以下のようなものがある.

- グローバル IP アドレス (固定, DHCP) を持つ通信端末どうして通信する.
- 同じドメイン内でプライベート IP アドレス (固定, DHCP) を持つ通信端末どうして通信する.
- 通信端末間を遮るファイアウォールに対して, 利用したい UDP ポートのアクセスが可能のように設定ができる.

適宜 HTTP と UDP の選択を可能にした場合, 通信端末とストリーム中継サーバの通話中継方式として, 図 4 のようなドメイン内外の中継方式が想定できる. [1] では, 通信端末間の関係が上述の条件のどれかを満たして, 直接に相手通信端末の IP アドレスを指定して UDP 通信ができる [2] では, 通信端末の少なくとも一方にファイアウォールや NAT ルータが存在し, HTTP 通信が必要とされ, ストリーム中継サーバとして, インターネット上に汎用的に公開されたものか, 発呼側か着呼側のドメインの DMZ に設置されたもので 1 段中継を行う [3] では, ドメイン内外では自由に通信できないため, ドメインの DMZ でのストリーム中継サーバを経由し, 両通信端末が別の LAN に存在する場合の 2 段中継となる.

ストリーム中継サーバの使用の有無については, 呼制御設定処理中に, セッション管理サーバが通信端末から端末接続タイプを受信し判定を行い, 各通信端末や各ストリーム中継サーバへ通知する. 次節でこの端末接続タイプと通信方式判定方法について説明する.

3.8 端末接続タイプ

端末接続タイプは, 設置時に接続環境に合わせて通

表 3 端末接続タイプ  
Table 3 Terminal type.

|     | (i-1) | (i-2) | (ii-1) | (ii-2) |
|-----|-------|-------|--------|--------|
| (1) | A     | P     | B      | Q      |
| (2) | A     | P     | C      | P      |
| (3) | A     | P     | D      | R      |
| (4) | A     | P     | E      | P      |

信端末に設定しておく. 以下に, 通信端末の接続条件を説明する. まず, IP アドレスには次の 4 種がある.

- (1) グローバル IP アドレス (固定)
- (2) プライベート IP アドレス (固定)
- (3) グローバル IP アドレス (DHCP)
- (4) プライベート IP アドレス (DHCP)

プライベート IP アドレスは, 所属ドメイン内で割り当てられる. 次に, これら IP アドレスがブロードバンドルータ等でさらに変換されるか, そのまま使用するかで分類され, 所属ドメイン内のストリーム中継サーバ (SRS) の有無によって細分化される.

- (i) ドメイン内でさらにローカルの NAT ルータ下にて変換された IP アドレスを割り当てる.
  - (i-1) ドメイン内管理下, SRS を設置する.
  - (i-2) ドメイン内管理下, SRS を設置せず.
- (ii) ドメイン内割当ての IP アドレスを直接使用.
  - (ii-1) ドメイン内管理下, SRS を設置する.
  - (ii-2) ドメイン内管理下, SRS を設置せず.

以上の条件の組合せから, 表 3 に端末接続タイプ (A ~ E, P ~ R) を示し, 表 4, 5 に端末接続タイプごとの中継方式判定方法を示す. 表中の中継方式 [1] [2], [3] は, 図 4 で示したものに相当する. 表 4 中の記号「-」は, 同じドメイン内の通信端末に原則割り当てられる IP アドレスがグローバルのものとプライベートのものが共存しえないために, 該当なしを意味する. 表 5 の [2] の場合に発側, 着側とあるのは, ストリーム中継サーバのうち, 発呼側か着呼側のどちらかのド

表 4 端末接続タイプごとの中継方式判定方法 (同じドメイン内での通信)

Table 4 Relay method between two terminals (in the same domain).

| 発 \ 着 | A   | B   | C   | D   | E   |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| A     | [2] | [2] | [2] | [2] | [2] |
| B     | [2] | [1] | -   | [1] | -   |
| C     | [2] | -   | [1] | -   | [1] |
| D     | [2] | [1] | -   | [1] | -   |
| E     | [2] | -   | [1] | -   | [1] |

表 5 端末接続タイプごとの中継方式判定方法 (同じドメイン内ではない通信)

Table 5 Relay method between two terminals (in the different domain).

| 発 \ 着 | A         | B         | C         | D         | E         | P         | Q         | R         |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| A     | [3]       | [3]       | [3]       | [3]       | [3]       | [2]<br>発側 | [2]<br>発側 | [2]<br>発側 |
| B     | [3]       | [1]       | [3]       | [3]       | [3]       | [2]<br>発側 | [2]<br>発側 | [1]       |
| C     | [3]       | [3]       | [3]       | [3]       | [3]       | [2]<br>発側 | [2]<br>発側 | [2]<br>発側 |
| D     | [3]       | [3]       | [3]       | [1]       | [3]       | [2]<br>発側 | [1]       | [1]       |
| E     | [3]       | [3]       | [3]       | [3]       | [3]       | [2]<br>発側 | [2]<br>発側 | [2]<br>発側 |
| P     | [2]<br>着側 | [2]<br>着側 | [2]<br>着側 | [2]<br>着側 | [2]<br>着側 | [2]       | [2]       | [2]       |
| Q     | [2]<br>着側 | [1]       | [2]<br>着側 | [1]       | [2]<br>着側 | [2]       | [1]       | [1]       |
| R     | [2]<br>着側 | [1]       | [2]<br>着側 | [1]       | [2]<br>着側 | [2]       | [1]       | [1]       |

メインに設置されたものを使用することを意味する。セッション管理サーバは、呼制御処理で、発呼側と着呼側の各通信端末の接続タイプ情報を得て、以下のように、上記の表によりストリーム中継方式を判定し、各通信端末にその方式情報を送信する。

- (a) 発呼側通信端末と着呼側通信端末の所属ドメインが一致するか判定する。
- (b) 所属ドメインが一致した場合は、「ドメイン内通話中継判定方法 (表 4) より「ストリーム中継サーバ」の使用の有無を求める。
- (c) 所属ドメインが一致しない場合は、セッション管理サーバのサーバタイプ (汎用/ISP) と「ドメイン外通話中継判定方法 (表 5) より「ストリーム中継サーバ」の使用の有無を求める。

さらに、ストリーム中継サーバが必要な場合は、セッション管理サーバが、ストリーム中継サーバの IP アドレス、および、HTTP か UDP かの指定について、各通信端末へ通知する。

#### 4. HCAP の実用性評価

##### 4.1 評価の目的

HCAP では多様なインターネット環境での利用を目指し、安定動作やリーズナブルな呼制御処理時間等、

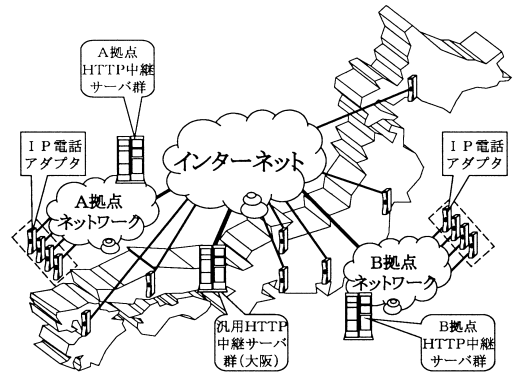


図 5 評価環境ネットワーク構成

Fig. 5 Evaluation environment network structure.

実運用上問題なく利用できるかどうかの確認を目的とした。さらに、大規模システム構築のコスト見積りに必要なセッション管理サーバのスケラビリティの基本データとして負荷性能を評価することとした。なお、ストリーム中継サーバの性能評価については文献 (21), (27) を参照されたい。

#### 4.2 評価システム

今回、筆者らが開発したインターネット電話用のアダプタ装置<sup>(22),(23)</sup>により試作システムの構築を行った。

このアダプタ装置は、一般のアナログ電話機に接続して IP 電話を利用できる組み込み機器である。CPU は、DRAM 内蔵の M32R/D (三菱) 66 MHz, NIC は 10Base-T, 音声コーデックは ITU-T 勧告 G.729 Annex A 規定の CS-ACELP 方式<sup>(24)</sup>を採用している。なお、音声データ転送時に、無音圧縮処理を行った。また、HTTP 中継サーバには、Linux (RedHat Linux 7.0J) が動作する PC サーバマシンを使用した。

#### 4.3 評価環境と評価方法

試作システムでは論理的な機能検証を閉じた LAN によって行い、インターネット常時接続環境を利用し実網での評価を行った。HTTP 中継サーバとして、日本全国から利用できる汎用的なものを大阪市に設置し、国内の数カ所の ISP 等のドメイン内の DMZ に専用の HTTP 中継サーバを設置した。また、通信端末を、北海道、東北、北陸、関東、関西、中国、九州等に 200 台以上設置し、相互に通話試験を行った (図 5)。

ほかにセッション管理サーバに関して、疑似的な通信端末プログラムによって、LAN 内での負荷性能測定を行った。

#### 5. 評価結果および考察

##### 5.1 インターネット環境下での通話の音声品質

2 台のアダプタ装置 (神奈川県鎌倉市設置) を上

表 6 遅延時間測定結果 (総測定回数 267)  
Table 6 Delay result (Total measurement 267).

| 遅延時間 (msec) | 400 未満 | 400 以上 500 未満 | 500 以上 600 未満 | 600 以上 |
|-------------|--------|---------------|---------------|--------|
| 内訳 (%)      | 4.1    | 60.7          | 29.2          | 6.0    |

記大阪の HTTP 中継サーバへ常時接続回線 2 本 (1.5 Mbps, 128 Kbps, サーバまでのルータホップ数は前者が 9 段, 後者が 8 段) で接続した通話試験で, 両アダプタ装置の音声データを音質測定器<sup>25)</sup>によって比較した. 音声データ (1 パケットに 200 msec 分格納) の HTTP での往復では, 片方向遅延は約 400 ~ 500 msec で (表 6), 通話品質は自由会話レベルであった (文献 26) では, 500 msec を超えると業務利用には難しくなる場合が多いと記述あり). UDP では, 若干遅延や品質が向上する.

### 5.2 呼制御の安定性

HCAP が H.323 や SIP 等の既存のプロトコルと大きく異なる点として, 通話がいつでも行えるように, 通信端末がセッション管理サーバとつねに着呼確認用 GET メソッドによる接続を行う必要がある.

これは, インターネット常時接続回線が普及した昨今, 困難ではないが, 今回, 多様な環境下での試験の結果, 単純に catch.cgi による GET メソッドの 1 回の発行だけで, 通話の着呼をその応答で待つという方法では不十分である点が判明した. つまり, 常時接続回線に利用したブロードバンドルータ, ISP 側の環境, インターネットのトラフィック状況等様々な要因により, GET メソッド 応答の長時間の受信待ち中に TCP 接続が切断されるケースが少なくなかった.

これから, GET メソッド 応答待ちにおいても, ボディ部データとしてキープアライブデータを定期的にセッション管理サーバから通信端末側に送信し, タイムアウト時には GET メソッドを再発行するしくみとした. この結果, つねに安定した呼制御処理が可能となった. 発呼から通話先の通信端末を呼び出すまでの日本国内での処理時間はインターネット実網で平均して 1 秒程度に収まっている. なお, 文献 28) では, H.323, SIP における米国内インターネット実網での呼制御処理時間として同様に 1 秒程度以内が評価されており, 本方式も実使用上遜色ない値であるといえる.

なお, 各通信端末は着呼確認用につねに HTTP 接続の維持が必要であり, セッション管理サーバとの間で経由するルータ等の TCP 接続用資源を消費するが, 一般の PC がダウンロードツール等で複数の HTTP 接続の使用も多い昨今の状況からみて, 現有のネットワーク設備コストで対応可能と見込んでいる.

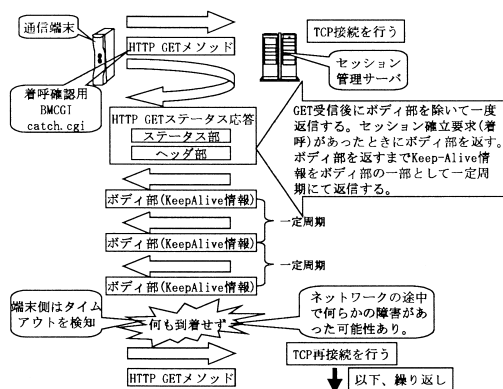


図 6 BMCGI catch.cgi の HTTP 接続確保方法  
Fig. 6 The way to keep HTTP connection for BMCGI catch.cgi.

### 5.3 セッション管理サーバの負荷性能

当初, セッション管理サーバの処理負荷は, 通話がまったくなければ, アイドル状態となる想定だったが, 前節のように, 通話待機中の通信端末に対しても, 定期的にキープアライブデータを送信する必要性がでてきた. そこで, 現在, 図 6 に示すように, 1 分間に 1 度少量のデータを送り, 安定した動作が確認できている. 一方, このキープアライブ情報送信による負荷性能の評価を行ったところ, 現状 Pentium3<sup>TM</sup> (800 MHz) のサーバ 1 台 (メモリ容量: 256 MB, ネットワーク I/F: 100Base-TX) において, 3,000 台分の通信端末のサポートが可能であることが確認できた.

## 6. おわりに

本論文においては, インターネット電話の課題であるプライベートアドレスエリア, DHCP, ファイアウォールの問題を解決すべき HTTP による新規 VoIP プロトコル HCAP について提案するとともに, インターネット実網において評価した結果をまとめ, 現状のインターネット実網においても HCAP によるインターネット電話が利用できる点を報告した.

ただし, 基本的な実用性の確認はできたものの, 大企業等でのファイアウォール設備がますます堅固になってきている点等課題は多い. 企業によっては複数のドメイン管理の下, 何重にもファイアウォールが設置される場合があり, 単純な Web アクセスすら快適に行えない環境も存在する. さらには, ネットワークキャッシュ, プロキシ, 対ウィルスフィルタ等の様々なネットワーク上の障壁といえる装置の設置も増えており, さらなる安定性, リアルタイム性が要求される.

今後は, 上述したような様々なインターネット実網

での障壁要因に対して、有効に利用が行えるような手法を継続して検討していく予定である。

### 参 考 文 献

- 1) Berners-Lee, T., Fielding, R.T. and Nielsen, H.: Hyper-Text Transfer Protocol — HTTP/1.0, IETF RFC 1945 (1994.11).
- 2) 大田昌孝: Colum 本当のインターネットをめざして, Vol.6, インターネットと電話(2), 情報処理学会誌, Vol.40, No.9, pp.922-923 (1999).
- 3) Droms, R.: Dynamic Host Configuration Protocol, IETF RFC 2131 (1997.3).
- 4) Ohta, M., Huston, G., Hirabaru, M. and Murai, J.: Usage Based Address Allocation Considered Harmful, Internet Draft, draft-ohta-address-allocation-00 (2000.5).
- 5) Check Point Software Technologies Ltd.: <http://www.checkpoint.com/>
- 6) Weinstein, C.J. and Forgie, J.W.: Experience with Speech Communication in Packet Networks, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, SAC-1, 6, pp.963-980 (1983.12).
- 7) Cohen, D.: Specifications for the Network Voice Protocol (NVP), IETF RFC 741 (1976.1).
- 8) VocalTec Communications Ltd.: <http://www.vocaltec.com/>
- 9) ITU-T: Visual Telephone Systems and Equipment for Local Area Networks which Provide a Non-guaranteed Quality of Service, ITU-T Recommendation H.323 (1996.11).
- 10) ITU-T: Packet Based Multimedia Communications Systems, ITU-T Recommendation H.323 version 2 (1998.2).
- 11) ITU-T: Media Stream Packetization and Synchronization on Non-guaranteed Quality of Service LANs, ITU-T Recommendation H.225.0 (1996.11).
- 12) ITU-T: Call signalling Protocol and Media Stream Packetization for Packet Based Multimedia Communications Systems, ITU-T Recommendation H.225.0 (1998.4).
- 13) Handley, M. et al.: Session Initiation Protocol, IETF RFC 2543 (1999.3).
- 14) Rosenberg, J.: SIP Traversal through Residential and Enterprise NATs and Firewalls, IETF Internet Drafts, draft-ietf-sip-nat-01 (2001.11.21).
- 15) Thernelius, F.: SIP Firewall Solution, IETF Internet Drafts, draft-thernelius-sip-firewall-solution-00 (2000.7.14).
- 16) Peterson, J.: Application-layer Policy Enforcement at SIP Firewalls, IETF Internet Drafts, draft-jfp-sipfw-policy-00 (2000.7.17).
- 17) Biggs, B.: A SIP Application Level Gateway for Network Address Translation, IETF Internet Drafts, draft-biggs-sip-nat-00 (2000.3).
- 18) Schulzrinne, H. and Nair, G.: DHCP Option for SIP Servers, IETF Internet Drafts, draft-ietf-sip-dhcp-06 (2002.3.6).
- 19) UPnP (Universal Plug and Play) FORUM: <http://www.upnp.org/>
- 20) Rosenberg, J. and Schulzrinne, H.: A framework for a Gateway Location Protocol, IETF Internet Drafts, draft-ietf-iptel-gwloc-framework-04.txt (1999.8).
- 21) Miyauchi, N.: Voice over HTTP for Internet telephony solution of DHCP, NAT and firewall, *1st International Forum on Information and Computer Technology (IFICT 2003)* (2003.1).
- 22) 石川博章ほか: インターネット電話アダプタの試作(1)—ハードウェア構成, 情報処理学会第60回全国大会 5S-04 (2000.3).
- 23) 宮内信仁ほか: インターネット電話アダプタの試作(2)—ソフトウェア処理方式, 情報処理学会第60回全国大会 5S-05 (2000.3).
- 24) ITU-T: Coding of speech at 8kbit/s using conjugate-structure algebraic-code-excited linear-prediction (CS-ACELP), ITU-T Recommendation G.729 (1996.3).
- 25) Agilent Technologies Inc.: <http://www.agilent.co.jp/>, Telegra VQT
- 26) 特集 VoIP 導入の機は熟したか, 日経コミュニケーションズ, p.78 (2000.6.5).
- 27) 宮内信仁ほか: ブロードバンド時代のインターネットに適した HTTP による VoIP 方式, 日本 VR 学会サイバースペースと仮想都市研究会, CSVC2001-13, pp.39-43,7 (2001.4.5).
- 28) Evers, T. and Schulzrinne, H.: Predicting Internet Telephony Call Setup Delay, *IPTel 2000 (First IP Telephony Workshop)*, Berlin (2000.4).

(平成 14 年 6 月 19 日受付)

(平成 14 年 12 月 3 日採録)



宮内 信仁(正会員)

昭和 36 年生. 昭和 60 年東京大学工学部精密機械工学科卒業. 同年三菱電機(株)入社. 情報処理関連の研究開発に従事. 平成 14 年関連会社アイピートーク(株)に outward.