



プロードバンド映像配信品質監視・制御技術

NTTネットワークサービスシステム研究所

うえまつ よしひこ し し ど ごう おくむら としゆき
植松 芳彦 / 宍戸 豪 / 奥村 敏之

インターネット上の映像配信サービスにおいて、配信セッションごとの配信品質を把握する技術、各配信品質をネットワークエリアごとに分布分析することによりエリアごとの輻輳規模をリアルタイムに判定する技術、輻輳予兆段階でのセッションごとの受付制御により配信品質劣化や輻輳拡大を防止する技術を紹介します。

品質監視の重要性

ADSL、光アクセス等のプロードバンドアクセス回線の普及を背景とし、インターネット上で広帯域映像コンテンツを配信するストリーミングアプリケーションの利用が拡大しています。映画・イベントライブ映像等の有価性の高い映像コンテンツを配信・販売する、企業のインターネットを介した販売促進活動等において動画像を織り交ぜることでインパクトのある商品プロモーションを行う等、さまざまなビジネス形態で利用されています。コンテンツホルダにとって多数のエンドユーザへの到達性の確保と配信品質の安定化が重要な要求条件ですが、実際には前者を重視してインターネット上で配信し、配信品質はその時々のインターネットの輻輳度に依存したペストエフオートとなる場合が大半です。

ストリーミングアプリケーションはWeb・Eメール等のダウンロード型アプリケーションに比べ、配信セッションの保留時間が長く、通過するネットワークの品質が各ユーザの視聴体感品質に及ぼす影響が大きい特徴があります。多くのアプリケーションは遅延調整バッファや損失パケットの再送制御機能によりネットワーク上の軽微な遅延変動やパケット損失を補償できますが、ネットワークの輻輳度の増大に伴い、映像のコマ

飛び・停止等の体感品質劣化が発生しやすくなります。

このように原理的に体感品質劣化の危険性が高いインターネット映像配信サービスにおいて、ネットワーク事業者としてコンテンツホルダやユーザの安心や信頼を得ていくためには、次の2つが重要と考えます(図1)。

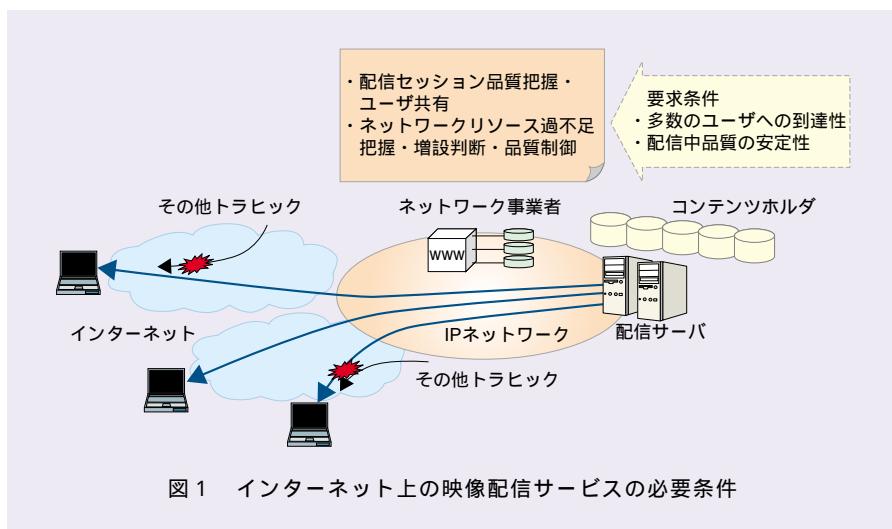
- ・配信セッションごとの品質劣化の有無を確実に把握しコンテンツホルダやユーザと共有する環境づくり
- ・その他トラヒックの影響を考慮しつつ、配信需要に対する配信サービスリソースの過不足をリアルタイムに把握して配信品質を安定化し、また長期的な設備増設に反映していく

ここではNTTネットワークサービスシステム研究所が取り組む映像配信品質管理技術、配信サービスリソースの過不足をリアルタイムに判定する技術、およびそれに基づく品質制御技術を紹介します。

ストリーミングアプリケーションの一般的な構成と動作

インターネット配信に適用される多くのストリーミングアプリケーションは図2に示すように、映像エンコーダ・デコーダの内側にレート制御機能、ネットワークへの入出力部にバッファ・再送機能を持ち、ネットワーク輻輳規模に応じて次のように振る舞います。

- ・軽微な輻輳状態：バッファ・再送



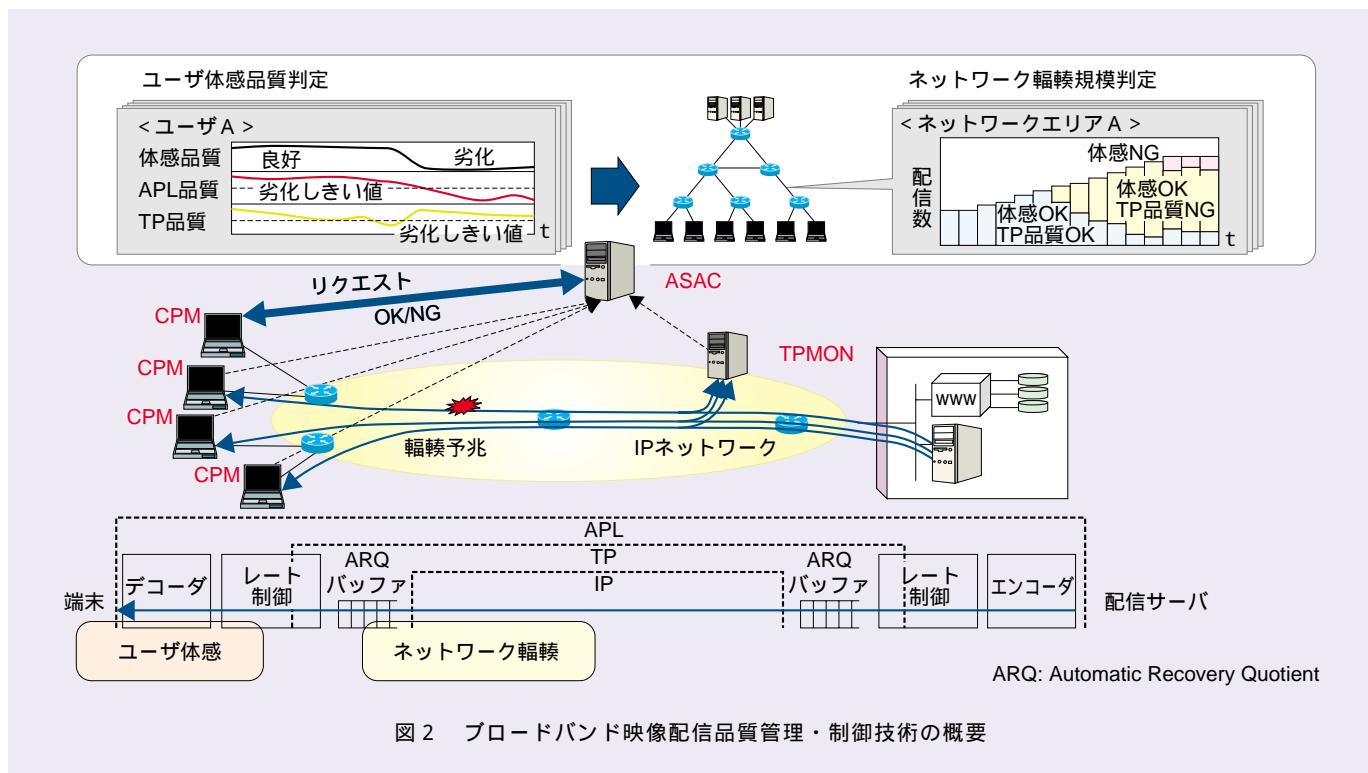


図2 ブロードバンド映像配信品質管理・制御技術の概要

機能が遅延・損失を補償し、体感品質劣化を防止。

・重輻輳状態：バッファ・再送機能が補償しきれなくなると、レート制御機能が映像自体のレートを低減し、最低限の画質（解像度や映像フレームレート）で配信を継続。さらなる重輻輳時は、大きく画質劣化または停止。

技術の概要

本技術では前述の振る舞いを示す配信セッションごとの品質情報を、図2の3つの機能要素（CPM, TPMON, ASAC）により収集・集中管理します。品質情報の分類について、バッファ・再送機能等が保持する再送・修復・損失パケット数や遅延等のパケットレベルの品質情報をトランスポート（TP）品質、アプリケーションレイヤのスループットや映像フレームレート等の映像デコード機能やレート制御機能が関連する品質情報をアプリケーション（APL）品質と呼びます。前者はネットワーク輻輳状態を検出するのに適し、後者はユーザの体感品質と密接に関連した情報です。

3つの機能要素の概要を示します。

CPM

CPM (Client Performance Monitor) はユーザ端末上で動作し、映像受信中にメディアプレイヤが内部に保持する APL品質やバッファ状態等一部のTP品質を収集します。APL品質の取得については、Windows Media, Helix等デファクト標準的に利用されるアプリケーションは品質情報に関する豊富なAPI (Application Programming Interface) を用意しており、本APIに定期的にアクセスすることで取得できます。

TPMON

ネットワーク内部に配置される TPMON (Transport Performance Monitor) は、セッションごとのTP品質を収集する機能です。TP品質の取得については、TCP (Transport Control Protocol) をトランスポート層とした配信の場合にはTCPスループットや再送要求パケット数の測定により、またRTP (Real-time Transport Protocol) 配信の場合にはRTCPパケットが含むパケット損失・遅延変動量やアプリケーション定義の再送パケット数の測定により取

得することができます。

ASAC

センタシステムである品質監視・制御機能 (ASAC: Adaptive Server access Admission Controller) は各ユーザが配信サーバにアクセスする際のゲートウェイとなり、ユーザから配信要求を受信した際に必要に応じてユーザ端末にCPMをダウンロードします。またCPM・TPMONから通知されたTP・APL品質をセッションごとに突き合わせ、セッションごとの体感品質を判定・管理します。またTP・APL品質を当該セッションが通過するネットワークエリア情報 [POI (Point Of Interface), アドレスブロック, リンク等] と対応づけて管理し、エリアごとにそこを通過するセッションのTP・APL品質を集計・分布分析することにより、ネットワークエリアごとの輻輳規模をリアルタイムに判定します。

ユーザ配信要求を受信した段階で、エリアごとの輻輳規模に応じて最適経路選択・アドミッション制御*等の配信セッ

* アドミッション制御：配信セッション開始要求の発生時に、当刻セッションをネットワークに収容するか否かを判断する受付制御。

ション制御を行うことにより、配信品質劣化や輻輳拡大の防止が可能です。NTTは電話・ATMネットワークの技術開発の中で、通信セッション単位の管理・制御技術を培ってきました。本技術は、これらのNTTの強みである技術と、再送制御等の日進月歩する端末間自律制御の連携により、インターネット上を含むさまざまな映像配信サービスの品質を安定化する新しい品質制御技術です。

技術の効果

ここでは市中の映像配信アプリケーションにおいて、本技術を実装したプロトタイプソフトウェアを用いた配信品質監視や品質制御の実施事例を説明します。一定容量の物理リンクに収容する配信セッション数を段階的に増加した場合について、システムが把握するTP・APL品質と実際のユーザの体感品質の相関を図3に示します。TP品質としてはTCPにおいて再送要求パケット数として用いられるSACK (Selective ACKnowledgment) パケット数を、APL品質としてはアプリケーションレイヤのビットレートをモニタしています。ネット

ワークの輻輳規模の増大に伴い再送要求パケット数が増大し、一定の輻輳規模となった段階でアプリケーションピットレートの低下と体感品質の劣化が同時に発生しています。ネットワーク輻輳時に送信側で大きく映像レートを低減するアプリケーションの場合、アプリケーションレイヤのレート・スループット情報が体感品質と密接に関連することが分かっています。

あるネットワークエリアAへの配信セッション数を段階的に増加した場合における、エリアA全体としての輻輳規模の拡

大の様子を図4に示します。セッション数が少ない状態では全セッションのTP・APL品質が良好ですが、セッション数増大に伴い、まずTP品質が劣化したセッションが増大し、その後体感品質が劣化したセッションが発生します(図4(a))。各セッションのTP品質は劣化しているが体感品質の劣化はない状態を、輻輳予兆と呼びます。図4(b)は品質監視制御機能が輻輳予兆を検出した段階で、次の配信セッション要求の受け付けを制限した場合の輻輳規模の推移を示します。エリアAとして輻輳予兆状態を維持し、

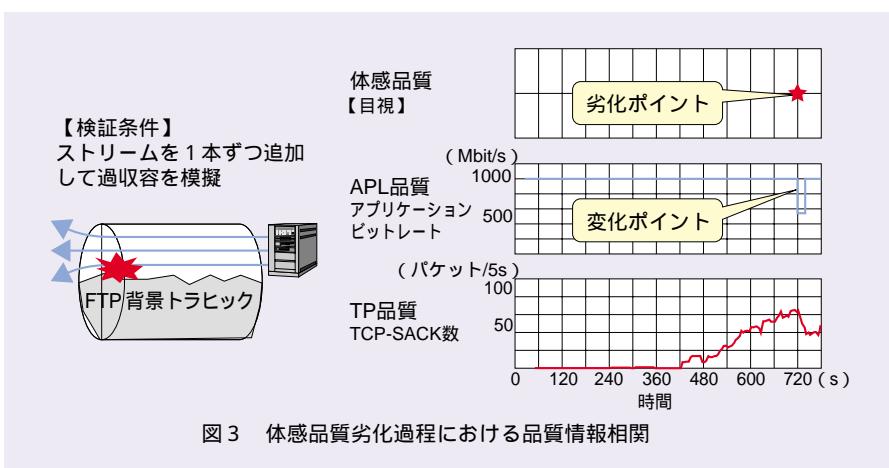


図3 体感品質劣化過程における品質情報相関

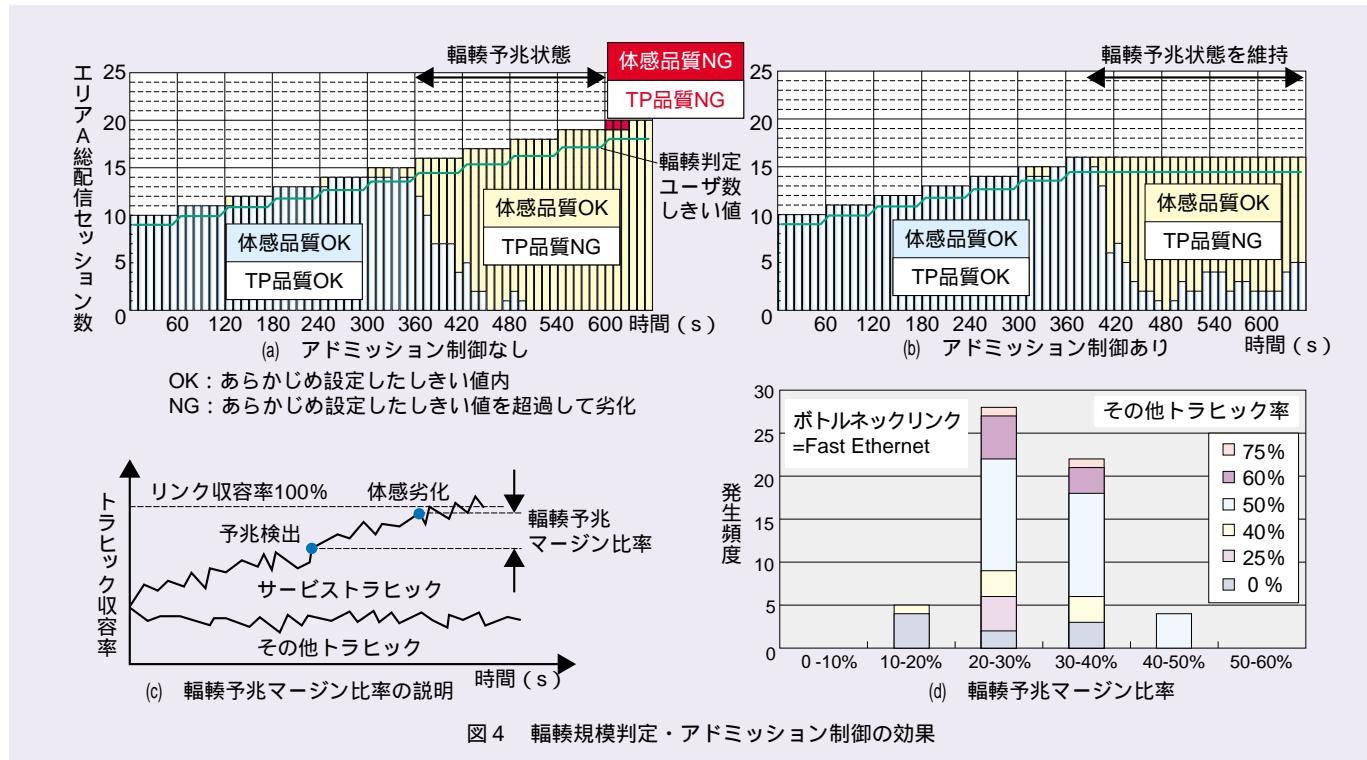


図4 輻輳規模判定・アドミッション制御の効果

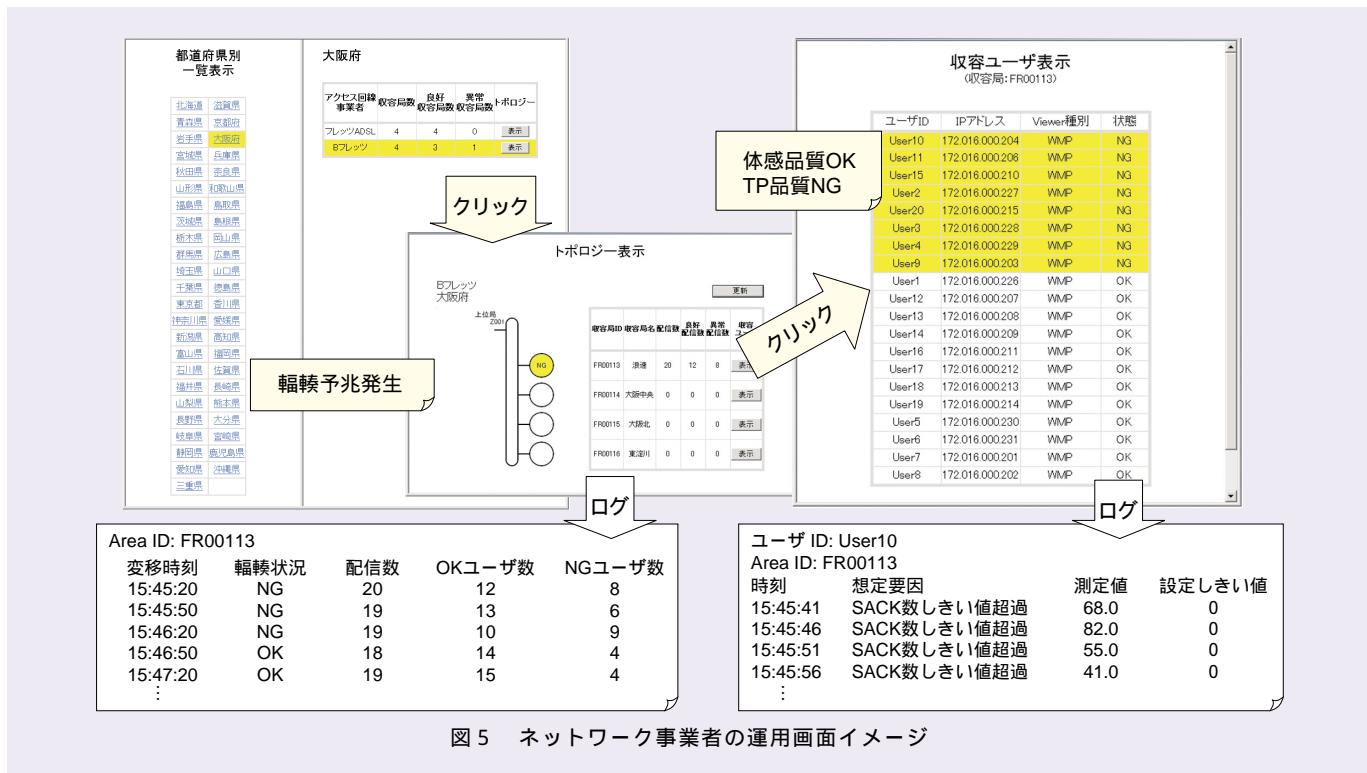


図 5 ネットワーク事業者の運用画面イメージ

すでに配信中の各セッションの配信品質が守られていることが分かります。

管理対象である映像配信サービス以外のその他トラヒックの挙動等を考えると、輻輳予兆検出時と体感劣化発生時の収容率の差分（輻輳予兆マージン比率）が大きいほど、品質安定化効果は大きいと考えられます（図 4(c)）。パケット到着が理想的なランダム過程の場合、平均トラヒック収容率が90%を超過してもパケット損失の発生はまれで、再送要求も発生しません。一方で現状の映像配信セッション、HTTP・FTP（File Transfer Protocol）セッション等バースト性が強いトラヒックを収容する場合、特に物理リンク速度が低く相対的にバースト性が強く見えるときは、平均トラヒック収容率が低くても再送要求が発生します。このため本技術は、特に収容トラヒックのバースト性が高い場合に安全側で輻輳予兆を検出できる特徴があります。図 4(d)は、ボトルネックリンク速度が100 Mbit/sの場合、その他トラヒックの収容率によらず20%程度の輻輳予兆マージン比率を確保できることを示しています。またギガビットクラスの高速

リンクがボトルネックとなる場合にも、数%の輻輳予兆マージン比率を確保できることが分かっています。

また図 3 に示すように、TP品質情報はトラヒック収容率に対し単調に増加する傾向にあるため、TP品質劣化を判定するしきい値の増減により輻輳予兆マージン比率を調整することも可能です。例えばネットワーク事業者が配信品質を重視するポリシーでサービスを運用する場合、TP品質の判定しきい値を低く設定することにより、大きなマージン比率で輻輳判定・制御することができ、配信品質を安定化することができます。逆に高いしきい値設定として、極力呼損を生じさせない運用とすることもできます。

今後の展開

本技術を事業会社・グループ各社に展開する活動を進め、各社の映像配信サービス事業形態や運用ポリシーに応じて利用いただき取り組みを進めます。すでにNTT西日本では、各ユーザの視聴品質の時間的推移やネットワークエリア間偏差等を常時把握する方法として、本技術を用いた実験的取り組みを進め

ています。NTT西日本が本技術を適用し、ユーザごとの配信品質およびNTT収容局を単位としたエリアごとの輻輳状態を把握する場合について、品質監視制御機能の運用画面イメージを図 5 に示します。



（左から）植松 芳彦 / 宍戸 豪 / 奥村 敏之

配信系アプリケーションをターゲットとした技術開発を完了しました。今後は本技術の双方向リアルタイムアプリケーションへの適用性を見極めていきます。

問い合わせ先

NTTネットワークサービスシステム研究所
プロードバンドネットワークサービスプロジェクト
TEL 0422-59-3598
FAX 0422-59-3787
E-mail uematsu.yoshihiko@lab.ntt.co.jp