Cisco IOS SAA と RTTMON の遅延、ジッタ、およびパケット損失の測定

目次

概要

このドキュメントでは、Cisco IOS® サービス保証エージェント（SAA）機能、Round Trip Time Monitor（RTTMON）機能、および Cisco ルータを使用したデータ ネットワーク上での遅延、ジッター、およびパケット損失を測定する方法について説明します。

音声対応データ ネットワークの遅延、ジッタ、およびパケット損失の測定

遅延、ジッタ、およびパケット損失の測定の重要性

データ ネットワーク上への新たなアプリケーションの登場とともに、お客様が新しいアプリケーションの展開による影響を正確に予測することがますます重要になりつつあります。 つい最近までは、帯域幅をアプリケーションに割り当て、上位層プロトコルのタイムアウトと再送信の機能を介して、トラフィック フローの急増する特性にアプリケーションを適応させることは簡単でした。 ただし、現在では音声やビデオなどのまったく新しいアプリケーションは、データ ネットワークの送信特性での変化の影響を受けやすくなっています。 実装に成功するには、まったく新し

いアプリケーションを導入する前にネットワークのトラフィック特性を理解することが必須です。

遅延、ジッタ、およびパケット損失の定義

Voice over IP（VoIP）は、遅延やジッタと呼ばれるネットワーク動作の影響を受けやすく、平均的なユーザが許容できないレベルまで音声アプリケーションの品質が低下する可能性があります。 遅延は、ネットワーク内においてポイントツーポイントで計測される時間です。 遅延は、一方向の遅延または往復での遅延のどちらにおいても測定可能です。 一方向の遅延を計算するには高価で高度なテスト機器が必要であり、これらは大部分の企業のお客様の予算範囲と専門知識を超えるものです。 ただし、往復の遅延の測定はもっと簡単で、それほど高価ではない機器を使用するだけで済みます。 一方向の遅延の概略的な測定を行うには、往復の遅延を測定し、その結果を 2 で除算します。 一般的に、VoIP ではコールの品質が許容できなくなるまでに、最大 150 ミリ秒の遅延が許容されます。

ジッタは、ポイントツーポイントでの一定時間内の遅延における*変動*です。 VoIP コールにおいて送信の遅延があまりにも大きく変動する場合、コール品質が著しく低下します。 ネットワーク上で許容されるジッタの規模は、音声パスでのネットワーク機器上のジッタ バッファの深さに影響されます。 利用できるジッタ バッファが増加すればするほど、ネットワークではジッタの影響を減らすことができます。

パケット損失とは、データ パスでパケットを失うことであり、音声アプリケーションの品質が著しく低下します。

VoIP アプリケーションの導入に先立ち、音声アプリケーションが動作するかどうかを判断するには、データ ネットワーク上で遅延、ジッタ、およびパケット損失を評価することが重要です。 遅延、ジッタ、およびパケット損失の測定は、トラフィックの優先順位付けさらにはデータ ネットワーク機器におけるバッファリング パラメータの正確な設計と設定に役立ちます。

SAA およびRTTMON

SAA および RTTMON MIB は、バージョン 12.0 (5)T 以降で利用可能な Cisco IOS ソフトウェアの機能です。 これらの機能を使用すると、データ ネットワーク上の遅延、ジッタ、およびパケット損失の総計情報をテストして収集できます。 Internetwork Performance Monitor（IPM）は、機能を設定して SAA と RTTMON のデータを監視できる Cisco ネットワーク管理アプリケーションです。 SAA 機能と RTTMON 機能は、小規模な Cisco IOS ルータをお客様の端末をシミュレーションするエージェントとして展開することで、遅延、ジッタ、およびパケット損失を測定するために使用できます。 これらのルータは、遅延とジッタのプローブと呼ばれます。 また、ベースライン値が判断されると、リモート モニタリング（RMON）アラームとイベント トリガーを使用して遅延とジッタのプローブを設定することができます。 これによって、遅延とジッタのプローブでは、事前定義された遅延とジッタのサービスレベルとの比較でネットワークを監視できるようになり、しきい値を超えた場合には Network Management System（NMS; ネットワーク管理システム）ステーションに対してアラートを送信できるようになります。

遅延とジッタのエージェント ルータの展開

展開する位置

Cisco IOS ソフトウェア コード バージョン 12.05T 以降が搭載された Cisco ルータ 17xx 以降を展開し、Cisco IOS SAA 機能を設定することで、遅延とジッタを測定できます。 ホストに隣接するキャンパス ネットワーク内にルータを配置する必要があります。 これにより、エンドツーエン

ド接続の統計情報が提供されます。 ネットワーク内で考えられる限りのすべての音声パスを測定することは現実的ではないため、一般的な音声パスの統計情報サンプリングを提供する一般的なホストの位置にプローブを配置します。 次に例の一部を示します。

- ローカルのキャンパス間のパス
- 384 kbs フレームリレー回線を介したローカルのキャンパスからリモートのキャンパスへのパス
- ATM Permanent Virtual Circuit（PVC; 相手先固定接続）を介したローカルのキャンパスからリモートのキャンパスへのパス

Foreign Exchange Station（FXS）ポートを使用して Cisco ルータに接続された従来型の電話を使用した VoIP 展開の場合は、遅延とジッタのプローブとして動作するように電話へ接続されたルータを使用します。 展開後、プローブによって統計情報が収集され、ルータ内の Simple Network Management Protocol（SNMP; 簡易ネットワーク管理プロトコル）MIB テーブルにデータが入力されます。 この後、Cisco IPM アプリエーションまたは SNMP ポーリング ツールを介して、このデータがアクセスされる可能性があります。 また、ベースライン値が確立されると、遅延、ジッタ、およびパケット損失のしきい値を超えた場合に、NMS ステーションにアラートを送信するように SAA を設定することができます。

音声コールのシミュレーション

テスト メカニズムとして SAA を使用する利点の 1 つは、音声コールをシミュレーションできる点です。 たとえば、G.711 音声コールをシミュレーションするとします。 それが RTP/UDP ポート 14384 を以上に使用することを、それですおよそ 64 kb/s 確認し、パケットサイズは 200 のバイト {(160 バイトのペイロード + IP/UDP/RTP のための 40 バイト（圧縮解除される）です}。下記に示されているように SAA 遅延/ジッタ プローブの設定によってことトラフィック の 種類模倣できます。

ジッタの動作では、次が実行される必要があります。

- RTP/UDP ポート番号 14384 に要求を送信します。
- 172 バイト パケット（160 ペイロード + 12 バイト RTP ヘッダー サイズ）+ 28 バイト（IP + UDP）。
- frequency cycle ごとに、3,000 パケットを送信します。
- 20 ミリ秒の間隔で 60 秒間各パケット送信し、次の frequency cycle の開始前に 10 秒間休止します。

これらのパラメータでは 60 秒間に 64 kb/s が付与されます。

- （（3000 のデータグラム*データグラム）/60 秒））毎に 160 バイト *バイト毎に 8 ビット = 64 kb/s

ルータでの設定は次のようになります。

```
rtr 1
type jitter dest-ipaddr 172.18.179.10 dest-port 14384 num-packets 3000+
request-data-size 172*
frequency 70
rtr schedule 1 life 2147483647 start-time now
```

注: IP + UDP は要求データ サイズには考慮されませんが、その理由は内部的にルータによってサイズに自動的に追加されるからです。

注: 現在、Cisco IOS では動作ごとに 1,000 パケットのみがサポートされます。 将来のリリースではこの制限が引き上げられます。

遅延およびジッタ プローブ配備の例

次の例のルータでは、60 秒ごとに 60 秒間の音声コールをシミュレーションし、双方向での遅延、ジッタ、パケット損失が記録されます。

注: この遅延の計算は往復の時間であり、一方向の遅延を計算するにはこれを 2 で除算する必要があります。

```
saarouter1#
rtr responder
rtr 1
type jitter dest-ipaddr 172.18.179.10 dest-port 14384 num-packets 1000
request-data-size 492
frequency 60
rtr schedule 1 life 2147483647 start-time now

saarouter2#
rtr responder
rtr 1
type jitter dest-ipaddr 172.18.178.10 dest-port 14385 num-packets 1000
request-data-size 492
rtr schedule 1 life 2147483647 start-time now

saarouter3#
rtr responder
rtr 1
type jitter dest-ipaddr 172.18.179.100 dest-port 14385 num-packets 1000
request-data-size 492
frequency 60
rtr schedule 1 life 2147483647 start-time now

saarouter4#
rtr responder
rtr 1
type jitter dest-ipaddr 172.18.178.100 dest-port 14385 num-packets 1000
request-data-size 492
frequency 60
rtr schedule 1 life 2147483647 start-time now
```

サンプル データの収集

MIB テーブルのポーリング

遅延とジッタのプローブでデータの収集が開始され、このデータは続いて SNMP MIB テーブルに配置されます。 rttMonStats テーブルでは、過去 1 時間のすべてのジッタ動作の 1 時間平均が提供されます。 rttMonLatestJitterOper テーブルでは、完了した最後の動作の値が提供されます。 遅延とジッタの一般的な統計情報を求めるには、1 時間おきに rttMonStats テーブルをポーリングします。 より詳細な統計情報を求めるには、ジッタ動作よりも高い頻度で rttMonLatestJitterOper テーブルをポーリングします。 たとえば、遅延とジッタのプローブによって 5 分ごとにジッタが計算されている場合、5 分より短い間隔で MIB をポーリングしないようにしてください。

次の画面キャプチャでは、HP OpenView Network Node Manager MIB のポーリングによる rttMonJitterStatsTable からのデータを示しています。

SAA レポートの例

次の SAA データ グラフは、一対の遅延とジッタのプローブについて、8 時間にわたる遅延、ジ

ッタ、およびパケット損失のデータ ポイントをまとめたものです。

コマンドライン データの例

また、データは、遅延とジッタのプローブからコマンドラインで Cisco IOS **show** コマンドを使用しても表示できます。 コマンドラインからデータを収集し、それを後で分析するためにテキスト ファイルにエクスポートするには、Perl Expect スクリプトを使用できます。 また、遅延、ジッタ、およびパケット損失のリアルタイムの監視とトラブルシューティングには、コマンドライン データも使用できます。

次の例では、saarouter1 ルータでの **show rtr collection-stats** コマンドによるコマンド出力を示しています。

```
#show rtr collection-stats 100 Collected Statistics Entry Number: 100 Target Address:
172.16.71.243, Port Number: 16384 Start Time: 13:06:04.000 09:25:00 Tue Mar 21 2000 RTT Values:
NumOfRTT: 600 RTTSum: 873 RTTSum2: 1431 Packet Loss Values: PacketLossSD: 0 PacketLossDS: 0
PacketOutOfSequence: 0 PacketMIA: 0 PacketLateArrival: 0 InternalError: 0 Busies: 0 Jitter
Values: MinOfPositivesSD: 1 MaxOfPositivesSD: 1 NumOfPositivesSD: 23 SumOfPositivesSD: 23
Sum2PositivesSD: 23 MinOfNegativesSD: 1 MaxOfNegativesSD: 1 NumOfNegativesSD: 1
SumOfNegativesSD: 1 Sum2NegativesSD: 1 MinOfPositivesDS: 1 MaxOfPositivesDS: 1 NumOfPositivesDS:
7 SumOfPositivesDS: 7 Sum2PositivesDS: 7 MinOfNegativesDS: 1 MaxOfNegativesDS: 1
NumOfNegativesDS: 18 SumOfNegativesDS: 18 Sum2NegativesDS: 18 Entry Number: 100 Target Address:
172.16.71.243, Port Number: 16384 Start Time: 14:06:04.000 09:25:00 Tue Mar 21 2000 RTT Values:
NumOfRTT: 590 RTTSum: 869 RTTSum2: 1497 Packet Loss Values: PacketLossSD: 0 PacketLossDS: 0
PacketOutOfSequence: 0 PacketMIA: 0 PacketLateArrival: 0 InternalError: 0 Busies: 0 Jitter
Values: MinOfPositivesSD: 1 MaxOfPositivesSD: 1 NumOfPositivesSD: 29 SumOfPositivesSD: 29
Sum2PositivesSD: 29 MinOfNegativesSD: 1 MaxOfNegativesSD: 1 NumOfNegativesSD: 7
SumOfNegativesSD: 7 Sum2NegativesSD: 7 MinOfPositivesDS: 1 MaxOfPositivesDS: 1 NumOfPositivesDS:
47 SumOfPositivesDS: 47 Sum2PositivesDS: 47 MinOfNegativesDS: 1 MaxOfNegativesDS: 1
NumOfNegativesDS: 5 SumOfNegativesDS: 5 Sum2NegativesDS: 5
```

しきい値の予防的な監視

初期のデータ収集によってベースライン値が確立された後、ネットワーク内での遅延、ジッタ、およびパケット損失の各レベルを監視するには、いくつかの方法があります。 その 1 つの方法は、SAA **threshold** コマンドを使用する方法です。 もう 1 つの方法は、RMON アラームとイベントと呼ばれる、Cisco IOS メインライン コードの機能を使用する方法です。

saa threshold コマンド

SAA フィーチャ セット **threshold** コマンドでは、動作の対応するイベントを生成して履歴情報を格納する上昇しきい値 (ヒステリシス) が設定されます。 次の遅延とジッタのプローブでの SAA しきい値設定によって、ジッタの監視がイネーブルになり、5 ミリ秒のしきい値の違反について SNMP トラップが作成されます。

```
saarouter1#
rtr 100
rtr reaction-configuration 100 threshold-falling 5 threshold-type immediate
```

RMON アラーム およびイベント

遅延とジッタのプローブでは、SAA Cisco IOS 機能または Cisco IOS RMON アラームとイベントの方法を使用して、事前設定されたしきい値が監視されます。 どちらの場合も、ルータによって遅延、ジッタ、およびパケット損失が監視され、しきい値違反が SNMP トラップで NMS ステーションに警告されます。

次の RMON アラームとイベント トラップの設定では、上昇しきい値が最長ラウンドトリップ時間 140 ミリ秒を超える場合に、saarouter1 で SNMP トラップが生成されます。 最長ラウンドトリップ時間が 100 ミリ秒を下回る場合にも、もう 1 つのトラップが送信されます。 次に、このトラップはルータ上のログさらには NMS ステーション 172.16.71.19 に送信されます。

```
saarouter1#
rmon alarm 10 rttMonJitterStatsRTTMax.100.120518706 1 absolute rising-threshold 140 100 falling-
threshold 100 101 owner jharp
rmon event 100 log trap private description max_rtt_exceeded owner jharp
rmon event 101 log trap private description rtt_max_threshold_reset owner jharp
```

付録

Cisco SAA 遅延ジッタ プローブでのジッタ計算

ジッタは一方向の遅延における変動であり、発信された連続パケットの送受信タイム スタンプに基づいて計算されます。

タイム スタンプ	発信側	応答側
T1	send pkt1	
T2		recv pkt1
T3		send back reply for pkt1
T4	recv reply for pkt1	
T5	send pkt2	
T6		recv pkt2
T7		send back reply for pkt2
T8	recv reply for pkt2	

上記のパケット 1 とパケット 2 には、次の発信元と宛先の計算を使用します。

- 発信元から宛先へのジッタ（JitterSD）=（T6-T2）-（T5-T1）
- 宛先から発信元へのジッタ（JitterDS）=（T8-T4）-（T7-T3）

2 つの連続したパケットごとのタイム スタンプを使用してジッタが計算されます。 次に、例を示します。

```
Router1 send packet1 T1 = 0
Router2 receives packet1 T2 = 20 ms
Router2 sends back packet1 T3 = 40 ms
Router1 receives packet1 response T4 = 60 ms
Router1 sends packet2 T5 = 60 ms
Router2 receives packet2 T6 = 82 ms
Router2 sends back packet2 T7 = 104 ms
Router1 receives packet2 response T8 = 126 ms

Jitter from source to destination (JitterSD) = (T6-T2) - (T5-T1)
Jitter from source to destination (JitterSD) = (82 ms - 20 ms) - (60 ms - 0 ms) = 2 ms positive
jitter SD
```

```
Jitter from destination to source (JitterDS) = (T8-T4) - (T7-T3)
Jitter from destination to source (JitterDS) = (126 ms - 60 ms) - (10 4ms - 40 ms) = 2 ms
positive jitter DS
```

遅延とジッタのプローブのルータ ハードウェアとソフトウェアの設定

- **CISCO1720** — 2 WAN スロットおよび Cisco IOS IP ソフトウェアの 10/100BaseT モジュラールータ
- **MEM1700-16U24D** — 24 MB DRAM ファクトリ アップグレードへの Cisco 1700 16 MB
- **MEM1700-4U8MFC** — 8 MB ミニ フラッシュ カード ファクトリ アップグレードへの Cisco 1700 4 MB
- **CAB-AC** — 電源コード、110V
- **S17CP-12.1.1T** — Cisco 1700 IOS IP PLUS

関連情報

- SAA ユーザ ガイド
- テクニカルサポート - Cisco Systems