



高品位IP電話技術

～e音(いいおと)IPフォン™開発の背景と技術～

薄葉 伸司

青柳 弘美

2000年に入り、ブロードバンド回線を安価に提供する通信事業者が現れた。これによって、ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line：非対称デジタル加入者線) やFTTH (Fiber To The Home：光ファイバーによる通信サービス) などの本格普及が開始され、2002年6月にはIP電話専用番号(050)の付与が定められた。そして、2003年度末ではブロードバンド利用人口は3000万人を超えた。日本では100kbit/sあたりの料金は0.09ドルと世界で最も安く、米国(3.53ドル)、独(4.42ドル)に比較して圧倒的な差である¹⁾。このブロードバンドインフラの普及によりIP電話は企業向けから一般家庭向けに拡大した。2004年6月現在での「050」から始まるIP電話専用の番号について、IP電話事業者に配布された番号数は1,000万をはるかに超える²⁾。

「050」のIP電話サービスに対しては一定の品質基準が定められ(別掲記事-37ページ参照)、近年「電話」の音質に肩を並べるに至った。我々はこのような品質基準が定められる以前から、一貫してVoIP (Voice over Internet Protocol) による音声通話(以後、VoIP通信)品質の向上にこだわり、IPネットワーク(以後、ネットワーク)環境に合わせたベストの音質を目指して製品を提供してきた。

このようなネットワークを介した音のコミュニケーションは多くの可能性を秘めている。VoIP通信の音質は、「使える音質」(従来の電話レベル)から、積極的に「使いたい音質」に進化しようとしている。本稿では、フルIP、フルブロードバンド時代の新しいコミュニケーションの姿と可能性について述べ、これらを支える我々の音質確保技術について述べる。

音へのこだわり技術

VoIP通信では、パケット化された音声特有の音質問題が発生する。このため、当初VoIP通信は「電話」としては認知されていなかった。我々は、VoIP通信を世に普及させるためには、この音質問題の解決が重要と考えた。特

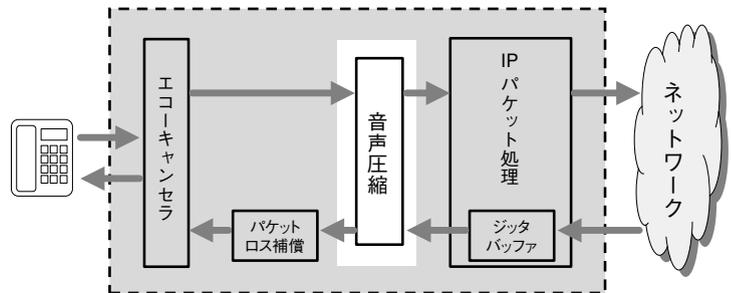


図1 VoIP機能ブロック

に、音声パケットの欠点である会話の頭切れや、音声の連続性を損なうことによる「聞き返し」が発生しないことを最重視した。我々は、音声の連続性を保証した上で、さらに自然で聞きやすい音にこだわり続け、音質の向上に取り組んできた。図1はVoIP通信の基本信号処理(機能)ブロック図である。標準部分(音声圧縮：以後、コーデック)は標準方式を取り入れて相互接続性を確保し、標準方式の規定がない機能については音質向上にこだわって独自に開発した(図中の網掛け部分)。

通話音声品質の進化(e音IPフォン™)

我々は、ネットワーク上のパケット音声通信の可能性に注目し、1996年末に最初のVoIP-GW (VoIP-Gate Way) 製品である「BS1100-VOICE HUB」のリリース以降、さまざまなVoIP製品を提供してきた。国内では、多くのお客様にお使いいただき、多様な環境の中で安定した品質を確保できる製品群に育てていただいた。黎明期のVoIP通信の音声品質技術は、伝送帯域が狭く安定しないネットワーク環境でも如何に「使える音質」を確保できるかが最大の課題であった。

すなわち当初の我々のVoIP通信の品質目標は「電話」であった。この目標に向けた数々の通話品質向上努力とインフラのブロードバンド化進行が相まって、近年では回線交換網と遜色のない通話品質が可能となった。こう

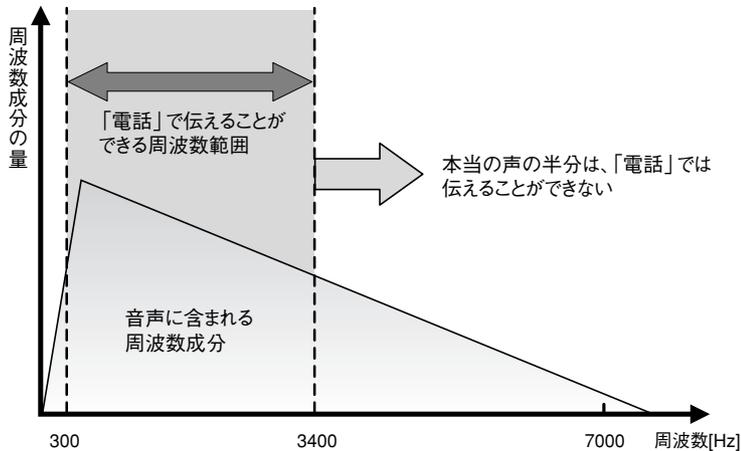


図2 音声帯域と「電話」帯域

して「電話」として認知されるようになったが、実は、元々VoIP通信には「電話」の通話品質を遥かに凌ぐ可能性が秘められている。

回線交換網では、通話でやり取りする音声に含まれる周波数に制限がある。具体的には、アナログ回線を用いた伝送の場合、3.4kHzまでの周波数（電話帯域）の音声しか相手に伝えることができない。通常の発声は、音声に含まれる周波数は7kHz程度までと言われている。つまり、「電話」では本当の声の半分の周波数しか伝えられないのである（図2参照）。一方、VoIP通信ではこのような制限がないため、声をほぼそのまま全部伝えることが原理的には可能である。

通話品質で「電話」レベルを達成した我々は、これを超える通話品質を次の目標とした。この「IPネットワーク上で電話帯域を越える音によるリアルタイム双方向通信」を、我々は「e音（いいおと）」技術と呼んでいる。e音実現のために、まず、音声伝送の基本となるコーデックとして、7kHzまでの声を伝送可能な広帯域音声符号化方式を採用した。

しかし、単に広帯域音声符号化を採用するだけではVoIP通信の音質は向上できない。男性・女性いずれの話者でも臨場感、自然性を最大限引き出す周波数操作的工夫と、ネットワークを介した音声通信固有の問題解決が必要となる。これら音声帯域拡大に伴う課題の解決に対しては、実使用環境で蓄積した膨大なノウハウがベースとなっている。エコーキャンセラには、これらのノウハウに加えて、帯域を拡大することによって相対的に増加する雑音成分への対処に独自の工夫を追加した。また、パケットロス補償機能については新たに独自開発した。このような技術を導入し、e音IPフォン™として世に送り出した。

「e音」を支えるコア技術

ここで、VoIP通信黎明期から今日まで進化させてきた独自コア技術を概説する。

VoIP通信での音質劣化の要因としては、大きく4つが挙げられる。

- 遅延（通話遅延）
- エコー（自分の声が遅れて戻ってくる現象）
- 揺らぎ（パケット到着間隔のずれ）
- パケットロス（音声情報の欠落）

以下では、これらの要因に対する我々の取組みについて紹介する。

コア技術1：遅延問題と解決への取組み

VoIP通信では、コーデック処理、IPパケット化処理等により通話に遅延が発生する。通話遅延は、一昔前の国際電話のごとく会話のテンポを狂わせ、通話品質を劣化させる。

コーデックによる遅延（処理遅延）は、コーデック方式として何を使うかで決まる。符号化音質、音声圧縮率との兼ね合いもあり、実使用環境における伝送帯域に応じてコーデックの最適選択を実施している。

IPパケット化による遅延は、一つのIPパケットにどれくらいの音声情報を入れるかによって決まる。通話遅延を短くするという観点では、音声情報をできるだけ細切りにパケット化することが望ましい。しかしIPパケットには音声情報の他にヘッダ情報も含まれるため、細切りにするほど伝送帯域を多く消費してしまう。トレードオフの関係となるため、実使用環境における伝送帯域に応じてパケットサイズの最適調整を実施している。

コア技術2：エコー問題と解決への取組み

VoIP通信では、前述の通話遅延によりエコーが目立つようになる。従来の回線交換網の電話通信ではエコーが気になることはほとんど無く、エコーを除去することはVoIP通信の音質を確保する上で重要な課題である。

エコーを除去する技術としては、大きくエコーサプレッサとエコーキャンセラの二つがある。エコーサプレッサは、構造が簡単だが相手の声も小さくしてしまうことが多く、通話品質としては十分とは言えない。我々は、エコーのみを除去可能なエコーキャンセラ（図3）を用い、自社保有技術を改良・発展させていった。

エコーキャンセラには、ITU-TのG.165、G.168等の性

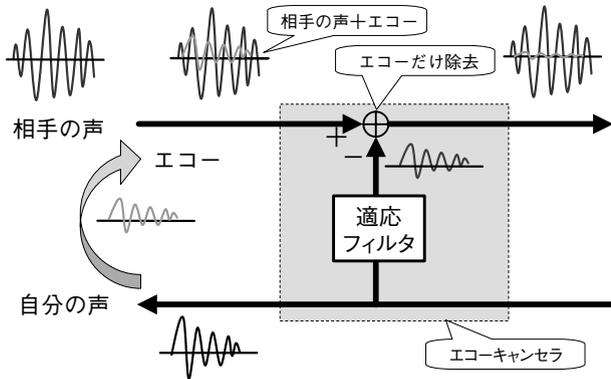


図3 エコーキャンセラ

能の指標となる規格が存在する。しかし、これらの規格に準拠することが、実使用環境での性能としても十分であるということではない。何故ならば、エコーキャンセラは自分の声と相手の声を両方考慮しながら動作するものだからである。実会話の場合、誰と誰が、どういう内容とテンポで会話するかにより無限の動作条件が存在する。これらを全て机上だけで検討するのは不可能である。我々は、早期に製品を市場に展開することにより実使用環境でのノウハウを蓄積してきた。特に、動作条件（会話の状態）判定部分で独自の技術を進化させていった。

コア技術3：揺らぎ問題と解決への取組み

VoIP通信では、パケット伝送のリアルタイム性が保証されない。このため、送信端末から一定の間隔で送信されたIPパケットは、必ずしも一定の間隔で受信端末に到達しない。この受信間隔の揺らぎのため、受信端末では音声信号の連続性が乱れてしまう。このとき、音途切れ、音とびなどが生じ、通話品質を劣化させる。

対策として、受信端末に揺らぎを吸収するバッファを設けた。バッファの容量を大きくすれば、大きな揺らぎに対処することができるが、バッファに溜まる量が多くなるため通話に遅延が生じてしまう。この問題を解決するために、独自の遅延回復処理を開発した。

まず、音途切れをなくすためにある程度の大きさのバッファを用意し、揺らぎ時間に応じて使用量を変更するようにした。そして、大きな揺らぎが発生した場合でも、会話の自然性を損なわないように不要な遅延を低減する独自の工夫を施した。

コア技術4:パケットロス問題と解決への取組み

VoIP通信ではパケット伝送にUDP/IPを用いるのが一般的である。情報を正しく伝えるという観点では、再送制御のあるTCP/IPが有利だが、リアルタイム性という観点では逆に大きな問題になる。双方向通信である会話では、リアルタイム性は最も重要な要素の一つである。UDP/IPの場合、伝送中に発生したパケットロスは、受信側端末でそのまま音声の欠落に繋がる。通常パケットロスへの対処は受信端末側にて実施され、コーデック処理の一部として組み込まれていることが多い。対処性能はコーデックによって優劣があり、コーデック選定基準の一つとして重視した。

「e音」の向かう先

フルIP、フルブロードバンドネットワークが急速に普及していこうとしている。今後は従来の電話を超える新しいコミュニケーションの形が次々に誕生していくであろう。我々は、e音IPフォン™で実現した人間の発声範囲（7kHzまで）の伝送を、可聴領域（20kHzまで）へ拡大

e音とは:

IPネットワーク上で電話帯域(3.4kHz)を超える音による
双方向リアルタイム通信。

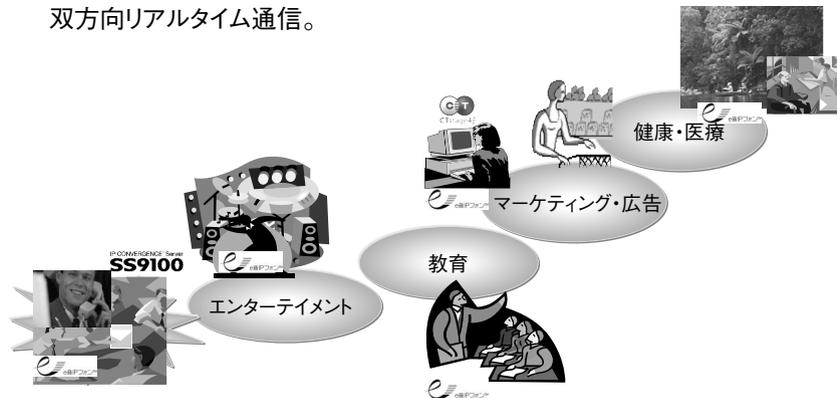


図4 e音の目指す世界

することで感情、感性にまで訴える新たな価値が提供できると考えている。そして、リアルな音声に加え、音楽、環境音などのリアルな音のコミュニケーションの広がり、新しい価値を提供していくと確信している（図4）。

VoIP通信は、インフラコストを引き下げ、非常に安価な通信インフラを切り開いた。そしてブロードバンドの環境というインフラがそろった時に、ますます魅力的なコミュニケーションを提供することができるようになる。これは、用件伝達という従来の電話の壁を超え、より心から理解し合い、共感し合える心と心のコミュニケーションを提供できることを意味している。そして、ものを提供するつくり手とその提供されるものの買い手が、より深いコミュニケーションを持つことで、心の奥底にある潜在ニーズを顕在化させ、お互いが満足する新しい消費活動が実現する。これが、我々の目指す世界なのである。◆◆

参考文献

- 1) <http://www.johotsusintokei.soumu.go.jp/whitepaper/ja/h16/pdf/index.html>
- 2) http://www.johotsusintokei.soumu.go.jp/tel_number/ip_number.htm
- 3) 総務省：「IPネットワーク技術に関する研究会」報告書 http://www.soumu.go.jp/s-news/2002/020222_3.html
- 4) 総務省：IP電話サービス関連規定の一部改正について http://www.soumu.go.jp/s-news/2002/020614_4.html

筆者紹介

薄葉伸司：Shinji Usuba. IPソリューションカンパニー ソリューション開発本部 インキュベーション推進部
青柳弘美：Hiromi Aoyagi. 研究開発本部 ヒューマンインタフェースラボラトリ

TIPS

【品質標準動向】

ブロードバンドインフラが急激に普及し始めたころ、電話をIPネットワーク上で実現するための課題を検討する組織が総務省にて発足した。この「IPネットワーク技術に関する研究会」は、2002年2月に検討結果を報告書として公表した³⁾。報告書の中では「IP電話の品質は、ユーザが品質を理解し、適切なサービスの選択を可能とするため、端末を含めたエンドトゥエンドの品質で考える必要がある」としている。具体的には、表1のごとく品質クラスを分類している。

表1 IP電話の品質クラス分類（総務省報告書より）

	クラスA (固定電話並:注)	クラスB (携帯電話並:注)	クラスC
総合音声伝送品質率(R)	> 80	> 70	> 50
エンドトゥエンド遅延	< 100ms	< 150ms	< 400ms
呼損率(接続品質) 【参考値】	≤ 0.15	≤ 0.15	≤ 0.15

※ R値、遅延に関する表中の数値は95%確率で満足させるものとする。
注) ここでの固定電話並、携帯電話並とは、それぞれ通話品質のうち総合音声伝送品質(R)に注目した場合を表し、エンドトゥエンド遅延やその他の機能等について既存の固定電話並又は携帯電話並を求めるものではない。

また、IP電話専用の電話番号は「具体的な番号としては、ロケーションフリーなサービスへの対応、IPネットワークへのルーティング（振分け）や事業者識別の容易性、番号容量の確保、ユーザの利便性等の観点から、0AO番号を利用することが適当である」としている。これを受けて、電気通信番号規則ではIP電話専用の電話番号として、050で始まる11桁の番号の付与が定められた（2002年6月）⁴⁾。同時に、事業用電気通信設備規則では、IP電話サービス事業者が定める維持すべき品質として、総合品質が定められた（2002年6月）⁴⁾。ここで言う総合品質とは前記報告書で定められたクラスCに相当する。

事業者がIP電話サービス事業で、050で始まるIP電話専用の電話番号を使用するためには、総合品質（クラスC）を満たしている測定結果と測定根拠をもって総務省に申請し、その品質を維持管理する必要がある。品質の評価方法に関しては、前記報告書で「国際標準化機関と緊密な連携を図りつつ、国内の標準化機関が主導的に検討を行うことが必要である」としている。これを受けて、TTC（情報通信技術委員会）の網管理委員会IP電話通話品質評価SWGにおいて「IP電話の通話品質評価法：JJ-201.01」が制定された（2003年4月）。この標準では、通話品質を定量的に表す指標としてR値などの測定方法に関して記述されている。（尚、沖電気は、このSWGのリーダとして標準化制定に貢献している）

R値は、ITU-T勧告G.107で規定された計算モデル（E-model）の出力値（総合音声伝送品質）として得られる。E-modelでは、通話品質に影響を与える品質要因が、心理尺度上で相加されることを仮定しており、R値はこれらの品質要因に対する評価値に基づいて図5のように定義される。

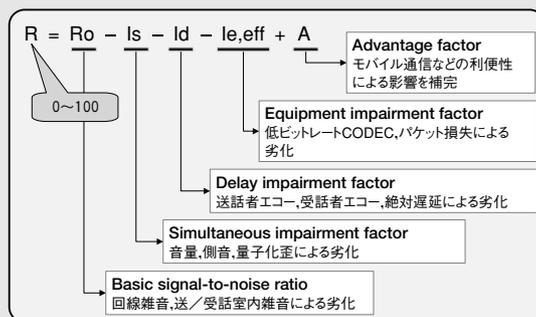


図5 R値の定義