

## VoIP ネットワークのための音声品質監視

ミック・グラント (カリテック株式会社)

シェーン・トニッセン PhD (カリテック株式会社)

### はじめに

ボイスオーバーインターネットプロトコル (VoIP) は、進化型通信網の最新技術です。このテクノロジーを導入すれば、データと音声の両方を共通の安価な IP ネットワークを通して運ぶため、経済的に大きな利点が得られます。企業、コールセンター、長距離電話会社、一般家庭を始め、多くの方々がすでにこの新しい音声通信システムを導入しています。

VoIP テクノロジーの可能性を最大限に引き出すためには、音声品質の管理が大変重要となります。これまでは、公衆電話交換網 (PSTN) から携帯電話、さらに VoIP 通信システムへとシステムを移行していく際に、音声チャンネルのための帯域幅割り当てを減らすことに焦点が置かれてきました。このため、音声品質に関する新たな問題が噴出し、また既存の問題をも悪化させることとなったのです。さらに、ネットワークおよびサービスプロバイダーの数が急速に増えたことで、ネットワーク間の境界線での音声品質が維持されているかどうかを確認することも重要となっています。

サービスプロバイダーにとって、音声品質はビジネス上とても重要です。顧客は音声品質が悪いと満足できず、すぐに音声品質のよいサービスプロバイダーに移ってしまいます。高い音声品質を提供することにより、VoIP サービスプロバイダーは次のようなものを通して収入が増え、直接の利益を得ることができるのです。

- PSTN および携帯電話ネットワークからの獲得顧客増加。
- 既存客によるネットワーク利用の増加。
- 顧客の解約減少。

この文書は、VoIP サービスプロバイダーが直面する音声品質の問題について、および、ネットワーク内で積極的に音声品質を管理する方法について説明しています。結論では、ノンイントルーシブ (システムに影響を与えない) 音声品質監視機器の配備により、ネットワークに問題があれば早期に警告をし、サービスプロバイダーが音声品質低下の原因を突き止め取り除くことができることを証明します。さらに、ネットワーク内での音声品質強化機器のパフォーマンスの査定も可能にします。

### 音声品質の歴史的展望

#### PSTN ネットワーク

PSTN ネットワーク内に存在する音声品質の問題源はおおざっぱに言って「遅延」と「エコー」の2つだけで、これは両方ともよく理解され管理されています。ネットワークの大幅な遅延 (話し手の口から聞き手の耳に声が届くまでの時間) は、電話の会話の質に悪影響を及ぼしかねません。PSTN 内における遅延は通常わずかなもので気が付きません。遅延が問題となるのは衛星を使った長距離通話で、イライラさせられたり、また「半二重」となり、双方が会話の終了を逐次伝えなくてはならない、といった場合です。表1はネットワークの遅延が会話の質に与える影響について表したものです。

エンド・エンド (両端) の遅延 (ms)	会話への影響
< 100	聞き取れない
100 – 150	聞き取れるが気が散る
150 – 200	気が散るが会話は継続
> 200	半二重会話

表 1 遅延が会話に与える影響 [1]

エコーは、PSTN の音声品質問題を引き起こす 2 番目に大きな原因となるもので、話し手が自分の声の遅延を聞くときに起こります。話し手の声のエコーは、通常、電話機に設置されたハイブリッドによって起こります。最も短い往復の遅延 (話し手の接続端から聞き手、そして話し手に戻るまでの遅延の合計) は、

話し手が会話をするのに影響はありませんが、長い往復の遅延（200ms など）は、話し手にひどく混乱を与え、普通に話すことができなくなる場合もあります。表 2 は往復の遅延について表したのですが、一般的に、25ms を超える長距離通話の往復の遅延はエコー防止機器を通るようになっています。

往復の遅延 (ms)	話し手への影響
< 20	聞き取れない
> 25	エコー防止機器が必要
> 32	話し手の邪魔をする

表 2 エコーによる往復の遅延の影響 [1]

PSTN における音声品質はかなり発達していますので、これがその他すべての音声テクノロジーを比較する際の基準となっています。

## 携帯電話

携帯電話が導入されると、音声品質に関する新たな問題が発生し、また既存の問題をも悪化させることとなりました。ボイスコーダー/デコーダー（コーデック）とワイヤレスリンクの導入により、ネットワークの遅延が増大し、携帯電話の通話ごとにエコーを対処しなければならなくなったのです。その結果、携帯電話の通話は、電話交換機の中の集中エコー防止機器（それ以前は長距離 PSTN 通話だけに必要でした）をすべて通ることとなりました。

遅延に加えて、携帯電話は新たに様々な音声品質の問題をもたらしました。主なものは次の通りです。

- 基本的な音声品質の低下と低ビット率コーデック使用によるひずみの拡大。
- ワイヤレスシグナルが消えるために起こる障害とドロップアウト。
- パブ、駅、車、ショッピングセンターなどの環境による背景ノイズ。
- 双方が同時に話す一方がドロップアウトしたようになるダブルトークミュート。

結論としては、携帯電話ネットワークの音声品質は、基準となる PSTN の音声品質には到底及びません。

## ボイスオーバーIP の音声品質

さて、通信ネットワークに VoIP が導入されると、また新たに音声品質の問題が発生し、既存の問題が悪化しました。図 1 は VoIP と既存の PSTN および携帯電話ネットワークの統合について解説したものです。図中の MG は、IP と PSTN ネットワークの間の「メディアゲートウェイ」を表します。

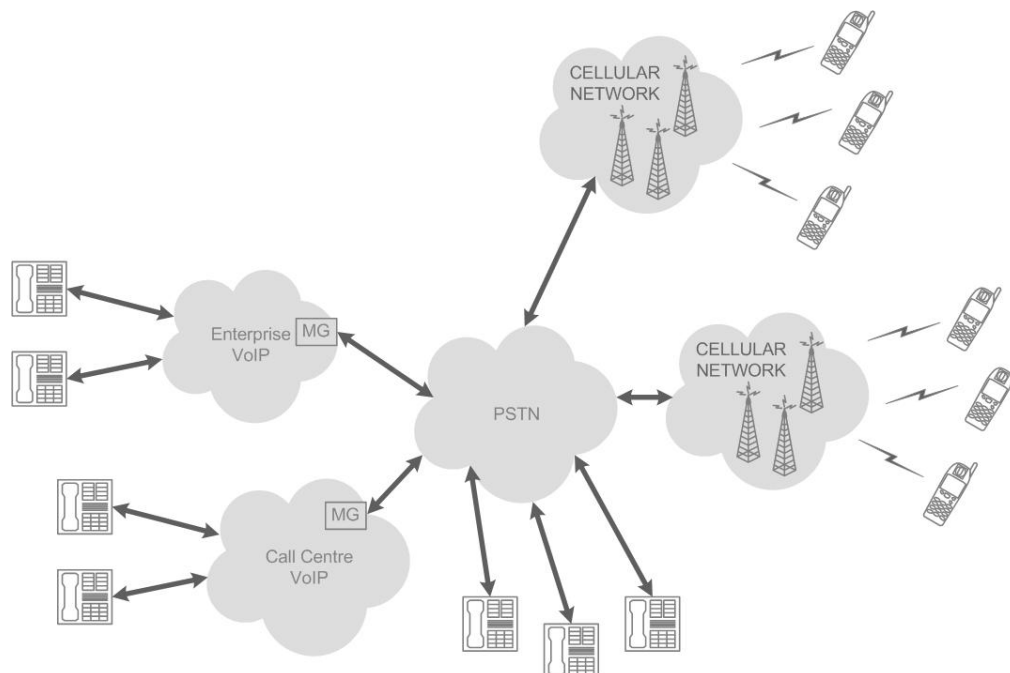


図1 PSTN、VoIP、携帯電話ネットワーク

VoIP を広く導入してもらうために、VoIP プロバイダーは音声品質が PSTN と同等であることを、とりわけ要求の厳しいビジネスユーザーにはっきり証明しなければなりません。低ビット率コーデックを使っても、また、IP ネットワーク固有の長くて変わりやすいネットワークの遅延は音声品質に負荷を増やすこととなります。表3は、VoIP ネットワークにありがちな音声品質問題の主なものをまとめたものです。表中の VQE はエコー防止やノイズの減少とレベルのコントロールなどの音声品質強化機器を表し、CPE は加入者宅内機器を表します。

音声品質障害	考えられる原因	影響
ひずんだ不明瞭でゆがんだ音声	コーデック、IP ネットワーク	聞き手は話し手の言うことが理解できないことがある。
高いエコーレベル	CPE、VQE	話し手は自分の声が聞こえ、通常の会話が困難。
フロントエンドクリッピング	コーデック、VQE	聞き手は話し手の最初の言葉が聞こえない。
ダブルトークミュートイング	VQE	それぞれ、相手がドロップアウトしたと考え、相手に聞こえたかどうかわからない。混乱と反復を招く。
無音またはコンフォートノイズ抑止	コーデック、VQE	話し手は聞き手が電話に繋がっていないと感じる。
スピーカー音量の低下または不安定	CPE、コーデック、VQE	聞き手は集中しなければ聞き取れない。また、このために自分が話す際には大声になってしまう。話し手は何度も繰り返すよう、または大声で話すように言われる。
背景ノイズ	環境、コーデック、VQE、IP ネットワーク	聞き手は集中しなければ聞き取れない。また、このために自分が話す際には大声になってしまう。話し手は何度も繰り返すよう、または大声で話すように言われる。
エンド・エンド（両端）での長い遅延	IP ネットワーク	ユーザーは継続してお互いにしゃべり続ける。会話が困難で半二重となりがち。
ノイズのバーストおよび（または）ひずみ	IP ネットワーク、コーデック	聞き手は集中しなければ聞き取れない。話し手は何度も反復しなければならない。
会話中に時折突発的に起こる無音状態	IP ネットワーク、コーデック	聞き手は話し手に反復するよう頼む。
突発的に起こる信号音	VQE、コーデック	聞き手は集中しなければ聞き取れない。話し手は何度も反復しなければならない。

表3 VoIP 音声品質問題

表3からわかるように、VoIP ネットワークには音声品質問題の原因がいくつか考えられます。そのひとつであるコーデックのパフォーマンスについて表4に説明しました。表4は様々なコーデックの「MOS (Mean Opinion Score)」を表しています。MOSは1から5までの音声品質評価で、1が劣り5が優れているというものです。表中の G.711 は PSTN で使われるワイドバンドコーデック (A-law と  $\mu$ -law) を表し、MOS 4.1 は基準値と見なされています。

コーデック	ビット率 (kbps)	指示的 MOS
G.711 PCM	64	4.1
G.726 ADPCM	32	3.85
G.728 LD-CELP	16	3.61
G.729 CS-ACELP	8	3.92
G.729 x 2 エンコーディング	8	3.27

G.729 x 3 エンコーディング	8	2.68
G.729a CS-ACELP	8	3.7
G.723.1 MP-MLQ	6.3	3.9
G.723.1 ACELP	5.3	3.65

表 4 VoIP コーデック [2]

低ビット率のコーデックが音声品質を低下させることは明白なので、会話のシグナルが複数のコーデックを通過する必要がある場合、表に示したとおり、音声品質は各々のコーデックで低下します。これは複数のネットワークを接続している場合によく起こります。

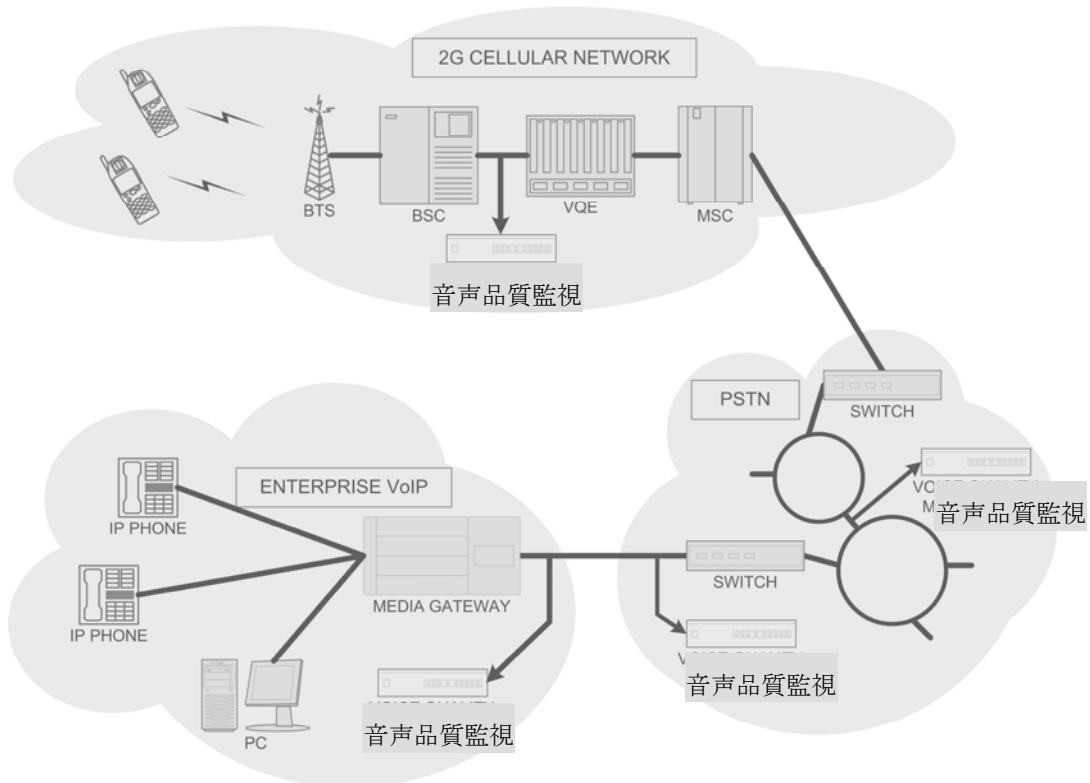
表 4 で強調されている 2 番目に重要となる音声品質の問題源は VQE 機器で、残留エコーとダブルトークミュートイングのために音声品質のひどい低下を引き起こします。コーデックと VQE のパフォーマンスはパフォーマンス劣化を引き起こし、これはネットワークの遅延またはジッターやパケットロス統計を監視することでは判断できません。

## 音声品質の積極的管理

音声品質の積極的管理を行うことにより、ネットワーク運営者には次のような多くの重要な利点が生れます。

- 障害の診断と解決の向上。
- サービス内容合意書 (SLAs) との準拠性の査定。SLAs : ネットワーク運営者に不可欠な様々な音声品質パフォーマンスの数的指標を規定したもの。
- ネットワーク機器または構成に変更を加える際の影響の査定。
- ネットワーク全体の健全性の監視。
- ネットワーク間の境界線での音声品質監視。

ネットワークの音声品質管理を実施するにあたっては、いくつかの選択肢があるのですが、この文書ではノンインテリジェント音声品質管理検査機に焦点をあてます。これは図 2 に説明してあるように、PSTN、携帯電話、VoIP ネットワークのすべてに渡って展開されるものです。



## 図2 ノンイントルーシブ音声品質監視

ノンイントルーシブ検査機は伝送経路に配置されて、他の代替ネットワーク検査に比べて次のような優れた利点があります。

- 全自動検査。ネットワークの端点への機器の接続は不要。手動による操作も不要。
- 音声品質はユーザーの実際の声で測定でき、パケットディレイ/ジッターやパケットロスのような間接的測定法を使わない。
- 音声品質は24時間測定されるので、希少なイベントも検出可能。
- ほぼすべての通話を査定できるので、正確な結果が得られる。
- ネットワークの負荷と時刻の関係が簡単に把握できる。
- ノンイントルーシブの音声品質なので、ネットワーク容量が維持できる。

## 音声品質監視の結果

図2に説明したノンイントルーシブ音声品質管理検査機は、音声品質の多くの局面を測定することができますが、そのうちの2つの測定値をここで説明していきます。図3は1000回以上の通話におけるMOSの測定値およびMOSスコアの分布を示しています。傾向曲線で描かれたMOSの低下はネットワークの障害を表しています。障害の復旧に伴い、音声品質は正常に戻ります。長時間障害が診断されないといった、音声品質監視の欠落があれば、顧客に不満を与えることになってしまいます。

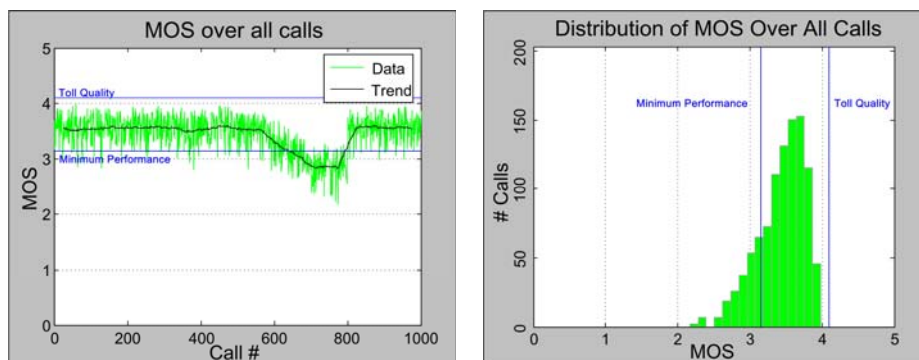


図3 MOSの結果と分布

図4は残留エコーの測定結果を表しています。エコーのレベルがところどころ高くなっているのは、エコー防止機器の逸脱の可能性があります。さらにデータは機器障害の可能性も示しており、このため低下を継続して引き起こしてしまうことがあります。繰り返しになりますが、音声品質の積極的管理によってネットワーク運営者はこのような問題を特定し、解決することが可能となるのです。

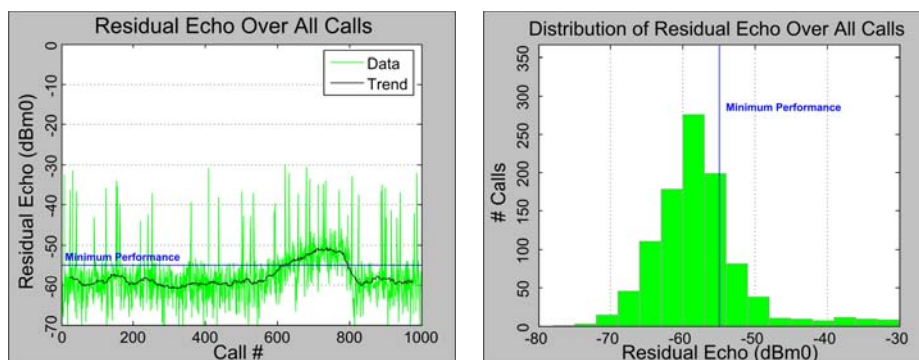


図4 残留エコーの結果と分布

## まとめ

VoIPの出現により、導入ユーザーにとっては大幅なコストの削減が可能となりましたが、既存のユーザーの利便を最大限にし、VoIPの導入を加速するためには、ユーザーに音声品質を保証することが不可欠です。

VoIP ネットワークには、ネットワーク内のパケット遅延/ジッター、パケットロス、それに、低ビット率コーデックと音声品質強化機器のパフォーマンスに関連する特有の音声品質の課題があります。

ノンインテリジェント音声品質監視検査機を配備して行う音声品質の積極的管理は、ネットワーク運営者に優れた利点をもたらす、ひいては顧客満足を得て収益の拡大に繋がるのです。

## 参考文献

- [1] Oliver G, "Understanding and Managing Delay in the Global Voice Network", PMC-Sierra webinar, Dec 2003
- [2] "Understanding Codecs: Complexity, Hardware Support, MOS, and Negotiation", Cisco Systems Inc., 2003