

論文内容の要旨

博士論文題目

ストリーミング配信システムのためのエンドユーザ視聴品質
推定手法に関する研究

氏 名 寺田 直美

(論文内容の要旨)

インターネットの広帯域化を背景に、高品質ストリーミングサービスへの要求が高まっており、中でも、増加し続けている商用利用においては、特に高いサービス品質が求められる。高品質なサービスを安定的に提供するためには、サービス品質管理が非常に重要であり、サーバ管理者がクライアントにおけるサービス品質を正確に把握する必要がある。

ストリーミングサービスにおいて、クライアントのサービス品質を判断しようとした際に、定量的な品質判断基準はこれまで示されてこなかった。このため、ストリーミングでのサービス品質判断は、管理者の経験や勘に任される傾向があり、サービス品質判断が一定しないという問題があった。この背景には、ストリーミング通信やアプリケーションにおける詳細な内部解析が困難であることが挙げられる。ストリーミングサービスでは商用アプリケーションが主導的であり、実装の核になる部分の仕様については非公開となっている。通信手順や制御方式が部分的に非公開であることに加え、複雑な内部構造となっているため、出力される多数のログ項目と実際のサービス品質とが直結しにくい。また、実運用環境での利用を想定した場合、観測装置の設置、観測負荷による制約があるため、クライアント側での状態情報を直接収集することは困難である場合が多い。

本研究では、クライアントにおけるイベントやフレームレート変動を基準とする視聴品質に即したサービス品質の客観的判断基準を設定し、サーバ側でアプリケーションから得られる限られた情報から、サービス品質およびネットワークの状態を把握するための手法を示した。サーバで得られる出力と、クライアントにおけるサービス品質、サービス品質に影響を与えるネットワーク環境

の関係を明らかにすることにより、個々のクライアントに対するサービス品質とネットワーク経路の状態をサーバ側で定量的に判断することが可能となった。これにより、管理者の主観に左右されず一定のサービス品質判断を行うことができ、複数の拠点に分散しているシステムにおいても統一的なサービス品質管理を実現できる。また、本研究で得られた結果から、これまで分析困難とされてきた仕様が非公開であるシステムや、詳細な観測が難しい実運用環境下でのネットワーク環境においても、限定的な外部情報を分析することによって新たな情報を抽出可能であることを示した。

(論文審査結果の要旨)

本論文は、ストリーミング配信システムにおけるサービス品質把握技術として、クライアントアプリケーションでの客観視聴品質評価とサーバ側でのネットワークおよびサービス品質推定技術に焦点をあて、既存システムの限界点を明らかにした上で、運用時に得られる情報から配信状態を高精度に推定するための手法を提案、評価を行い、品質判断基準を明らかにした。

提案した品質評価推定技術では、クライアントアプリケーションにおける再生状態情報から視聴品質に即した品質評価を行い、ネットワーク環境とサーバアプリケーションの状態情報との相関を分析することで、サーバで得られる限られた情報から、個々のクライアントにおけるサービス品質とネットワーク状態の判断を実現した。

本論文の成果は以下に要約される。

1. ストリーミングサービス品質評価として、クライアントにおける視聴品質に即した再生品質の評価基準の設定に焦点をあて、インターネットを介した配信において発生する品質劣化現象に着目した。ストリーミングアプリケーションでは、ネットワーク上でのパケットロスや遅延により、再生時のフレーム欠落による品質劣化や、再送イベントの発生による再生中断が起こる。既存研究による評価は、ネットワーク転送を前提としていない評価方式では、パケット転送状態による影響が考慮されておらず、再送イベント検出のみによる評価方式では、フレーム欠落による視聴品質の影響を細粒度に反映することができないという問題があった。

本研究ではクライアントアプリケーションにおける再生フレームレート変動に着目し、再生中のレート変動パターンに基づく複数の指標値を設定し、主観評価との比較を行った。その結果、再送イベント、フレーム欠落に加え、連続的なフレーム欠落を評価に取り入れることによってエンドユーザ視聴感に即した視聴品質評価値を得ることができた。

2. 課金時などに必要となるサービス品質管理において、既存のサービス品質収集手法では、運用時の収集が困難であったり、得られる品質情報の精度に問題があった。加えて、現在ストリーミングで利用されるアプリケーションの多くは、仕様が公開されていない商用によるものが主導的であるため、内部的な解析については分析コストの高さが指摘されてきた。提案手法では、サーバアプリケーションから得られる配信ログ情報のうちデータパケット受信情報において、ネットワーク環境、クライアントにおけるサービス品質評価値との相関分析を行った。その結果、サーバログの再送パケット割合から、クライアントにおけるサービス品質の微細な劣化から長時間の再生中断に至るまで段階別に判断するための指標を得ることができた。また、各クライアントに至るネットワーク経路上のパケット転送状態を、再送、喪失パケット割合から推測することを可能にした。

以上のように、本論文はストリーミングにおけるサービス品質評価において、ネットワーク配信に適した新たな基準を提示し、ネットワーク、クライアントサービス品質、サーバ情報の3点で得られる情報を分析することによって、サーバ側での情報把握のための基準を提示した。提案方式はシステムの内部的な解析を必要とせず、ストリーミングをはじめとする商用のブラックボックスシステムの分析において有効性を提示した。今後このように内部的な分析が困難なシステムは増加すると考えられ、本論文による貢献は大きいといえる。よって本論文は博士(工学)の学位論文としてふさわしいものと認める。