

# リング方式による IP 電話会議の検討

陳 華龍

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、本稿で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、サーバを使用しない上、トラフィック量を抑え、音声パケットの処理負荷を各端末に分散する多者間通話方式を検討した。

## Examination of IP Conference Call using Ring Method

Karyuu Tin

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. In this paper, the new method is proposed. Not only server is not needed, but also traffic can be suppressed. And the given details report the result compared with the existing methods.

### 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た。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、今まで企業など特別な施設のみで利用されているイメージが強かった多者間通話システムだが、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、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膨大な増加や、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、多者間通話のモデルごとに様々な課題が挙げられる。今後、IP 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モデルを大きく 2 つに分けると、中央処理モデルと全セッションモデルがある。

中央処理モデルはミキシング処理を受け持

つサーバを必要とするが、膨大なトラフィックを発生しないため、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。

全セッションモデル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る。

そこで、本稿では会議に参加する端末の間で音声データ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多者間通話方式を検討した。

以下、2章では中央処理モデルと全セッションモデルの概要と課題を説明し、3章では提案システムについて詳説し、4章で既存モデルと提案システムの比較、5章で評価を行う。最後に6章でまとめと今後の課題を述べる。

## 2. 既存技術の概要

### 2.1 中央処理モデル

中央処理モデルの構成を図1(右)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。このモデル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、トラフィックは大幅に軽減される。しかし、ミキシング処理のために高い性能を持つサーバを必要とし、利用する場所が制限される。

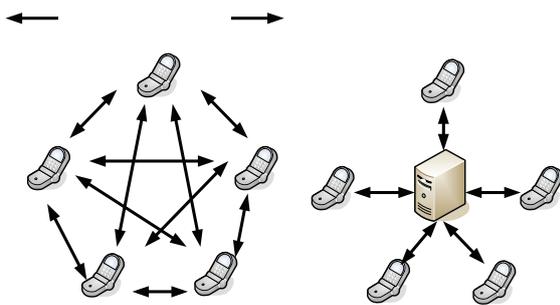


図1. 既存方式 (左) 全セッション  
(右) 中央処理

### 2.2 全セッションモデル

全セッションモデルの構成を図1(左)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 などの技術を用い、他の端末を呼びかけ、開始させる。しかし、P2P 通信により、ネットワークに一瞬に発生したパケッ

ト数は  $n*(n-1)$  の公式のように増加していく。このモデルは最も単純で容易に多者間通話を実現することができるが、参加端末の数が増え、ネットワークトラフィックが膨大になるという課題がある。

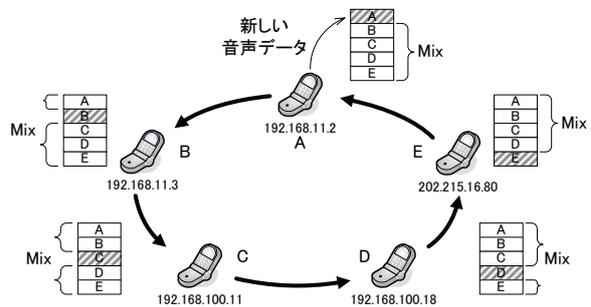


図2 提案システムの概要図

## 3. 提案システム

本稿では参加端末がリング状に音声データを回すことによって特殊なサーバを必要としない上、トラフィックを軽減できるリングモデルと呼ぶ新しい方式を検討した。

### 3.1 概要

図2に提案方式を示す。セッション開始には SIP (Session Initiation Protocol) を用いる。一番初めに通話を開始しようとする端末を親端末と呼ぶことにする。他の参加端末は親端末に対してセッション開始メッセージを送信、もしくは親端末から受信することで会議に参加する。

親端末は参加端末のセッション情報を収集すると参加端末をリング構造状に構成し、リング構造情報を端末に送信する。ダイヤルが終わると、親端末はリレーパケットをリング構造上の次の端末へ回す。リレーパケットには通話に参加するメンバ分だけ領域を用意する。各端末はリレーパケットを受信すると、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。その後、受信したリレーパケットの自分の領域以外の音声データをミキシングし、再生する。

リングは IP アドレス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。

各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。このメッセージを送信してこない端末は離脱したものと見なし、各端末は自律的に新しいリング構造を再生成する。

### 3. 2 リレーパケット

リングモデルで、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3に示す。

音声データの領域には各参加端末にそれぞれ専用領域を用意する。各端末の専用領域には RTP ヘッダと音声データが格納される。

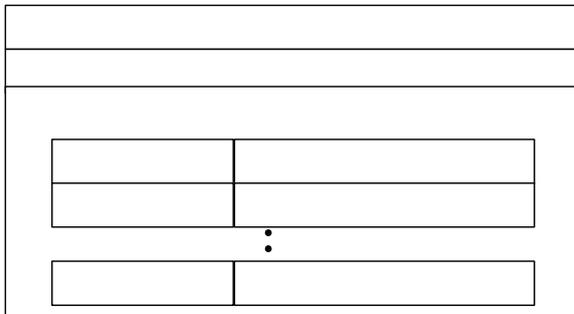


図3 リレーパケットのフォーマット

### 3. 3 ヘルスチェック

正規以外の離脱を防ぐため、ヘルスチェックを行う。リングモデルでは、常にリング構造を保つ必要がある。そこで、各端末は一定時間毎に全ての他の端末にヘルスチェックを行い、各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パケットを受信できない場合、その端末は正規以外離脱と見なされ、新しいパケットを構成し、通話を継続する。

### 4. 既存モデルとの比較

ここでは同一のネットワークに5個端末が会議を行うと仮定する。3つの符号化方式（G.711PCM, G.726ADPCM, G.729CS-ACELP）について各モデルを比較した。

#### 4. 1 パケット数

3つコーディング方式とも1秒毎50回パケットを発生することより、以下の結果が得られる。

全セッションモデルでは、各端末間で P2P 通信しているので、一瞬にネットワークに発生するパケット数は  $n*(n-1)$  である。だから、1秒毎のパケット数は  $5*4*50=1000$  個である。

中央処理モデルでは、各端末とサーバ間で通信するので、一瞬にネットワークに発生するパケット数は  $n*2$  である。だから、1秒毎のパケット数は  $5*2*50=500$  個である。

リングモデルでは、各端末の音声データを纏めたりレーパケットでネットワークにリレー

させるから、1個リレーパケットがネットワークに5回中継する必要がある。1秒毎に親端末からリレーパケットの発生数は50個しかない。それより、1秒毎にネットワークに流れたリレーパケット数は  $5*50=250$  個である。

パケット数を比較し、リングモデルのほうが一番小さいことがわかった。パケット数が少なくなると、ルータなどの設備に通すとき、設備に負荷を軽減できる利点がある。

#### 4. 2 パケット長

カプセル化したパケットはコーディング方式により、音声データのサイズがそれぞれなのに、ETH ヘッダと IP ヘッダと UDP ヘッダと RTP ヘッダの長さが 14,20,8,12 バイトで固定である。

それぞれの方式のパケット構造により、全セッションモデルと中央処理モデルとリングモデルの IP ヘッダの比較結果は図4に示す。

リングモデルには各端末の音声データを纏めるために、データ領域が大きくなるので、パケット全体のサイズが大きくなる。

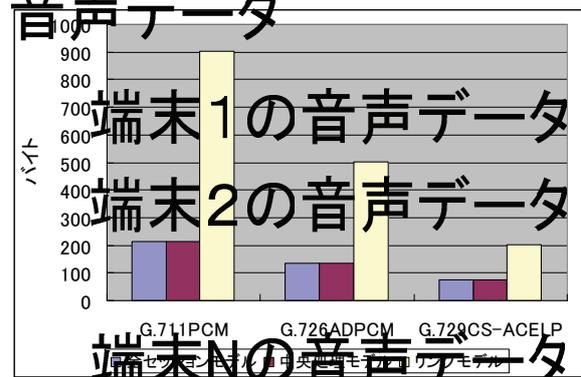


図4 各モデルのパケット長の比較

#### 4. 3 トラフィック量

公式1より全セッションモデルと中央処理モデルのトラフィック量が得られる。

$$(公式1) \quad \text{パケット長} * \text{パケット数/秒} = \text{トラフィック量/秒}$$

しかし、リングモデルにはその公式に満たさない。リングモデルでは、リレーパケットを一周に回すので、発信元の音声データを元に戻る。そうすると、無駄なトラフィック量が発生する。それ問題を解決するために、リレーパケットにある音声の発生元はリレー先と同じならば、その音声データを削除することになる。実際にネ

ネットワークで流れるデータは図5に示す。

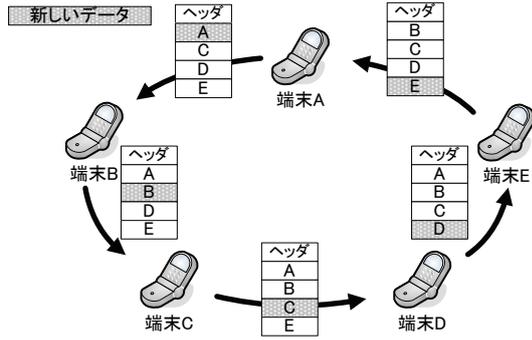


図5 リングモデルでのパケットの流れ  
トラヒック量の比較結果は図5に示す。

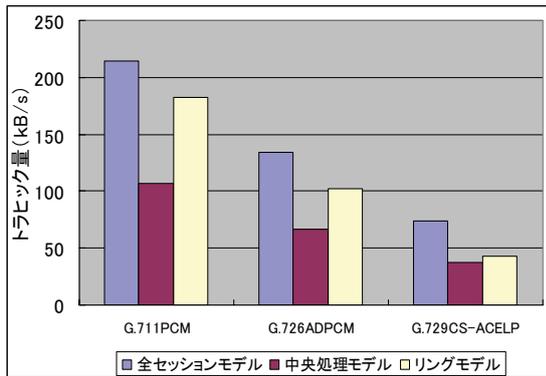


図6 各モデルのトラヒック量の比較

図6から見ると、端末が5個の場合は、中央処理モデルのトラヒック量が一番小さいことは一目瞭然である。しかし、リングモデルのトラヒック量は全セッションモデルと比べ、少ないことがわかった。ただし、コーディング方式G.729CS-ACELPを採用際、リングモデルのトラヒック量はトラヒック量が一番小さい中央処理モデルと比べ、ほぼ同じである。

リレーパケットの長さが一番大きいのに、纏めて転送するので、効率が高いし、リング構造により、冗長な経路になることを避けることができるので、トラヒック量を抑えることができる。

#### 4.4 遅延

遅延は声が相手に届くまでにかかる時間のこと。アナログの音声をデジタルデータに変換して、IPパケットに詰め込み、インターネット上で転送。そして、相手のパソコン上でIPパケットからデータを取り出し、デジタルデータから音声を再生するという一連の処理にかかる時間のことである。遅延の大きさはモデルの有効性に対し、大きい影響がある。

音声の遅延には、さまざまな発生原因がある。たとえば、話者の音声が入りに到達するまでに、

音声のデジタル変換、圧縮、パケット分割、転送、ルータによるルーティング中継、転送、パケット組み立て、音声解凍、アナログ変換などのさまざまな工程が存在する。また、IPネットワーク上のトラヒック量が過剰な状態の場合、ジッタが発生することから、これを吸収するための遅延は、時に大きなものとなっていた。しかし、ここではジッタによる発生した遅延を考慮していない。ただし、IP電話会議の遅延に大きく影響を及ぼすのは大体4つ処理により、発生する。それはコーディング処理、エンコード処理、ミキシング処理と転送時間である。パケットはネットワークで流れるとき、遅延が相当に小さい。しかし、ミキシング処理により発生する遅延は多い。ここでは、ASW方式を使用し、ミキシング処理を行う。その方式実際の効率率は表1に示す。各モデル遅延の発生は図7、8、9に示す。



図7 全セッション遅延の発生

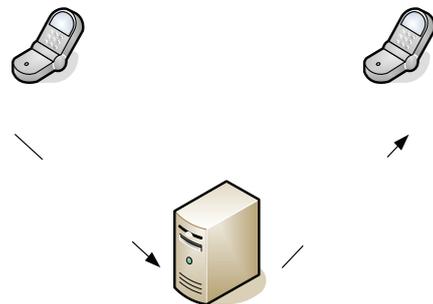


図8 中央処理モデル遅延の発生

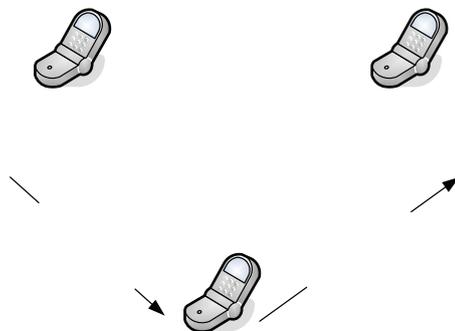


図9 リングモデル遅延の発生

表 1 ASW 方式でミキシング時間

端末数	3	6	9	12	15
時間 ms	0.652	1.046	1.599	2.068	2.635

図から見ると、全セッションモデルと中央処理モデルの遅延は全ての処理時間を足し合わせたものだから、各端末間の遅延は一定である。しかし、リングモデルの遅延には、ある端末の音声を他の端末まで届く時間が、リング状にある順番により、遅延時間がそれぞれである。受信する端末と送信する端末の間に経路が長ければ長いほど、遅延が大きくなる。そのために、会議に参加する端末数が増えれば増えるほど、遅延が多くなるという課題を生じてしまった。

リングモデルでは、各端末がリレーパケットを転送した上で、音声処理するから、全体の遅延が多少に減少できる。

ここでは、端末数が 3、6、9、12、15 個で、各コーディング方式について、各モデルを比較した結果を図に示す。

a) 音声コード G.711PCM の 64kbps の結果は表 2 と図 10 に示す。

PCM 符号化方式である G.711 デジタル符号の音声は、聴感的に正しく再生するために、音声の振幅を 14 ビットのデータで表現している。アナログ音声信号を圧縮しないでデジタル化すると 14 ビットのデータ量になるが、これを 8 ビットまで圧縮する。音声専用の IP 網を構築している IP 電話サービスが、主に G.711 を使っている。

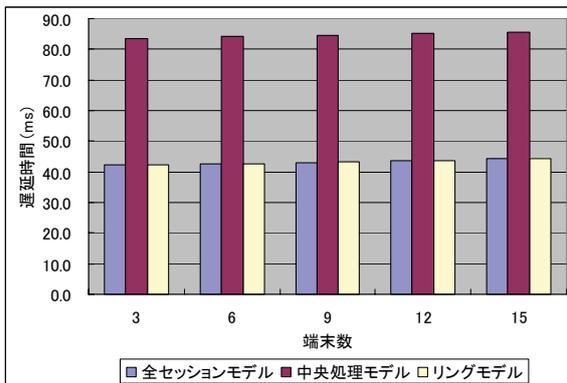


図 10 G.711PCM 64kbps 遅延比較

表 2 G.711 の 64kbps の各モデルの遅延表

端末数 (個)	ミキシング時間 (ms)	コーディング時間 (ms)	全セッション遅延 (ms)	中央処理遅延 (ms)	リレー方式遅延 (ms)
3	0.652	20.75	42.2	83.7	42.4
6	1.046		42.6	84.1	42.8
9	1.599		43.1	84.6	43.3
12	2.068		43.6	85.1	43.8
15	2.634		44.2	85.7	44.4

b) 音声コード G.726ADPCM の 32kbps の結果は表 3 と図 11 に示す。

ADPCM 方式の G.726 は、予測符号化と呼ぶ。この方式は、これまでの入力信号を分析して現在の入力信号を予測し、の予測誤差だけを情報として送ることで、情報量を圧縮する。G.726 は、16k、24k、32k、40k ビット/秒の 4 段階に圧縮する方式を規定している。

このうち、32k ビット/秒に圧縮する方式が最もよく使われている。この場合、音声の振幅を 4 ビットのデータ量で表現する。ほとんど品質を変えずに、データ量を G.711 の半分にできる。G.726 における 32k ビット/秒への圧縮方式は、主に PHS サービスで採用されている。

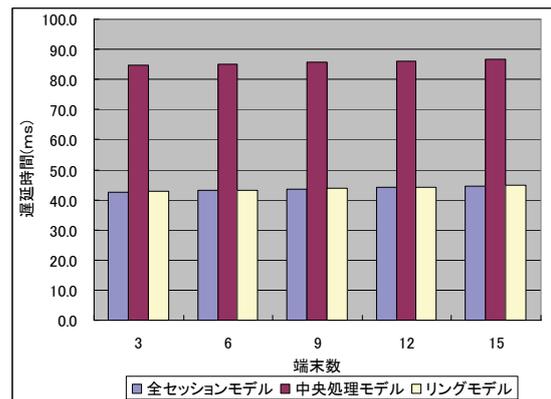


図 11 G.726ADPCM 32kbps 遅延比較

表3 G.726ADPCM の 64kbps の各モデルの遅延表

端末数 (個)	ミキシング時間 (ms)	コーディング時間 (ms)	全セッション遅延 (ms)	中央処理遅延 (ms)	リレー方式遅延 (ms)
3	0.652	21	42.7	84.7	42.8
6	1.046		43.1	85.1	43.2
9	1.599		43.6	85.6	43.7
12	2.068		44.1	86.1	44.2
15	2.634		44.6	86.7	44.8

c) 音声コード G.729CS-ACELP の 8 kbps の結果は表 4 と図 12 に示す。

CELP 符号化方式を使う G.729CELP 符号化は、人の発声機構を電氣的にモデル化し、音声の情報量を圧縮する。圧縮率は 3 方式の中では最も高くなる。圧縮処理が複雑で演算量が多くなる。64k ビット/秒の PCM 符号化した音声から 10k ビット/秒以下に圧縮した場合、さすがに音質は劣化するが、通話に支障はない。

限られた帯域を有効活用しなければならない携帯電話や、企業の内線電話を IP 化する場合に、CELP がよく使われる。また、以前インターネット電話で利用されていた G.723.1 も CELP 符号化方式である。

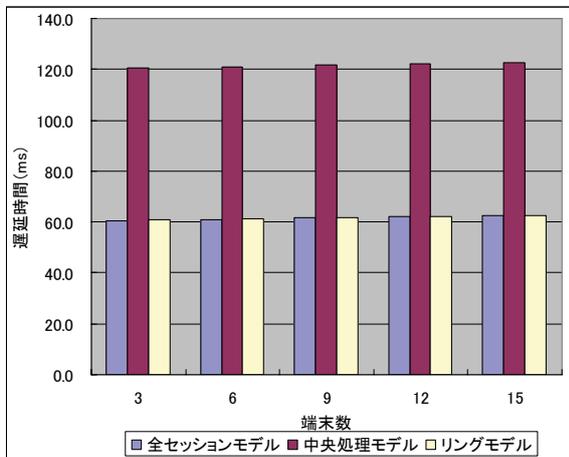


図 12 G.729CS-ACELP 8kbps 遅延

各図の比較した結果から見ると、中央処理モデルはサーバで行った処理時間がかかるので、遅延が一番多い。今回提案したリングモデルの遅延はほぼ全セッションモデルと同じことがわかった。

表 4 G.729CS-ACELP の 8 kbps 各モデルの遅延表

端末数 (個)	ミキシング時間 (ms)	コーディング時間 (ms)	全セッション遅延 (ms)	中央処理遅延 (ms)	リレー方式遅延 (ms)
3	0.652	30	60.7	120.7	60.7
6	1.046		61.1	121.1	61.1
9	1.599		61.6	121.6	61.7
12	2.068		62.1	122.1	62.1
15	2.634		62.6	122.6	62.7

以上は同一のネットワークにある端末で会議を行うために、ルータやゲートウェイやプロキシなど装置を介してない。実際に、インターネットで電話会議を行うとき、それぞれの端末は違うネットワークにある場合が多いである。そういう場合はリングモデルで会議を行う構造図が図 13 に示す。

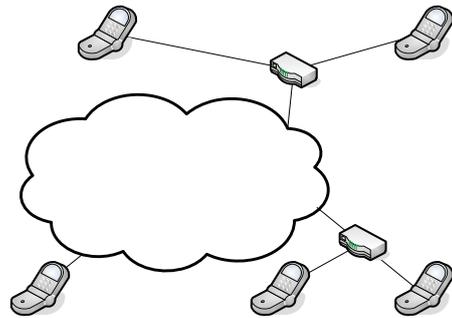


図 13 インターネットにリングモデルの構造

その場合は、各ネットワークの状況とネットワーク間の各ルータの使用率により、余計な遅延を発生する。

ルータの転送待ち時間は公式 2 に示す。

公式 2

a: 1 秒間ルータが WAN 回線に送出できるパケット数

b: WAN 回線の使用率

転送待ち時間  $T_w = b / (1 - b) \times (1 / a)$

例えば WAN 回線帯域 64kbps, 平均パケットサイズ 64byte,

$a = (64000 \text{ bit/s}) / (64 \text{ byte} \times 8) = 125$  個

回線平均使用率 50% の場合,  $T_w = 8 \text{ ms}$

回線平均使用率 90% の場合,  $T_w = 72 \text{ ms}$

回線平均使用率 95% の場合,  $T_w = 152 \text{ ms}$

公式 2 により、リングモデルのリレーパケット長は 888byte とし、100mbps BASE の WAN 回線の使用率が 50% から 90% まで、転送待ち時

間は表 5 に示す。

表 5 ルータの転送待ち時間

ルータ使用率	50%	60%	70%	80%	90%
送待ち時間 $\mu$ s	71.04	106.56	165.76	284.16	639.36

普段、端末とインターネット間にルータの個数は 10 ぐらいとし、コーディング方式が G.711PCM とし、リングモデルの遅延は図 14 に示す。

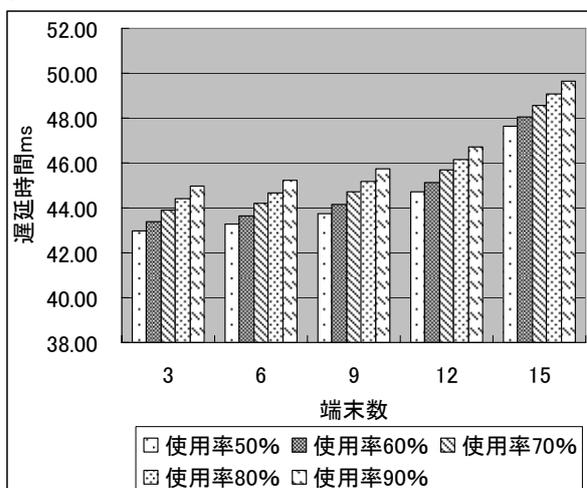


図 14 リングモデルの遅延(ルータがある)

遅延は同一のネットワークのとき、ほとんど変わらないことがわかってきた。

遅延はパケットのタイミングが遅れることで、電話の場合は互いの会話中に間が空く状態になる。一般に遅延時間が 150ms(ミリ秒 = 1000 分の 1 秒)を超えると音声通話が成立しにくくなるといわれている。一般の固定電話で遅延時間が 20~30ms 程度、携帯電話で 50~100ms 程度、IP 電話で 200ms 以下程度である。それ以上、電話と認められない。上の遅延時間から見ると、リングモデルの遅延時間は全部 100ms 以下であることがわかった。

## 5. 評価

各モデルを比較した結果を表 6 に示す。ただし、この比較は経路上にあるルータなどによる遅延の発生とヘルスチェックパケットの影響は考慮していない。

表 6 各モデルの比較

	全セッション	中央処理	リング
パケット数			
トラヒック			
遅延			
制御			
サーバ	不要	必要	不要

リングモデルはヘルスチェックのため制御が若干複雑になる。しかし、音声データを 1 つのパケットにまとめてリレーするため、パケット数が少なくなる。それと同時に、音声データに付加するヘッダの分だけ転送データ量を削減することができ、トラヒック量は少ない。パケットのリレーによる遅延は中央処理型のミキシングサーバが行うコーデック・パケット化処理と比べて小さいので、リングモデルの遅延は小さい。ただし、リングモデルはルータなどで遅延やパケットロスが発生している場合、全ての参加端末に影響するという課題がある。また、リングモデルはヘルスチェックのためパケットが発生するため、ヘルスチェックパケットの占めるトラヒック量によっては合計トラヒック量が全セッションを上回る場合も考えられる。このため、最も効率の良いヘルスチェックの検討が必要である。

## 6. まとめと今後の課題

本稿ではリングモデルによる多者間 IP 電話を提案した。今後解決すべき課題としては、リング上に適切な伝送速度、またはパケットロスを保てないネットワークに接続する端末が参加している場合の対処、ヘルスチェックの効率化が挙げられる。今後は実装を行い、検証と性能評価を行う。

## 参考資料

- [1] Fan Xing Journal of Software 2005/16/(01)108-115  
「Fast Real-Time Adaptive Audio Mixing Schemes in  
Multimedia Conferencing」
- [2] 米田 心文 「IP 電話でわかる」 P72-P104
- [3] 松田 次博 「広域イーサネット / IP 電話の高度  
利用」 P445 - P468
- [4] Cisco IP:7934 「voice over IP per call bandwidth  
consumption」 (<http://www.cisco.com>)
- [5] VOIP ソリューションセミナー  
  
<http://home.highway.ne.jp/takayuki/>
- [6] IP 電話の基礎  
  
[http://itpro.nikkeibp.co.jp/denwa/bn/bnsearch.jsp?OFFS  
ET=0&MAXCNT=15&BID=1054](http://itpro.nikkeibp.co.jp/denwa/bn/bnsearch.jsp?OFFS<br/>ET=0&MAXCNT=15&BID=1054)
- [7] 小泉 修 「VoIP のすべて」 P320-P354
- [8] Jonathan Davidson ・ James Peters 「VoIP 基本ガイド」  
P138-P206
- [9] Gonzalo Camarillo 「SIP 入門」 P230-P234

# リング方式によるIP電話会議の検討

Examination of IP Conference Call  
using Ring Method

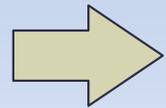
陳 華龍

11302J074

渡邊研究室

# 背景

- ・ブロードバンドの普及によるIP電話実用
- ・低価格による家庭から企業までIP電話の普及

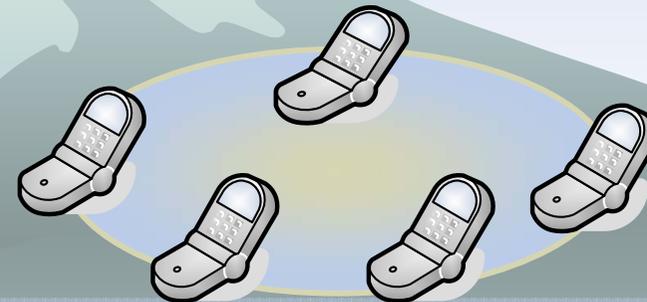


多くのシステムが一對一の通話機能に留まっており，多者間通話を実装するシステムは少ない

一對一の通話



多者間通話



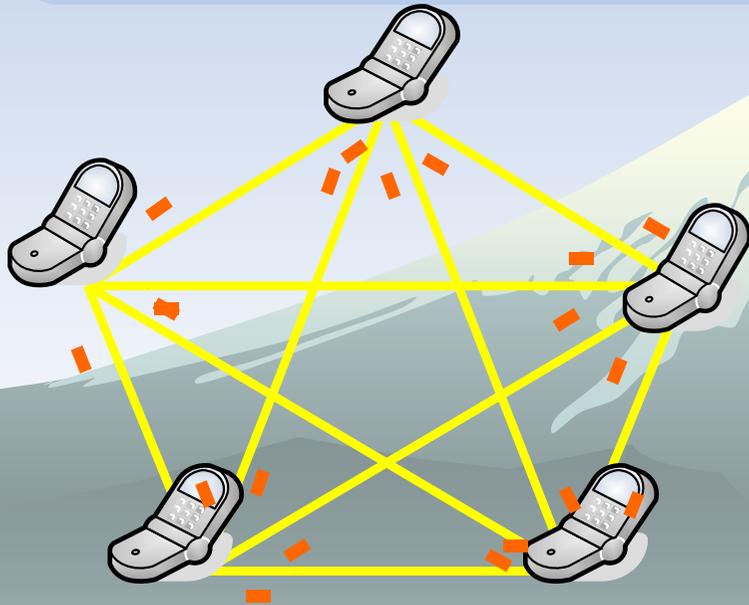
## ◆ 多者間通話の課題

- ❖ 複数端末の通話参加によるネットワークトラヒックの増加
- ❖ 音声をまとめる(ミキシングする)装置にかかる負荷

# 既存方式

## 全セッション型

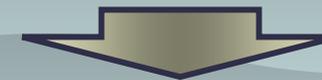
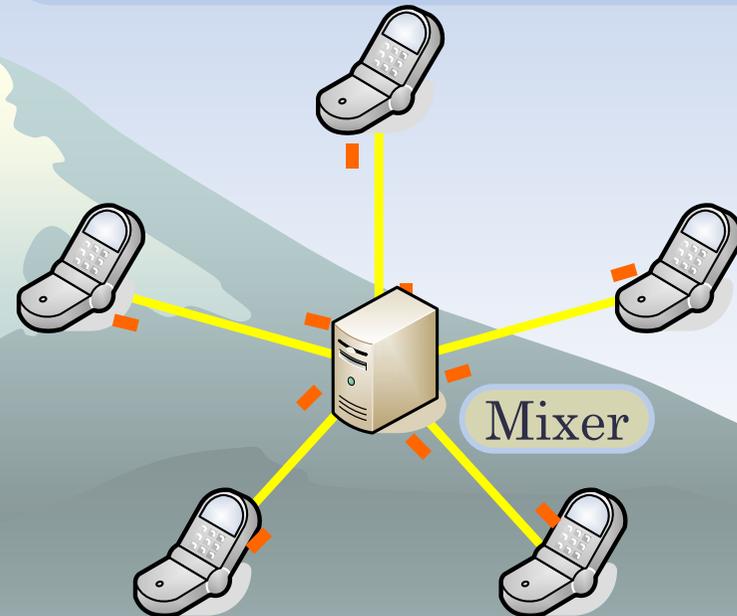
各端末がピアツーピアで  
全ての他端末と通信する  
(SKYPE)



トラフィックの増加

## 中央処理型

中央のサーバが音声データ  
のミキシング処理を行う  
(YAHOO MESSAGER)



サーバに負荷

# 提案方式

## システムの目的

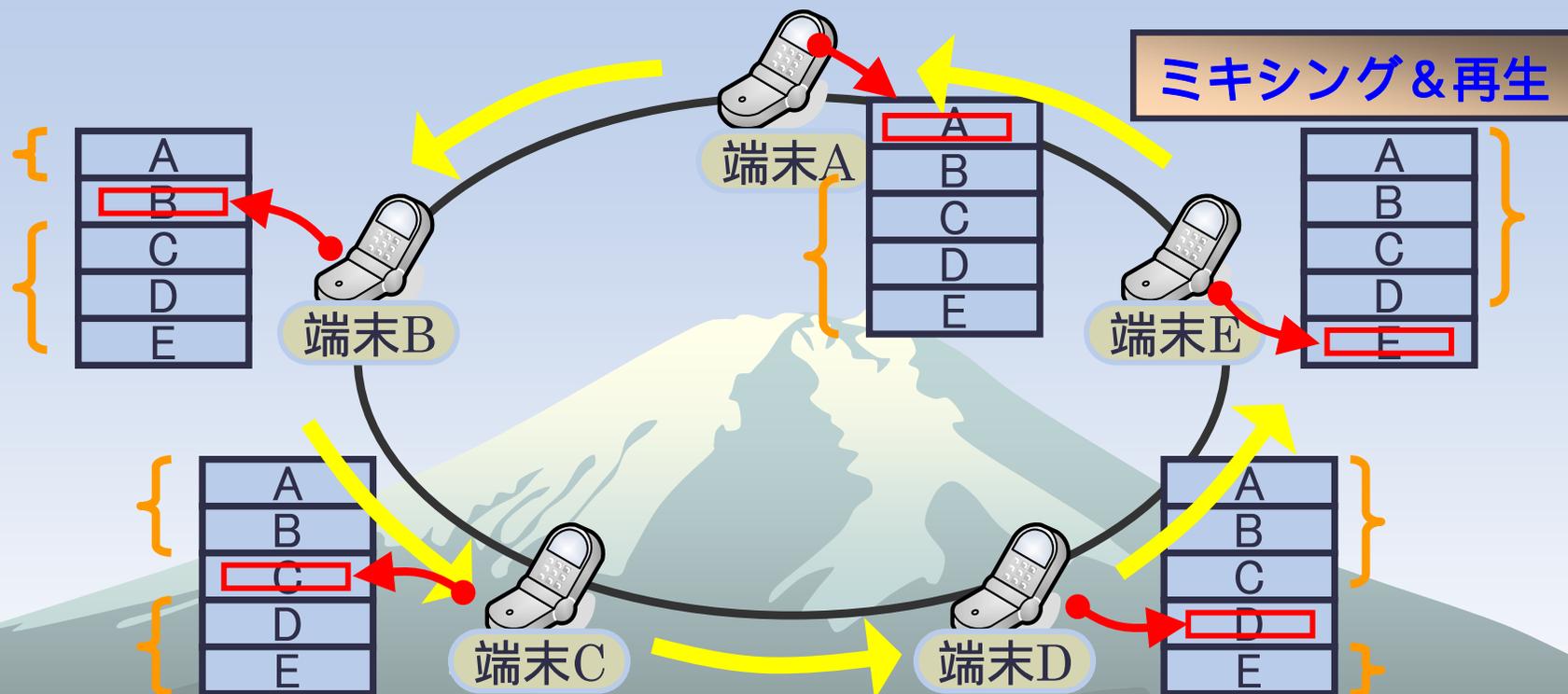
- ◆ 特殊なサーバを必要としない
- ◆ ネットワーク上のトラフィックを抑える



## リング型構造の多者間通話方式

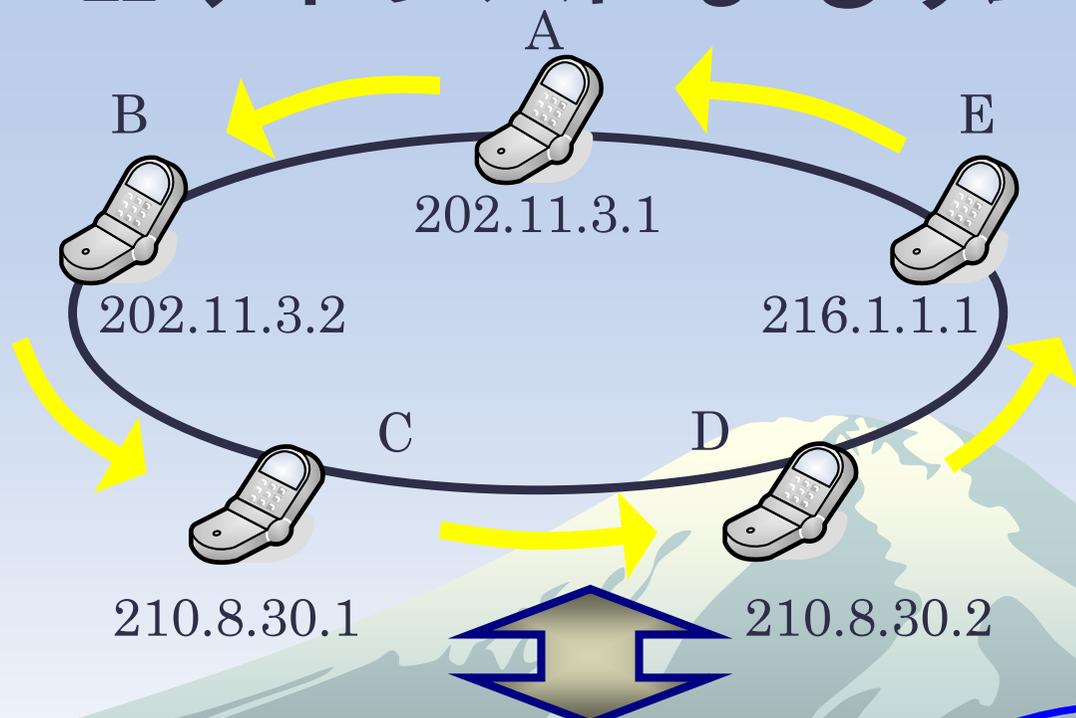
一つの PACKET に参加端末の音声データ領域を用意し、  
PACKET をリング状に構成した端末間でリレーする

# 提案システムの概要



- ◆ 端末AはSIPで各端末を呼びかけ会議を開始させる
- ◆ 端末Aは各端末のデータ領域を持つリレーパケットを生成
- ◆ 音声データを該当する領域に書き込み中継する
- ◆ 音声の入っている領域をミキシングしてから再生する

# IPアドレスによるリング構造生成



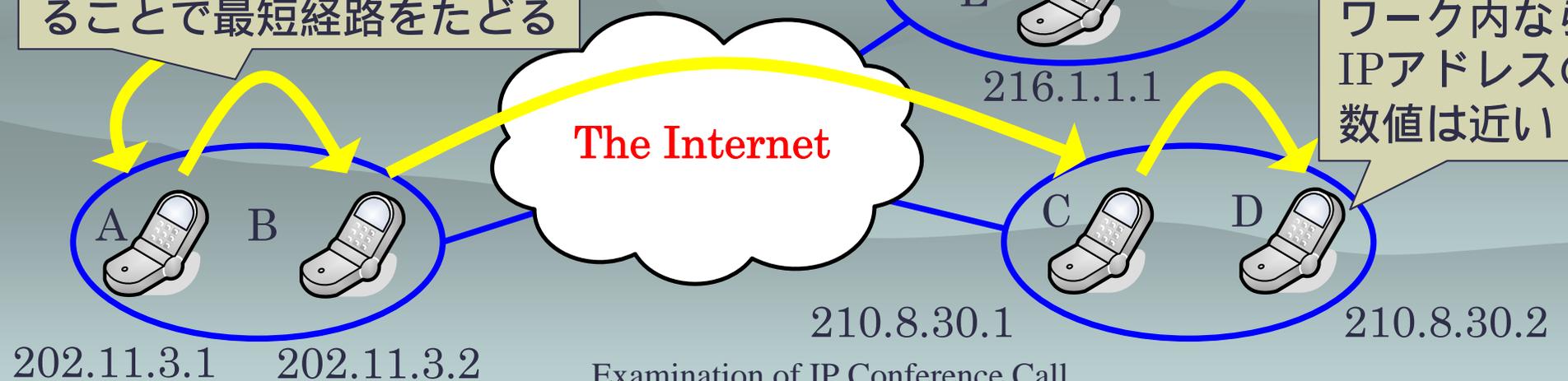
IPアドレスの小さい順に並べてリング構造を作る

- A 202.11.3.1
- B 202.11.3.2
- C 210.8.30.1
- D 210.8.30.2
- E 216.1.1.1



IPアドレス順にリレーすることで最短経路をたどる

同じネットワーク内ならIPアドレスの数値は近い



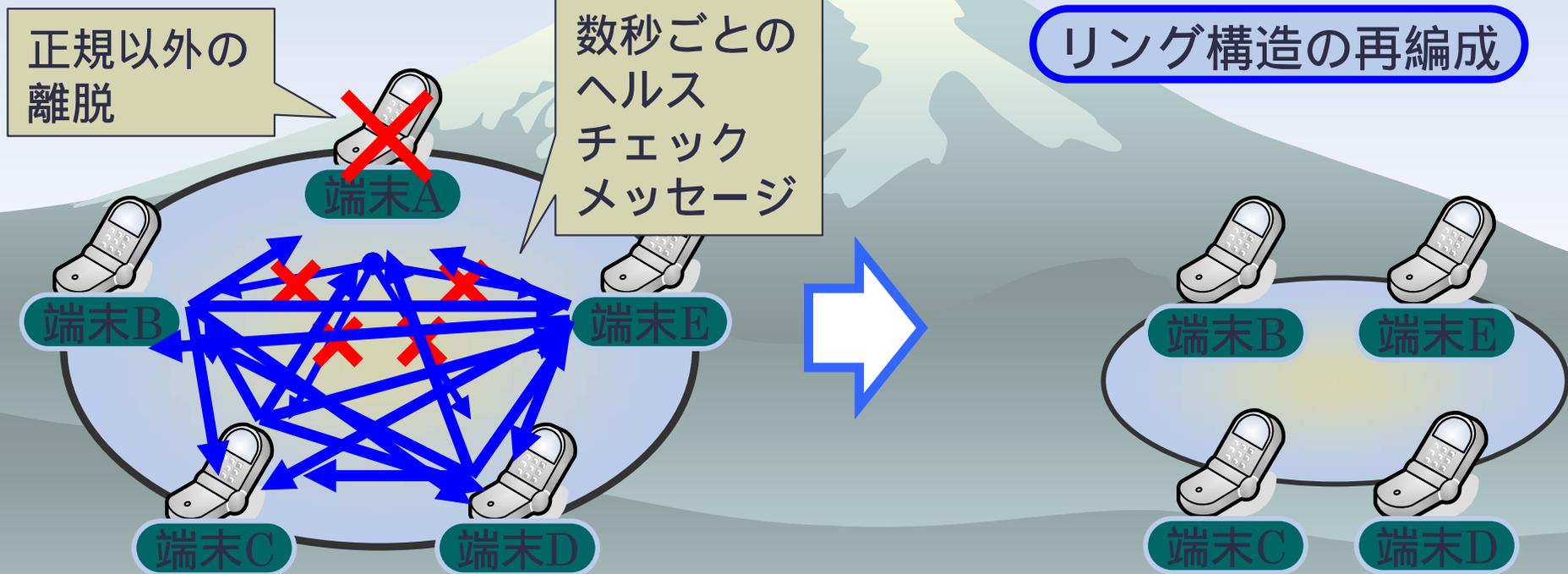
Examination of IP Conference Call using Ring Method

# ヘルスチェック

## 異常の発生



端末がシグナルによる正規以外の離脱を行うときの対処など、  
端末の状態を通知し合う必要がある。

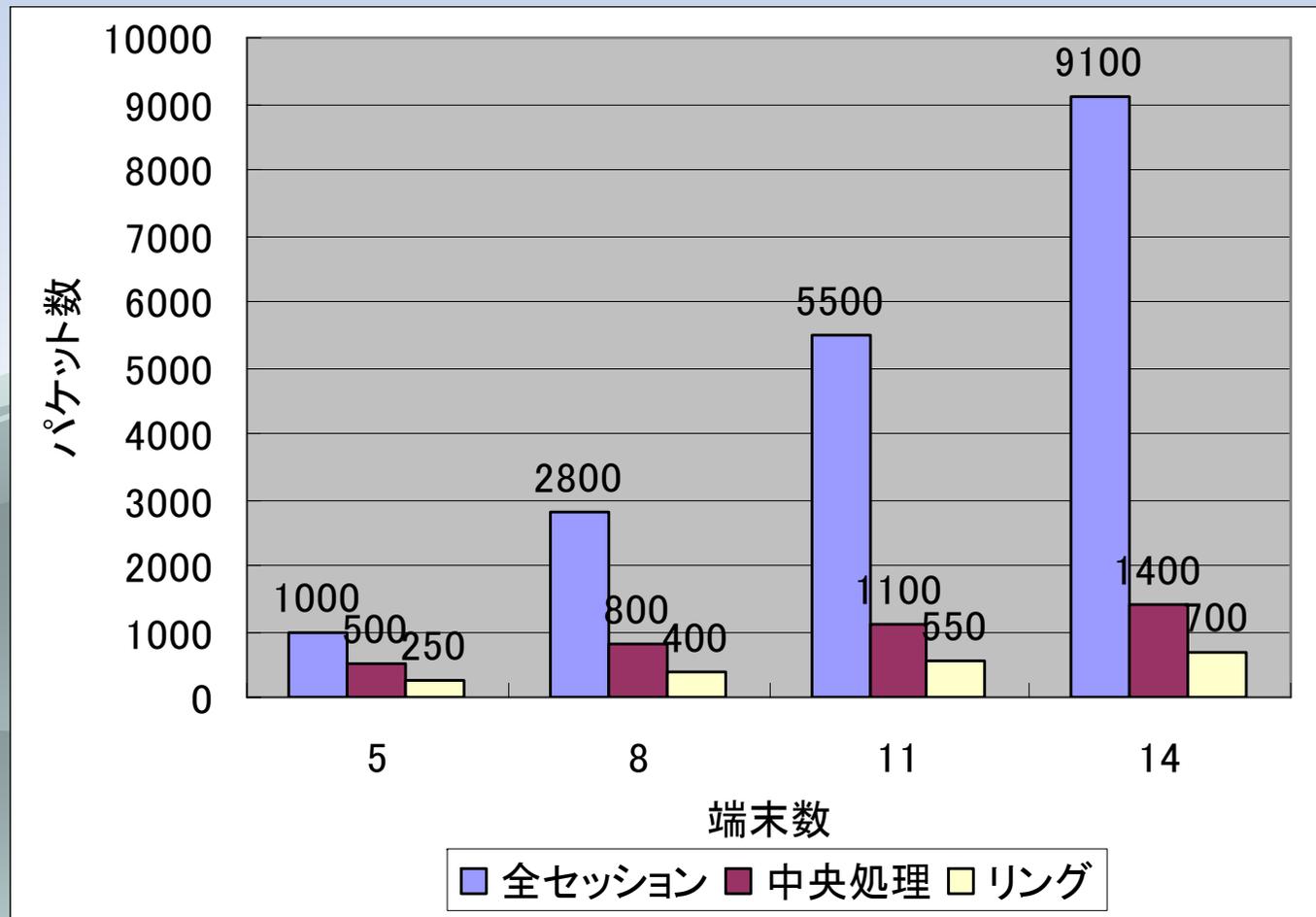


# 評価

- ◆ パケット数
- ◆ トラフィック量
- ◆ 遅延
- ◆ 制御
- ◆ サーバの必要性

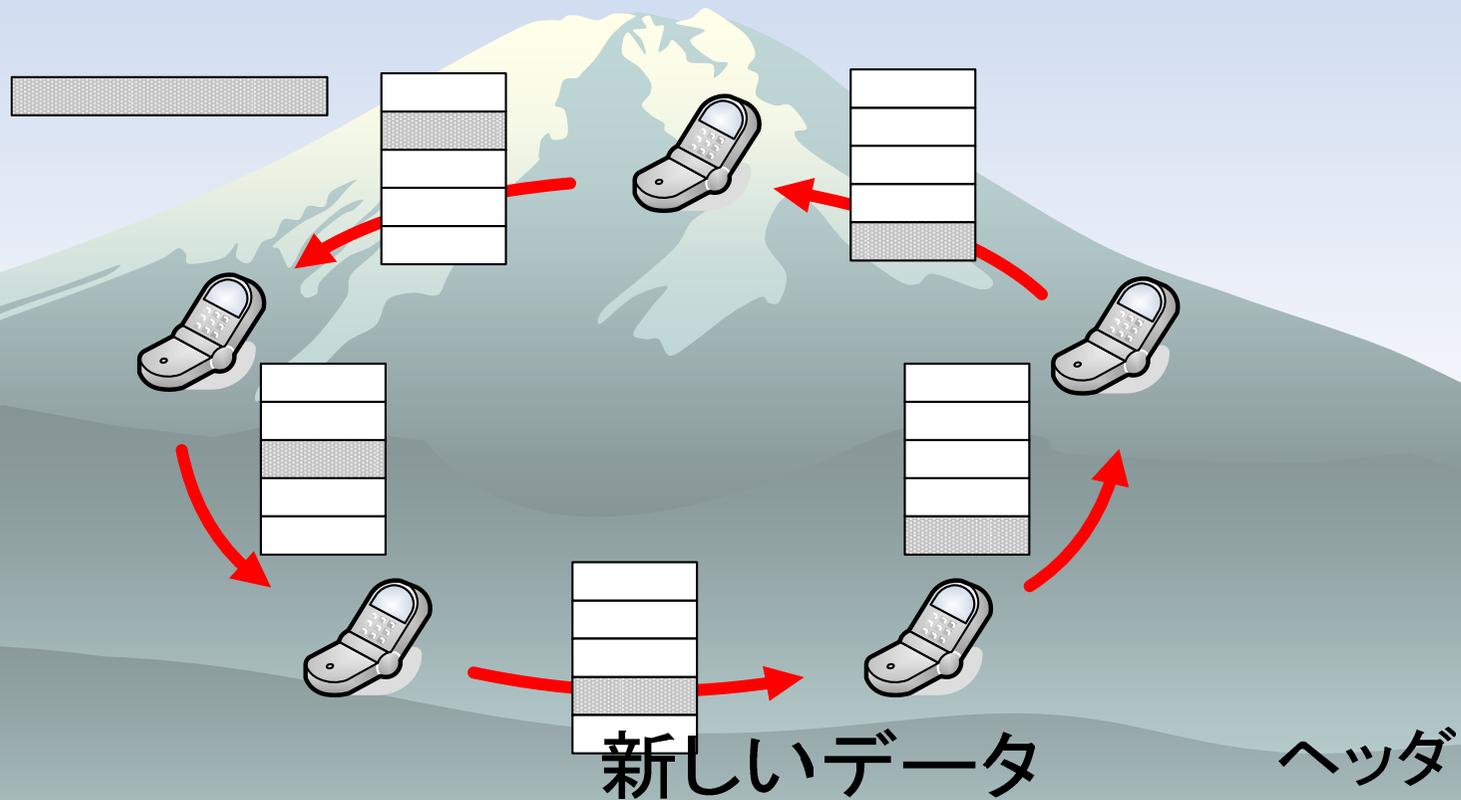
# パケット数

G.711PCMを使うので、1秒毎に50つ160byteの音声データを発生する。



# トラフィック量1

公式:  $\text{トラフィック量/秒} = \text{パケット長} * \text{パケット数/秒}$

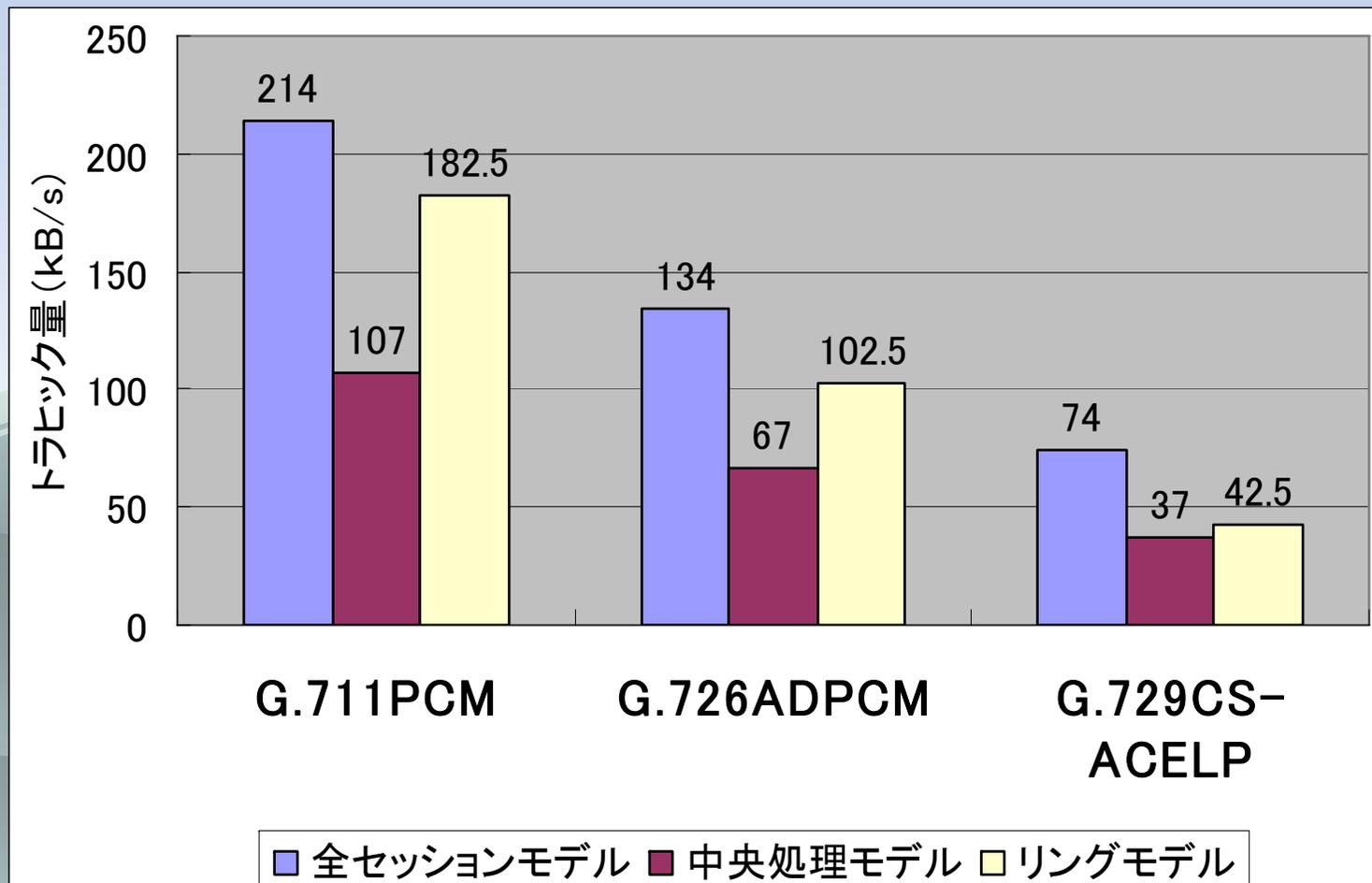


Examination of IP Conference Call  
using Ring Method

A  
C  
D

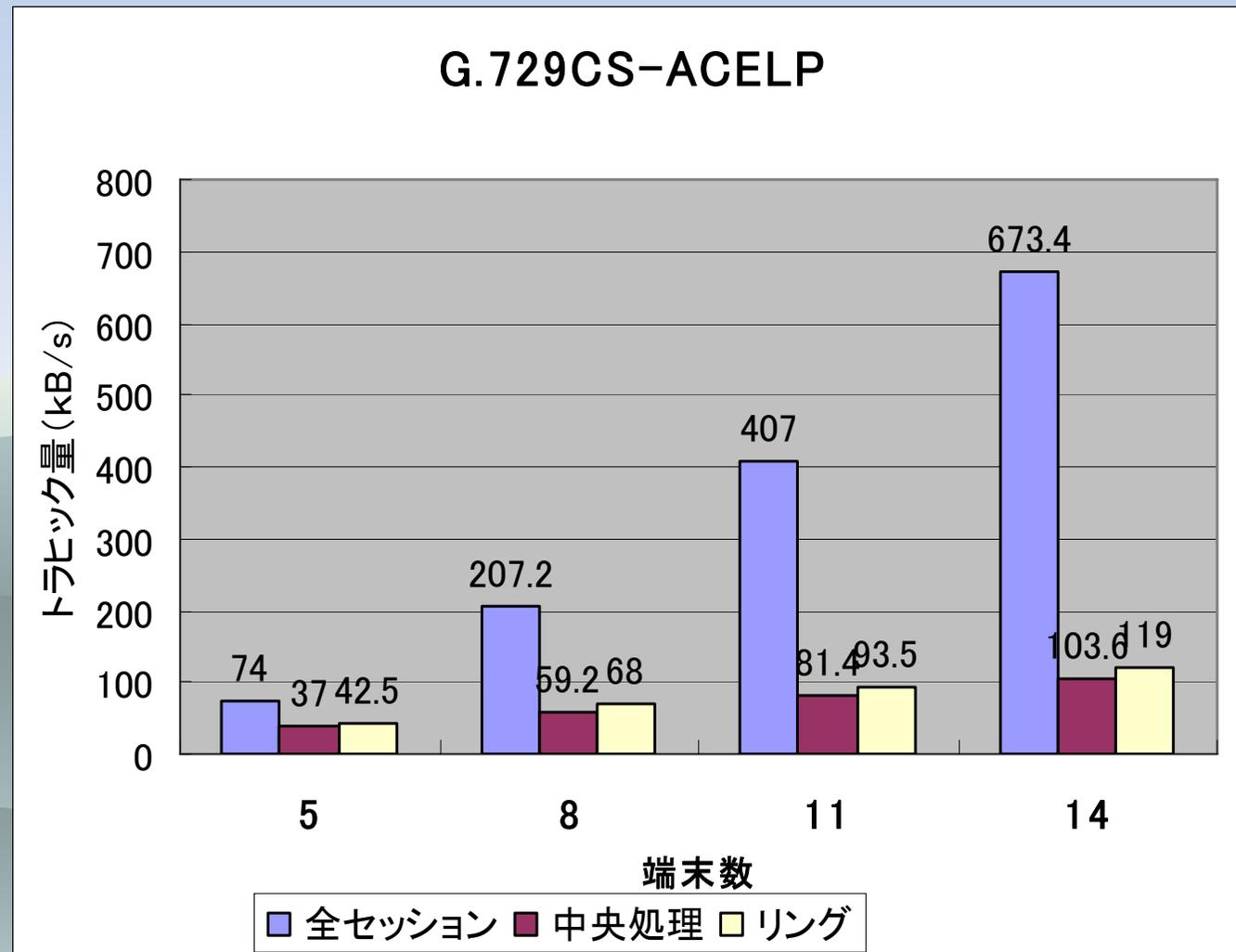
# トラヒック量2

端末5台  
による発生した音声パケットのトラヒック量



# トラヒック量3

音声コードは G.729CS-ACELP を採用する場合は、端末数が増えれば、各モデルのトラヒック量が図に示す。

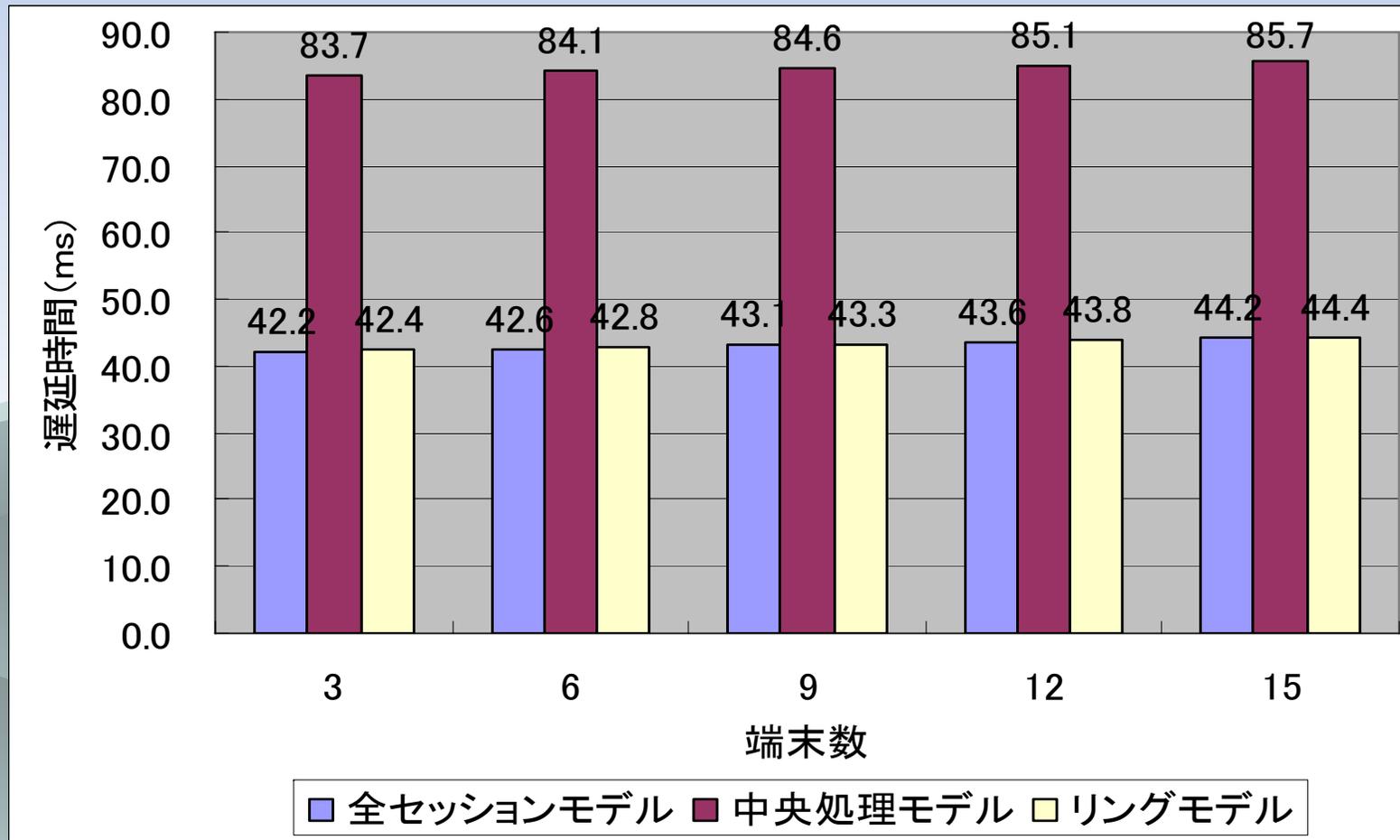


# 遅延1

- ◆ 遅延は声が相手に届くまでにかかる時間のこと。
- ◆ 遅延発生原因
  - ❖ 発信・受信端末にコーディング処理(数十ミリセカンド)
  - ❖ 転送経路にルータによるルーティング中継、転送(数十～数百マイクロセカンド)、
  - ❖ サーバ・端末にミキシング処理(数ミリセカンド)

# 遅延2

## G.711PCMを使うときの遅延



# 既存方式との比較

	全セッション型	中央処理型	提案方式
パケット数	×	○	○
トラヒック	△	○	○
遅延	○	△	○
制御	○	○	△
サーバ	不要	必要	不要

- ◆ トラヒック・パケット数は少ない
- ◆ ヘルスチェック, リングの再構成による, 制御は普段より面倒になる
- ◆ 特殊なサーバを必要としない

# まとめ

- ◆ リング構造を用いた多者間通話の提案
  - ❖ パケットの音声データ領域
  - ❖ IPアドレスによるリング生成
  - ❖ ヘルスチェック
  - ❖ 評価
- ◆ 今後の課題
  - ❖ 音声リレーパケットの詳細定義
  - ❖ 会議の開始方法の詳細定義(SIP)
  - ❖ 実装の遅延の測定
  - ❖ 効率の良いヘルスチェックの検討