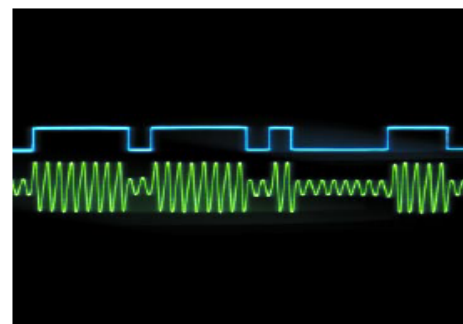


VoIP における時刻同期の必要性



ホワイトペーパー

VoIP における時刻同期の必要性

はじめに

新しい VoIP の世界が広がるにつれて、時刻同期などの有線通信における付属品については、後回しにしても良いと考えてしまいがちです。その結果、IP ネットワークは全くもって非同期な状態になってしまっています。VoIP システムというのは昔の電話システムのような方法では同期がとられていませんが、正確な時刻や時刻同期の必要性は IP 電話の多くの分野において広がってきています。VoIP の音声品質や信頼性に対する顧客からの期待が変わらない限り、既存の電話システムとは異なる方法ですが正確な時刻への必要性も変わりません。結局は、時刻同期を行わずに、VoIP ネットワークを設計しようとするのが、時刻同期の必要性を悟る、最短の方法であるかもしれません。

音声遅延

キャリアークラスの VoIP システム実現のための最も大きな課題は、従来の PSTN システム（公衆回線：Public Switched Telephone Network）によって実現された非常に高い音声品質と同等の基準を満足することにありました。携帯電話の場合であれば、この基準を満たす必要はなく、どこでも使用できるという利便性のため、音声品質に対する要求は後回しとなります。同じように、安いインターネットでの長距離通話で通信料を節約する場合も音声品質を犠牲にします。

VoIP システムでは、圧縮技術に起因する歪み、貧弱なエコーキャンセレーション、パケットの欠損、パケット遅延により音声品質が下がってしまいます。これらのうち、パケット遅延についてはネットワークの端から端までに関係しているため、特にやっかいです。さらに悪いことに、ほとんどのネットワークは、VoIP ソリューションプロバイダーの管轄外のところにあります。しかし、ひとつひ

とつの会話の終わりに「何だった？」と聞き返す必要があるような貧弱な VoIP システムは誰も望んでいません。

パケット遅延の 1 つの要素に、ゆらぎバッファがあります。これは PSTN システムや、VoIP 電話へのインターフェイスとなるゲートウェイにおいて、外に向かう音声信号のためにパケットを収集する際に使用されるものです。このバッファのサイズを増加させることにより、パケット損失を少なくすることは可能ですが、それは遅延をより大きくしてしまうことにもつながります。IP 電話での音声品質のより詳細な議論は、米国電気通信工業会(TIA: Telecommunications Industry Association)公報 TSB-116 にて参照することができます。

遅延の要因

VoIP による通話は、ある別の VoIP 電話に、もしくは PSTN の上のアナログ電話に対して行うことができます。VoIP 電話同士の通話はまだ少ないため、今回は後者である IP 電話からアナログ電話への通話の場合について詳細に議論したいと思います。VoIP 電話からアナログ電話への通話では次のような遅延に関するネットワーク要素が存在しています。

- VoIP 電話
- IP ネットワークでのルーター/スイッチ
- IP/PSTN ゲートウェイ
- ケーブル
- PSTN におけるその他の遅延

電話機では音声信号がリアルタイム・プロトコル(RTP)パケットとしてサンプリング、エンコード、パッケージ化されます。IP ネットワークで使用されているすべてのルーターには入力と出力のバッファが存在します。ゲートウェイではゆらぎバッファ、信号のデコード、エンコードに関わる遅延に加え、さら

なるバッファが存在します。ロサンゼルスとニューヨーク間の通話における純粋な伝送遅延については、約 20 ミリ秒です。

最後に PSTN システムを通るということは、信号を ATM またはフレーム・リレーのパケットへ信号を分解し、光ファイバーによって伝送された後に再構成されることとなります。この場合、再度入力と出力のバッファの影響を受けます。もし最終目的地が別のネットワーク上の VoIP 電話である場合、さらに RTP パケットに変換されなければならないし、最終的な処理をする場合にエンコード、デコードそしてバッファによる遅延の影響を受けてしまいます。

音声遅延の予測

ITU-T 勧告 G.114 は、総合的な遅延を 150 ミリ秒未満と予測しており、それよりも大きい遅延になると、典型的な PSTN よりも音声品質が悪くなってしまいます。ネットワーク設計者は、一般的に遅延の予想を次のような要素から構成されていると考えています。エンコード時間 + 伝送時間 + ゆらぎバッファ + デコード時間。この場合の伝送遅延は、VoIP によるゆらぎバッファ、ケーブルの伝送信号のバッファ、による伝送遅延などを除いたすべての包括的なバッファ遅延のことを指します。高度な圧縮技術は、音声信号を表わすために必要とされるビット数を減らし、ネットワークのより効率的な利用を可能にします。不運にも、この仕組みにより、パケット損失を原因とする音声品質の低下に対して敏感になってしまうため、結果として、単純なデコード/エンコード時間よりも多くのゆらぎバッファを必要とするかもしれません。以上のことから、ほとんどの商用 VoIP システムでは ITU G.711 に規定された非圧縮の音声信号が使用されています。



図 1. 許容できる QoS を実現するためには音声エンコード・デコード時間を含め、packet 到達時間は 150 ミリ秒未満でなければならない

VoIP に関わるトラフィックを減らすもう一つの方法に、古くて使用されることのない RTP packet を廃棄する機能をルーターに付与するという方法があります。このような技術を使用する場合には、ルーターがタイムスタンプを判別して意味のある廃棄ができるように、ルーターと VoIP 電話がきちんと時刻同期されている必要があります。

音声遅延の計測

音声遅延が小さいことや、QoS や LAS を満足していることを保証する際に必要なのは、ネットワーク上の遅延をきちんと計測できる能力です。意味のある計測結果を得るためには、計測する装置間で十分な時刻同期が取れている必要があります。いくつかの計測ソリューションでは、統計、遅延、ジッターなどの統計情報を得るために、ホップバイホップ方式のルーティングを使用します。もちろんこれは有益な方法ですが、2つの団体間での通話よりも、より断片的な計測を擬似しています。

エンドトゥエンドにおける片道通信の遅延計測はより現実に近い QoS メトリックを計測することができます。よりよい計測方法の一つに、通話中の状態を想定して、2つの端末からの片道での遅延をまったく同時刻に計測する方法があります。通話におけるそれぞれ端末が時刻同期されていることが、この手の計測では必要となります。

今日の最も普遍的な時刻同期方法はソフトウェアによる時刻伝送技術を利用することで行われます。しかしながら、より良い方法は高精度な GPS に同期した時刻を両方のエンドで使用します。GPS の信号はユビキタスであり、衛星に搭載された原子時計を基準としているため、遠く離れた 2 点間においても、高精度な時刻同期が簡単に実現で

きるシステムです。GPS を利用することで、packet の送信側と受信側の両方で、正確な時刻に基づいたタイムスタンプが付与されます。そしてその結果、意味のある計測が実現されます。

オーバープロビジョニングする前に遅延計測を

VoIP は音声とデータの集約、通信費用の削減を通じた経費節減、新製品やサービスを提供などの有望な将来像を提供します。この将来像は、顧客がどのくらい VoIP を採用するかという比率によってある程度決定され、次に、この比率は許容できるサービス品質のレベルにより決定されます。失敗の心配ない計測、監視もしくは品質を保証する方法がない場合は、オーバープロビジョニング(ピークに合わせて余分に帯域、資源を確保すること)された帯域幅を用意することが、事実上の解決策となります。コストを増加させることは別として、オーバープロビジョニングは VoIP トラフィックの伝送品質についての予想レベルを高めることはできますが、品質を保証するようなことはありません。

ネットワーク管理、問題調査、復旧

ほとんどの IT 組織は、100%のネットワーク流量を維持する能力があるかどうかで判断されます。ビジネスに使用される音声トラフィックを、既存の同じネットワークに追加する場合は、ビジネスの規模によってネットワ

ークの信頼度に対する要求が増加します。問題が解決されるまでのしばらくの間、電子メールが遅れたり、ウェブアクセスが停止されたりすることがありますが、音声システムに対して責任を持つということとは、このような対応とは全く異なります。ビジネスにとってクリティカルな音声システムを維持するために、どんな VoIP トラブルも回避、防止、あるいは最悪の場合でも、その被害を最小限にとどめられなければならない。

このような運用を行うにあたり、絶対的に必要なのはサーバーとルーターのログファイルの正確性にあります。全てのログファイルの記録はタイムスタンプが押されます。これらのタイムスタンプはイベントの“いつ”を立証すると同時に、イベントの順序をたたく並べることができるようにします。ログファイルやその他関連のレポート内にあるイベントデータを参照することで、ネットワーク内での問題の原因を発見することができます。サーバーのログは異なるホストから収集された情報ですから、タイムスタンプが正確である必要があります。もしタイムスタンプがばらばらであれば、イベントを正しくならべ、問題の原因を発見することができなくなります。問題を見つけるのが難しくなるにつれて、VoIP システムでの QoS レベルがますます下がり、もしくはさらに悪いことに運用できなくなるかもしれません。

ネットワークをまたいだサーバー、ルーター、ネットワーク機器の時刻同期は難しくはありません。既に確立されたネットワークタイムプロトコル(NTP, RFC1305)を使用し、GPS からの時刻を参照したネットワークタイムサーバーなどの信頼されるタイムソースを導入することにより、サーバーやネットワーク機器の同期は簡単に維持することができます。実際には多くのオペレーティングシステムやネットワーク機器は既に NTP に対応しています。

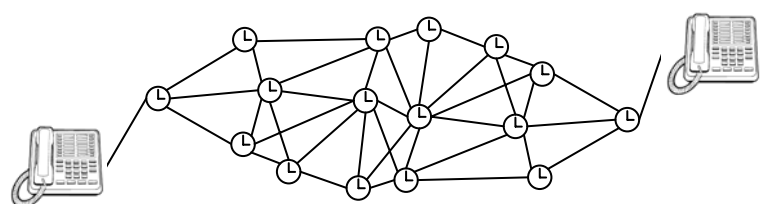


図 2. 正確な時間を保持したサーバーやルーターのログファイルは複雑な VoIP ネットワークの中で発生したトラブルの原因究明において主要な役割を果たす

ネットワークタイムサーバは常に信頼されるタイムソースを参照している必要があります。NTP は全世界で共通である協定世界時(Coordinated Universal Time)を使用しています。GPS 衛星システムは全世界でUTC を最も簡単に入手できるタイムソースです。ネットワークをUTC に時刻同期させることで、あるネットワークと他のネットワークの間における相互運用に関する問題を解決することができます。これは大変重要です。なぜなら VoIP トラフィックは沢山のネットワークを通過し、問題を解決するためにログファイルをさまざまなネットワークから収集する必要がありますがあるためです。

今日のネットワークタイムサーバは典型的なネットワークアプライアンス製品です。たとえば、Symmetricom 社のネットワークタイムサーバ NTS-200 はラックマウント可能なスリムなボディから、正確で、信頼できる、セキュアな時刻をネットワークに供給いたします。簡単に導入でき、組み込まれた GPS レシーバーから原子時計レベルの精度を確保することができます。又、何千ものネットワーク上のクライアントを同期させることも可能です。

Call Detail Record(通話記録)での同期の必要性

課金に対する時間の明らかな役割について言及せずに、VoIP ネットワークに関する議論を終了することはできません。Call Detail Records (CDRs)は通話の発信元、相手先、通話時間についての情報を提供します。通話時間の情報には、通話が開始された時間、通話時間もしくは通話が終了した時のタイムスタンプが間違いなく含まれています。課金の完全性は VoIP の CDR 記録に関する根本的な時刻の正確さに依存しています。適切な同期なしでは、CDR の正当性がゆるぎ、課金システムは必然的に問題視されます。CDR 情報がキャリア間で共有され、課金の矛盾を解決するために時間を浪費して仲裁をしなければならないような場合に、時刻同期は特に重要となります。

将来を見据えると、VoIP ネットワークを利用して、ユニファイドメッセージ、ビデオ会議、オンデマンド Bandwidth、飛行機内でのインターネットサービスなどの多くの新しいサービスが行われることが見込まれています。タイムスタンプはある一つの課金形式や、今日のような競争環境において次々に生み出されるその他全ての異なる課金形式において必要不可欠となっています。

ゲートウェイでの時刻同期

ついにパケットは VoIP と PSTN システムの間にあるゲートウェイに到達します。PSTN はネットワーク上のトラフィックの時刻同期のために、とても明確な時刻の階層制度を使用しています。PSTN での音声パケットは少ない遅延とゆらぎの状態、順序正しく到達しなければなりません。このゲートウェイにおいて、時刻同期に対する要件が変更されます。つまり、VoIP システムでは遅延の抑制やネットワークのログファイルの完全性を助けるタイムスタンプによる時刻同期が行われています。一方 PSTN システムでは効率とデータのスループットを向上させるために同期を使用します。

ゲートウェイで時刻同期を行うということは、PSTN に対しては Stratum 1 レベルの周波数基準を、VoIP 側に対しては、正確なタイムスタンプを提供できるような多目的な時刻基準が必要となるということです。これらの多くの VoIP/PSTN ゲートウェイは正確なタイムスタンプのために既に NTP を実装したソフトスイッチであるということも知られています。

顧客の既存の ATM ルーターやスイッチを同期することで、Stratum 1 レベルのタイミングは PSTN ネットワークの隅々まで既に浸透しています。VoIP をネットワークに加えることで、Stratum 1 レベルの時刻同期の能力を拡張する必要性が高まります。繰り返しになりますが、GPS ネットワークタイムサーバはこのような要求を満足します。GPS を基準としたクロックの品質は、NTP と Stratum1 両方の時刻・基準周波数に対する要求を満足します。

Sync Now or Sink Later (すぐに同期するかあとで失敗するか)

VoIP ネットワークを構築する際に、通常は同期をとることは最上位の優先度が与えられません。しかし、問題が発生するやいなや、システムの時刻同期の真価はとても明確となります。QoS 監視システムやネットワーク診断プログラムではネットワークを超えてルーター、サーバー、関連した機器が同期されている必要があります。又、これらのシステムは、ログファイルの正確性、メトリックの真正性に依存しています。タイムスタンプの正確性なしでは、本来はもっと効率的に解決できるはずなのに、信じられないくらい多くの時間が問題解決のために費やされます。これまでの経験により、時刻同期は大変重要であり、後にトラブルが発生するよりも前に、システム設計の際に導入しておく必要があると行うことができるでしょう。

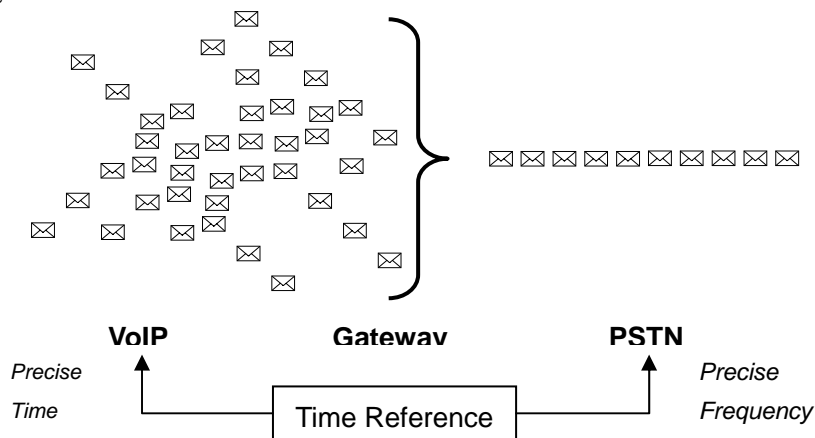


図 3. 正確な時間は VoIP に、正確な基準周波数は PSTN にとって必要不可欠