

# リング方式による IP 電話会議の シミュレーション評価

山中裕司<sup>†</sup>

ネットワークの伝送容量の増加や、ブロードバンド化に伴い、IP 電話の普及が進んでいる。現在 IP 電話システムの多くは 1 対 1 の通話のみの利用にとどまっており、多者間通話システムは普及していない。現在利用されている多者間通話モデルには、中央処理モデルと全セッションモデルがあるが、特殊なサーバが必要であったり、ネットワークに膨大な負荷がかかるという課題がある。そこで、我々は会議に参加する端末の間で音声パケットをリング状にリレーさせることにより、サーバを使用せず、かつトラフィック量を抑えることができるリング方式の多者間通話方式を検討している。本稿では、ns-2 によるシミュレーション評価を行い、このリング方式が有用であることを証明した。

## Simulation Results of IP Conference Call using Ring Method

Yuji Yamanaka<sup>†</sup>

With the development of broadband and the increase of transmission capability, IP telephone is popularized in the world. But most of systems are still designed to communicate one by one. There are many technologic problems in the IP telephone conference. IP telephone conference has two kinds of method now. The first one is that using a server to mix the voice and send the mixed voice packets to the other terminals. The second one is that each terminal sends their voice packets to the others. The first kind of method can decrease the traffic. But it will increase the load of terminal. On the other hand, the second one needs not a server to mix the voice packets. But P2P communication causes the traffic increase. Then, we propose the telephone call method between multi people of the ring method that not only server is not needed, but also traffic can be suppressed. In this paper, I proved ring method to be useful by Simulation Results using ns-2.

### 1. はじめに

通信技術の発達に伴い、ADSL、CATV、FTTP などのブロードバンドの普及が進み、IP 電話の実用的な品質保証が可能になってきている。これに伴い、IP 電話の利用による通話料金の削減を期待して、家庭から企業まで IP 電話を導入し始めている。また、アプリケーションとの連携や、端末・サーバへの機能の追加により、様々な付加効果が見込めるもの

として期待されている。IP 電話を利用した多者間通話もその一つであり、現在、多くの ISP (Internet Service Provider) やベンダが多者間通話技術の開発に取り組んでいる。また、これまでは企業など特別な施設のみで利用されていたが、通信網をインターネットとして、PC と連携することで、いつでもどこでも手軽に利用できるようになり、多者間通話の利用範囲は大きく広がった。

しかし、このように手軽に利用できる多者

間通話技術を導入した IP 電話システムはまだ普及しているとは言えない。その原因として、ネットワークトラフィックの増加や、ミキシング処理を行う装置・端末にかかる負荷、高性能なサーバが必要であることなど、多者間通話の方式によって様々な課題が挙げられている。今後、多者間通話の利便性向上のために、このような課題を解決していくことが望ましいと考えられる。

現在、利用されている多者間通話の方式を大きく2つに分けると、中央処理方式と全セッション方式がある。中央処理方式はミキシング処理を受け持つサーバを必要とするが、発生トラフィックは比較的少ないので、企業や ISP の提供する IP 電話専用網など限定した場所の会議システムとしての利用に向いている。ただし、高い性能を持つミキシングサーバを必要とするため、気軽な会話程度の多者間通話には適していない。全セッション方式はサーバを必要とせず、場所や環境への柔軟性が高い。しかし、参加端末は全ての他端末とセッションを張るため、ネットワークトラフィックが膨大になり、ネットワーク上のルータへの負荷が大きくなるという課題がある。

そこで、我々は会議に参加する端末の間で音声パケットをリング状にリレーさせることにより、サーバの設置が不要な上、トラフィック量を抑えることができるリング方式による多者間通話を検討している。本稿では ns-2 によるシミュレーション評価を行い、この方式が有用なものであることを証明した。

以下、2 章では既存技術の概要と課題を説明し、3 章ではリング方式について説明する。4 章で全セッション方式とリング方式のシミュレーション評価を行う。最後に 5 章でまとめと今後の課題を述べる。

## 2. 多者間通話の既存技術

### 2.1 全セッション方式

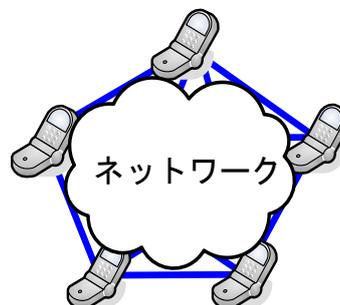


図 1 全セッション方式

全セッション方式の構成を図 1 に示す。この方式では、通話に参加する各端末は他の全参加端末に対してセッションを張る。会議は、ある端末が SIP などの呼制御を行って他の端末を呼びかけて開始させる。しかし、全ての端末が他の全端末とセッションを張るので、ネットワークに発生するパケット数は指数的に増加していく。この方式は単純で容易に多者間通話を実現することができ、サーバを必要とせず場所や環境への柔軟性が高いが、参加端末の数が多くなると、ネットワークトラフィックが膨大になり、ルータにも大きな負担をかけてしまうという課題がある。

### 2.2 中央処理方式

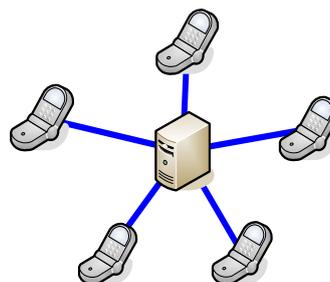


図 2 中央処理方式

中央処理方式の構成を図 2 に示す。この方式では各参加端末は中央処理サーバにセッションを張り、中央処理サーバは端末から送信

される音声ストリームをミキシングし、各端末へ返す。この方式の通信は各参加端末と中央処理サーバの間のセッションのみであるため、トラヒックは少なく抑えることができ、ほとんどの作業をサーバが処理するために、制御しやすいという利点がある。しかし、ミキシング処理のために高性能のサーバを必要とし、端末が増えるとサーバに大きな負荷がかかるため、利用できる端末数が制限されるという課題がある。

### 3. リング方式

以下に既存技術の課題を解決するリング方式について説明する。

#### 3.1 概要

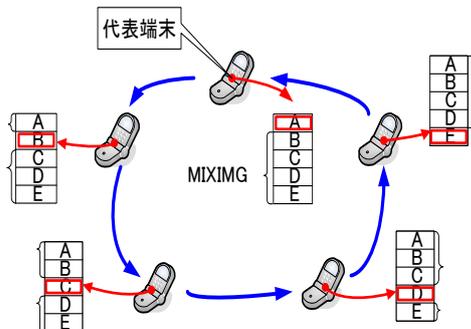


図3 リング方式の概要

図3にリング方式の概要を示す。リング方式では各端末が音声 packets を次の端末へリング状に転送していく。代表端末は各参加端末分のデータ領域を持つリレーパケットを生成し、音声データを自身の領域に書き込んでリング構造上の次の端末へ 20ms 間隔で送信する。リレーパケットを受信した各端末は、自分の領域に音声データを書き込み、次の端末へ中継する。中継後、受信したリレーパケットの自分の領域以外の音声をミキシングし、再生する。リングが一周してリレーパケットが返ってくると、代表端末は 20ms という時間間隔をもってリレーパケットを再送する。

各参加端末は他の全参加端末に対して定

期的に生存確認メッセージを送信することで、リング構造が保たれていることを監視するヘルスチェックを行う。

インターネットなどの信頼性の低いネットワークを介する場合、パケットロスによる影響を抑えるため、リングの代表端末同士を全セッション方式で結合することによって大規模化に対応する。

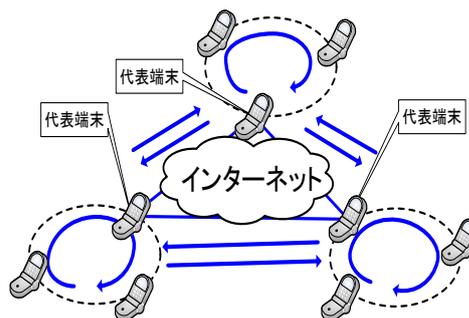


図4 リング方式同士の接続

図4にリング方式同士の接続を示す。リング方式で中継されたパケットが代表端末に届くと、他のネットワークの代表端末へ全セッション方式で中継する。それを受け取った他の代表端末はパケットを同一リングの全端末へ中継する。

#### 3.2 リング構成方法

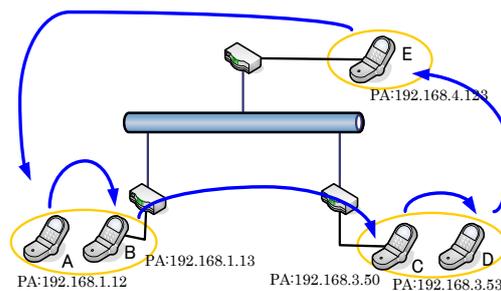


図5 リングの構成方法

図5にリングの構成方法を示す。リングの順番は IP アドレスの昇順でリレーするように構成する。このようにすることで、同一ネットワーク内の端末はリングの順番が隣り合

うことになり、冗長な経路になることを避けることができる。

### 3.3 リレーパケット

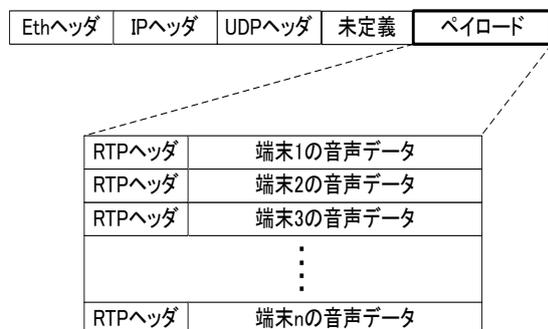


図6 リレーパケットのフォーマット

リング方式でネットワークに流れるリレーパケットのフォーマットを図6に示す。ペイロードの領域には各参加端末にそれぞれの領域を用意する。各端末の領域には RTP ヘッダと音声データが格納される。

### 3.4 ヘルスチェック

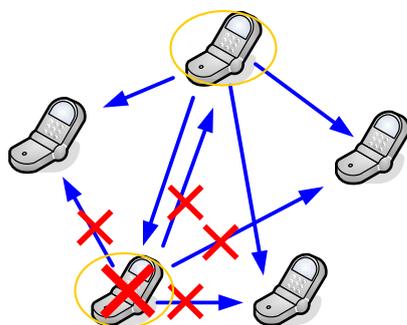


図7 ヘルスチェック

図7にヘルスチェックを示す。リング方式では、常にリング構造を保つために、各参加端末は一定時間毎に他の全参加端末に対して定期的に生存確認メッセージを送信し、各参加端末がリング状に生きていることを確認する。一定時間内に、特定の端末からヘルスチェックの packets を受信できない場合、その端末は正規以外の離脱として見なされ、新し

いリングを構成し、通話を継続する。

## 4. 評価

リング方式の有効性を示すため、ネットワークシミュレータ ns-2 を利用して、リング方式と全セッション方式で比較評価を行った。評価項目は 4.2 ルータを通るパケット数、ネットワーク全体のトラフィック量、4.3 TCP 通信へ与える影響、4.4 UDP 通信で背景負荷をかけたときのパケットロスとした。

なお、ns-2 の初期設定として、伝送路一本あたりの帯域幅は 100Mbps、遅延速度は 10us、LAN のアクセス制御方式は CSMA/CD、バッファでのパケット廃棄制御は Drop-Tail とし、そのキューサイズを 100 とした。

### 4.1 音声コーデックの種類

今回のシミュレーションでは G.711, G.726, G.729 の三つの音声コーデックを使用した。

G.711 は PCM 符号化方式で、IP 電話サービスで主に使われている。音声データサイズは 160Byte である。

G.726 は ADPCM 方式で、ほとんど品質を変えずにデータ量を G.711 の半分にまで削減できる。PHS サービスで主に使われている。音声データサイズは 80Byte である。

G.729 は CELP 符号化方式で、この三つの中では圧縮率は最も高い。しかし、圧縮処理が複雑で演算量が多いので遅延が発生する。携帯電話などで使われている。音声データサイズは 20Byte である。

### 4.2 ルータを通るパケット数、ネットワーク全体のトラフィック量

両方式のパケット数の違いがルータに与える影響を調べるためにルータを通るパケット数を測定した。また、リング方式は構造上パケット長が長くなるので、それがネットワークにどのような影響を与えるかトラフィック量を測定した。

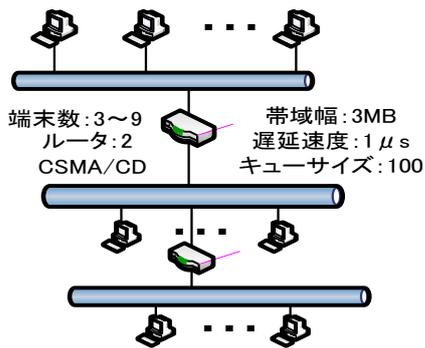


図 8 4.2 のネットワーク構成

図 8 に 4.2 のネットワーク構成を示す。三つのネットワークをそれぞれ二台のルータで繋ぎ、ネットワーク毎に端末を均等に 3~9 台配置する。リング方式では代表端末が UDP で一つのリレーパケット (42(MAC+IP+UDP ヘッダ)+(RTP ヘッダ+各音声コーデック 20ms 分の音声データ)\*端末数 Byte) をリング状に回す。ヘルスチェックは考慮していなかった。全セッション方式ではほぼ同時刻に全端末が他の全端末に向かって UDP パケット

(42(MAC+IP+UDP ヘッダ)+(RTP ヘッダ+各音声コーデック 20ms の音声データ) を送出する。各端末のパケット送出間隔は 20ms とした。端末数および音声コーデックを変化させ、全セッション、リング方式それぞれで 100 秒間の通信を行い、それぞれのルータを通るパケット数の平均およびネットワーク全体のトラフィック量を測定した。

ルータを通るパケット数を図 9、ネットワーク全体のトラフィック量を図 10 に示す。ルータを通るパケット数では、リング方式は最低限の経路しかたどらないので、ルータにかかる負荷はほぼ一定である。これに対して全セッション方式では、人数が増えるごとにルータにかかる負荷が大きく増加することがわかる。トラフィック量では各々のコーデックに於いてリング方式に有利な結果となっており、その差は人数が増える毎に顕著になっていることがわかる。

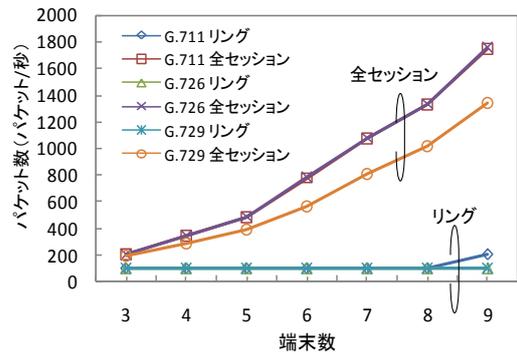


図 9 ルータを通るパケット数

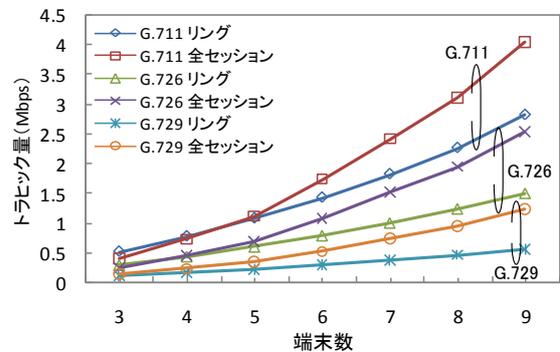


図 10 ネットワーク全体のトラフィック量

### 4.3 TCP 通信へ与える影響

両方式が他の通信に与える影響を調べるため、TCP 通信を行う端末のそばで全セッション、リング方式での通信を行い、TCP のスループットがどれだけ低下するか測定した。

図 81 に 4.3 のネットワーク構成を示す。

三つのネットワークをそれぞれ二台のルータで繋ぎ、ネットワーク毎の一台ずつあるスイッチングハブに端末を均等に 6~30 台配置する。さらに両端のネットワークのスイッチングハブにそれぞれ一台ずつ TCP 通信用の端末を配置し、ほぼ同時に TCP 通信とリング、全セッション方式での UDP 通信を開始させた。TCP 通信のパケットサイズは 1000Byte、

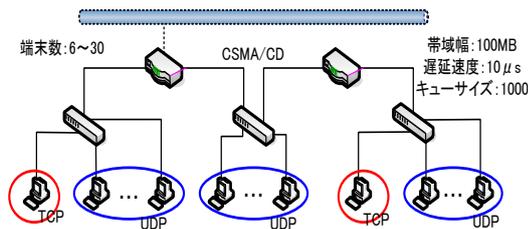


図 11.4.3 のネットワーク構成

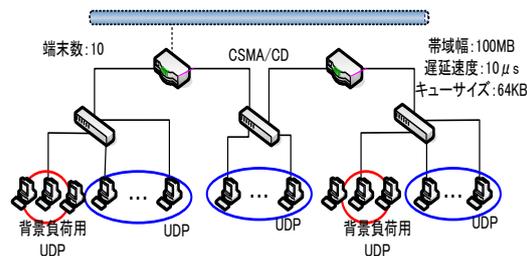


図 9.4.4 のネットワーク構成

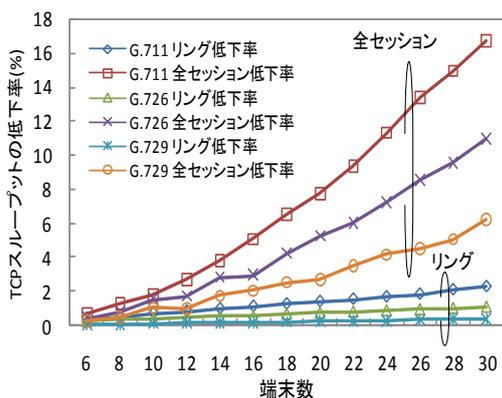


図 12 TCP スループットの低下率

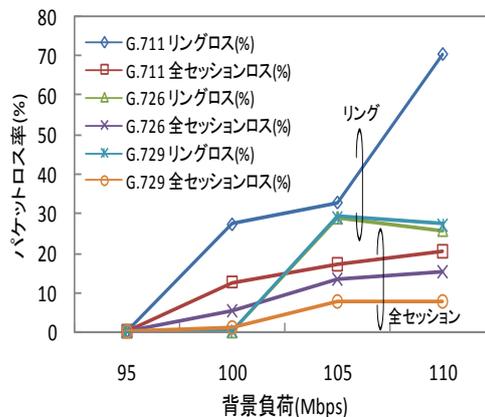


図 14 パケットロス率

TCP のバージョンは New Reno を使い、端末数、音声コーデックを変化させ 30 秒間の通信を行うことで、TCP 通信のみの 30 秒間と比べたときの TCP のスループットの低下率を測定した。TCP スループットの低下率を図 12 に示す。リング方式では 20ms に一回パケットが IP アドレス順にリレーされるだけなので TCP 通信にはほとんど影響を与えない。また、圧縮率が高いコーデックほど、より負荷を減らすことが出来た。全セッション方式では参加人数が増えるごとにトラヒックが膨大になり、大量のパケットがルータの大幅なキューイング遅延を引き起こし、高い負荷を与えるため TCP スループットが大きく低下した。人数・コーデック次第で他の通信にかなりの負荷を与えることがわかる。

#### 4.4 背景負荷をかけたときのパケットロス

4.3 とは逆に両方式が他の通信から受ける影響を調べるため、UDP 通信を行う端末のそばで全セッション、リング方式での通信を行い、両方式がどれだけパケットをロスするかを測定した。

図 10 に 4.4 のネットワーク構成を示す。三つのネットワークをそれぞれ二台のルータで繋ぎ、ネットワーク毎の一台ずつあるスイッチングハブに端末を均等に 10 台配置する。さらに両端のネットワークのスイッチングハブにそれぞれ三台ずつ三対の UDP 通信の端末を配置し、背景負荷として、三対の総トラヒック量が 95 Mbps ~ 110Mbps の UDP 通信による負荷をかける。この状態でリン

グ、全セッション方式による UDP 通信を 30 秒間測定し、両方式のペケットロス率を測定した。

リング、全セッション方式のペケットロス率を図 14 に示す。全セッション方式では負荷が増すとそれに比例してペケットロス率が上がるが、リング方式では負荷が一定の値を超えるとペケットロス率が急に上がった。これはリレーペケットを使って少ないペケットでトラヒックの増加を抑えるというリング型の特性によるものと考えられる。

#### 4.5 総評

表 1. 全セッション方式とリング方式の比較

	全セッション方式	リング方式
ペケット数	×	○
トラヒック	×	○
他通信に与える影響	△	○
ペケットロス	○	△

表 1 に全セッション方式とリング方式の比較を示す。4.2～4.4 のシミュレーションにより、リング型ではペケット数・トラヒックに関して有利であることが分かった。ただしトラヒックの限界付近では、ペケットロスの点では不利となることも分かった。以上の結果よりリング型にすることによって受ける恩恵は大きく、この研究の目的であった、リング型が他方式に比べて有利であることを示すことができた。

#### 5. まとめと今後の課題

本稿では音声ペケットをリング状に中継するリング方式において ns-2 によるシミュレーション評価を行った。その結果、リング方式の有効性が明らかとなった。今後はリング方式の実装を行い、検証と性能評価を行う。

#### 参考文献

- 1) The Network Simulator - ns-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- 2) Kundan Singh, Gautam Nair and Henning Schulzrinne.: Centralized Conferencing using SIP, Internet Telephony Workshop 2001 (2001).
- 3) 銭飛: NS2 によるネットワークシミュレーション, 森北出版 (2006).
- 4) 陳, 伊藤, 渡邊: 多者間通話方式の検討, 電子情報通信学会, 平成 17 年度 東海支部連合大会 2005 年 9 月
- 5) マッキーマイクソフト株式会社: 基礎から分かる TCP/IP SIP による VoIP プログラミング, オーム社 (2004).

#### 謝辞

本研究を行うに当たり、多大なるご指導・ご鞭撻を頂きました渡邊晃教授に心より感謝いたします。また、有益な助言及び検討を頂いた渡邊研究室の皆様に深く感謝します。