

ディペンダブルVoIPに向けた トラフィック識別技術

北村 強・静野 隆之
岡部 稔哉・谷 英明

要 旨

PSTNの代替として期待されるVoIPは、高い信頼性をもつ(ディペンダブルである)ことが要求されます。ディペンダブルなVoIPサービスを提供するためには、正当なVoIPトラフィックとそうでないトラフィックをきちんと識別し、帯域制御やフィルタリングといった通信制御を行う必要があります。NECでは、トラフィック制御の鍵となるトラフィック識別技術として、ポート番号やシグネチャに依存せずにパケットの送受パターンを分析するトラフィック識別技術を開発しました。本技術をトラフィック制御装置に適用することにより、VoIPトラフィックの品質を阻害するP2Pアプリケーションを的確に識別し通信制御を行うことで、ディペンダブルなVoIPサービスを実現できます。

キーワード

●ディペンダブル ● Voice over IP ● トラフィック識別

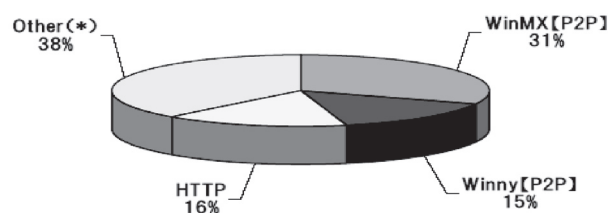
1. はじめに

ディペンダブルな音声通信サービスを提供するためには、音声通信を妨害するトラフィックと、正当なVoIPトラフィックをきちんと識別し、帯域制御やフィルタリングといった適切な通信制御を行う必要があります。本稿ではトラフィック制御の鍵となるトラフィック識別技術として、アプリケーションの通信パターンの挙動分析に基づくトラフィック識別技術を紹介します。

2. ディペンダブルVoIPサービス実現の課題

ディペンダブルなVoIPサービスを実現するには、音声トラフィックの安定した配送を確実に行うことが必要です。ところが、近年爆発的に普及しているP2P(Peer-to-Peer)アプリケーションは、大量のトラフィックを発生することからネットワーク帯域を占有し、音声トラフィックに大きな遅延や損失を与えといった問題を引き起こしています。例として、2003年2月におけるP2Pトラフィックは、**図1**に示すように全トラフィックの約46%を占めており¹⁾、その影響の大きさが分かります。

音声通信の品質を保持するために、ネットワーク管理者は帯域制御装置やファイアウォール装置などのトラフィック制御



(*)一部P2Pトラフィックも含まれると予想される

図1 ISP内トラフィックにおけるP2Pトラフィック比率¹⁾

装置をネットワークの出入り口に設置します。これらのトラフィック制御装置は、自ネットワークに流入するパケットのアドレス、ポート番号、またはパケット内に現れるアプリケーション特有のビットパターン(シグネチャ)を用いてトラフィックを識別することにより、VoIPトラフィックには確実な品質保証、そうでないトラフィックには通信帯域を制限するなどのフィルタリング処理を行います。

しかし、P2Pトラフィックはユーザ端末間で直接通信を行うことから、特定のポート番号を使用するといった取り決めはなく、またパケットデータの内容(ペイロード部分)は暗号化されることが通例であるため、ポート番号やシグネチャに依存した上述のようなトラフィック識別技術では正確な帯域制御を行

ディペンダブルVoIPに向けたトラフィック識別技術

うことができません。

NECでは、こうした現状の問題を解決する新しいトラフィック識別技術として、ポート番号やシグネチャに依存せずにパケット送受パタンの分析を行うトラフィック識別技術を開発しました。本技術をトラフィック制御装置に適用することにより、VoIPトラフィックの品質を阻害するP2Pアプリケーションを的確に識別し、適切に帯域制御を行うことによって、ディペンダブルなVoIPサービスを実現することができます。

3. VoIP品質管理のためのトラフィック識別技術

3.1 パケット送受パターンに基づくアプリケーション識別

異なるホストのアプリケーション間で通信を行う際には、通常、①ホスト間でセッションを確立するためのシグナリング制御メッセージの送受信、②確立したセッションに基づき音声や画像、データなどのメディアデータの送受信、といったパケットの流れが発生します。

セッション確立のためのシグナリング手順は、HTTP(Webアクセス)、FTP(ファイル転送)、SIP(VoIP)、Winny(P2Pファイル共有)など、アプリケーションごとに特徴的なパケット送受パターンで行われます。一方、セッション確立後のメディアデータの転送においても、その内容がファイル、音声、画像、といった違いが、送受されるパケットの流量、頻度などを特徴付ける要因となります。

従来のトラフィック識別技術では、パケットヘッダ上のポート番号やペイロードのシグネチャに基づいて通信アプリケーションの識別を行っていましたが、前述のように、これらの属性はアプリケーション側で変更または隠ぺいできるため、確実な識別ができません。NECが開発した新しい識別技術では、パケットサイズやパケット到着間隔など、隠ぺいできない要素に着目しており、これをシグナリングメッセージやメディアデータ伝送におけるパケット送受パターンに適用することにより、確実なトラフィック識別を可能にしています。以下では、隠ぺいできない2つの通信パターンを分析するトラフィック識別技術^{2,3)}について述べます。

3.2 パケット送受パタンの分析

パケットヘッダの5つの要素(送信アドレス、宛先アドレス、送信ポート番号、宛先ポート番号、プロトコル種別)が同一と

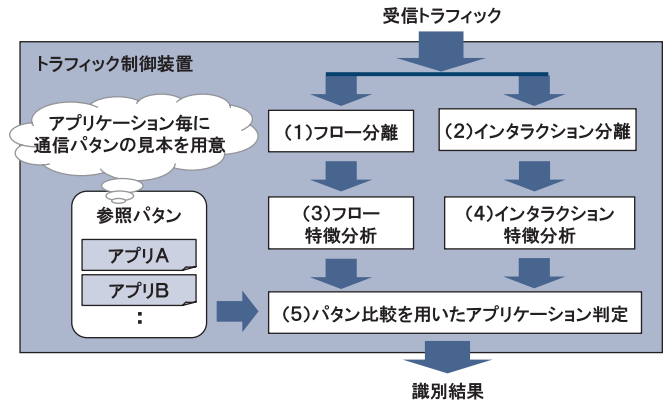


図2 パケット送受パターン分析

なるパケットの集合を「フロー」と定義します。また、2台の通信ホストがそれぞれ個別のポート番号を用いて対話的にやり取りするパケットの集合を「インタラクション」と定義します。

図2にトラフィック制御装置におけるアプリケーション識別手順を示します。まず、受信パケットをフロー単位およびインタラクション単位に分離します(1、2)。次にフローの特徴およびインタラクションの特徴をそれぞれ分析します(3、4)。最後にパターン比較を用いてアプリケーション判定を実施します(5)。フローやインタラクションの特徴がすべての参照パターンに一致しなかった場合は、未知のアプリケーションとみなし、参照パターンの追加学習を行います。

図2において、フロー特徴分析(3)およびインタラクション特徴分析(4)では、それぞれ受信したフロー挙動の特徴、インタラクション挙動の特徴を抽出します。以下に、フロー挙動の特徴とインタラクション挙動の特徴に関するアプリケーションごとの違いについて測定した結果を示します。

3.3 フロー挙動に関する特徴分析

メディアデータ送受の特徴分析の例として、いくつかのVoIPアプリケーション(Skype2.0、Netmeeting3.0、SIPphone)における音声フローの特徴の違いを測定した結果を図3および図4に示します。音声フロー挙動の特徴は、主に使用する音声コーデックやパケット化パラメータ(例:ビットレート、音声パケット送信間隔)によって異なります。Skype2.0はパケットサイズやビットレートを動的に制御する可変レートの音声コーデックを使用しています。Netmeeting3.0は複数の音声コーデックを、SIPphoneは1種類の音声コーデックをサポートして

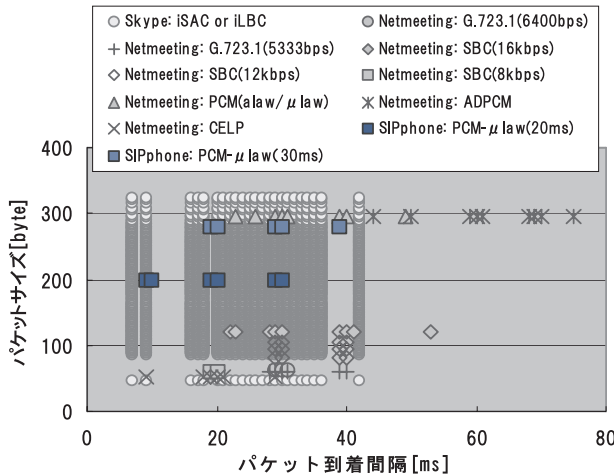


図3 パケットサイズおよび到着間隔に関する測定結果

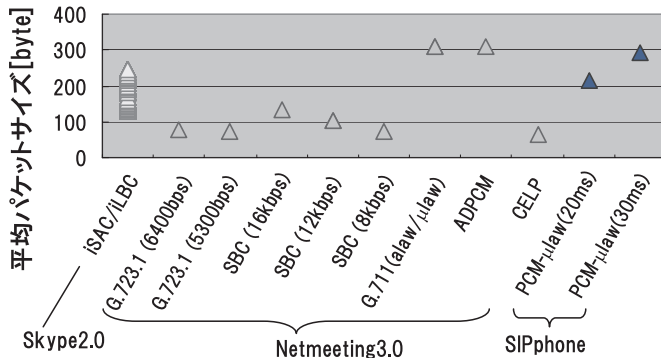


図4 パケットサイズに関する測定結果

いますが、ほとんどが固定パケットサイズ、固定レートで音声通信を行っています。

図3に示すように、Skypeでは動的レート制御に合わせて、パケットサイズおよび到着間隔は広範囲に変動することが分かります。またNetmeeting3.0やSIPphoneでは、設定された音声コーデックおよびパケット化パラメータに基づく特定の値を中心に分布することが分かります。

図4は、1秒ごとの平均パケットサイズを、計60秒間測定した結果を示しています。図4からSkypeでは、パケットサイズが大きく変動するのに対し、Netmeeting3.0やSIPphoneでは、その値が固定であることが分かります。なお、Netmeeting3.0については音声コーデックをSBC、ビットレート12kbpsとした場合にのみ3種類のパケットサイズが現れています。

図3および図4に示したフロー挙動の測定結果から、個々のアプリケーションフローの特徴を抽出することができます。これらのアプリケーションごとの特徴を参照パターンとして使用します。参照パターンの作成には、学習用に十分なデータ量のトラフィックを測定することが、トラフィック識別精度を向上させるために必要となります。

3.4 インタラクシオン挙動に関する特徴分析

インタラクシオン挙動の特徴は、アプリケーションが使用するシグナリングプロトコルによって違いが生じます。前節と同様に、SIPphone、Netmeeting3.0、Skype2.0におけるインタラクシオンの特徴を測定した結果を図5、図6、図7に示します。SIPphoneはシグナリングプロトコルとしてSIPを使用しています。Netmeeting3.0はH.323、Skype2.0は独自のP2Pシグナリングプロトコルを使用しています。

図5は、SIPphoneを用いた場合のサーバ/クライアント間のインタラクシオンにおけるパケット到着順序とパケットサイズの関係を表したもので、実際のインタラクシオンを計5回測定して結果を示します。図5に示した出現パターンには、図8に示すSIPシグナリング手順の特徴が現れています。

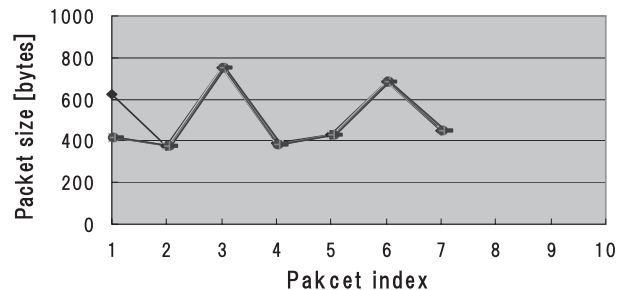


図5 SIPphoneにおけるパケットサイズ出現パターン

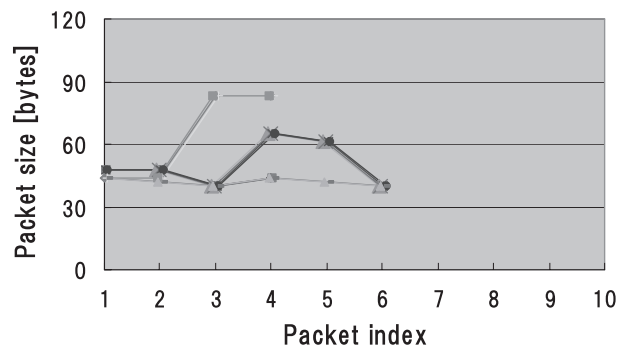


図6 Netmeeting3.0におけるパケットサイズ出現パターン

ディペンダブルVoIPに向けたトラフィック識別技術

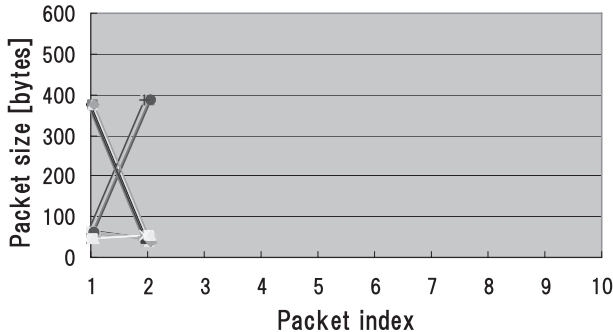


図7 Skype2.0におけるパケットサイズ出現パターン

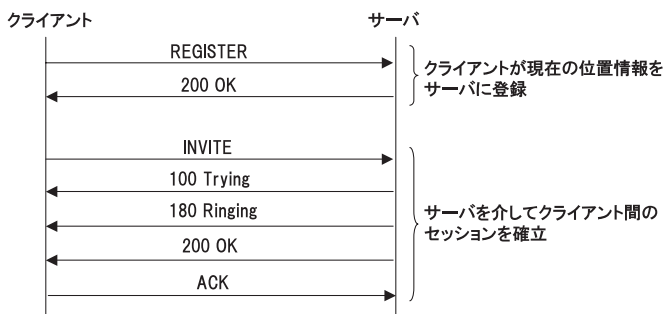


図8 SIPを用いたシグナリング手順

なお、SIPメッセージは、送受信アドレスであるSIP URI (Uniform Resource Identifier)の長さやSIP拡張ヘッダの有無によってパケットサイズが変化するため、参照パターンを作成する際には、許容誤差を考慮する必要があります。

図6にはNetmeeting3.0で音声通信するホスト間におけるパケットサイズ出現パターンを測定した結果を示します。図6には測定したセッションで必ず発生した出現パターンを示していますが、これは、Netmeeting3.0の制御プロトコルであるH.225(Q.931)やH.245などの特徴を示すものと言えます。図7には、Skype2.0で音声通信を実施している1台のホストに注目した場合における、複数の通信先ホストとの間に発生したパケットサイズ出現パターンを測定した結果を示しています。この図において、測定したセッションで必ず発生した出現パターンのなかに、Skype2.0が使用する独自P2Pシグナリングプロトコルによる、Peer間で実施するシグナリング手順の特徴が現れています。

また、Skype2.0のようなP2Pアプリケーションは常に多くのホストと通信リンクを構築するため、分析したインタラクションの挙動をホスト単位に分析することによって識別精度を向上できると考えられます。

以上の例から分かるように、インタラクションの特徴はシグナリングプロトコルによって異なります。このことを利用して、個々のアプリケーションの特徴を抽出して参照パターンを作成し、ネットワークに流入するフローをパターンマッチングすることでアプリケーションを識別できます。

4. おわりに

本稿では、アプリケーショントラフィックの特徴分析を用いたトラフィック識別技術について述べました。本技術により、ポート番号やシグネチャなどの隠べいしうるパケットヘッダ上の情報だけでなく、フロー挙動やインタラクション挙動といった複数の特徴からトラフィックを識別できるようになり、より信頼性の高いトラフィック制御を実現できます。今後、本技術の実用化研究を通じ、ディペンダブルなVoIPサービスの実現をめざしていきます。

* NetmeetingはMicrosoft Corporationの登録商標です。
 * SkypeはSkype Limitedもしくは他の関連会社の登録商標です。

参考文献

- 岡田、川原、“IP網におけるトラフィック特性分析の一考察”、信学技報 NS2003-5、2003.4
- 北村ほか、“フロー挙動分析に基づくアプリケーション識別手法”、電子情報通信学会、信学技報 NS2005-136、2005.12
- 北村ほか、“パケット種別遷移に基づくトラフィック識別手法の提案”、信学総大、2006.3

執筆者プロフィール

北村 強
 中央研究所
 システムプラットフォーム研究所

静野 隆之
 中央研究所
 システムプラットフォーム研究所

岡部 稔哉
 中央研究所
 システムプラットフォーム研究所
 主任

谷 英明
 中央研究所
 システムプラットフォーム研究所
 研究部長