

## 論文内容の要旨

博士論文題目 Studies on Jitter Behavior and Its Reduction Scheme for Multimedia Communication in ATM Network  
(ATM ネットワーク上でのマルチメディア通信におけるジッタ特性とその抑制に関する研究)

氏名 安達 直世

### (論文内容の要旨)

将来の超高速通信網では多重化による網の高利用に加えて各ユーザが要求する通信品質 (QoS) を保証することが必要不可欠である。本論文では非同期通信方式 (ATM) においてインターネットと動画アプリケーション、特に MPEG2 トラフィックを収容するため、QoS 指標として MPEG2 セルの遅延揺らぎ (ジッタ) に着目し、実システムにおける MPEG2 セルのジッタ特性の把握およびジッタを抑制する手法を提案している。本論文は以下の 5 章から構成されている。

第 1 章では本研究の背景と目的および意義が述べられ、本論文の概要が記されている。

第 2 章では、通信・放送機構、神戸多段接続リサーチセンターによる兵庫県 CATV インターコネクタプロジェクトの実験網が紹介され、その実験網上でインターネットと多重化される MPEG2 トラフィックのジッタ特性をシミュレーションにより評価している。MPEG2 トラフィックを構成するセルは厳しい実時間性が要求される一方で棄却については寛容であるのに対し、インターネットを構成するセルは遅延に寛容であるが棄却に関して厳しい制約を持つ。シミュレーション実験ではこの 2 種類の異なる性質を持つセルが多重化された状況下で ATM 交換機の段数・インターネットのトラフィック量・他の MPEG2 トラフィック量が、注目する MPEG2 トラフィックのジッタ特性に与える影響を定量的に明らかにしている。

第 3 章では初めに実験網で測定されたトラフィックデータを長期依存性および自己相似性の観点から統計的に解析し、あるレベルの自己相似性が観察されること、およびそれはインターネットトラフィックに起因することを示している。一般に長期依存的な自己相似性は網の性能を劣化させることが知られているが、自己相似性がジッタに与える影響についてはほとんど研究がなされていない。ここではさらに自己相似性を考慮したシミュレーション実験を行い、自己相似性と MPEG2 トラフィックのジッタとの関連性を定量的に明らかにしている。

第 4 章では ATM-ABR サービス上でマルチメディア通信を実現するためのジッタ抑制手法を提案している。本来 ATM-ABR はデータ通信用のサービスカテゴリであるが、近年ボトルネックスイッチの輻輳状態を反映させたレート制御手法が提案され、実時間通信が可能な技術として注目を集めている。しかしながらその手法ではセルレベルの低遅延特性は実現されているが、QoS を左右するアプリケーションレベルのジッタ抑制については考慮されていない。それに対して本論文では、データパケットの末尾セルの送出時点に着目した、アプリケーションレベルのジッタ抑制を目的とするセル送出手法を提案している。本提案手法では、パケットの最終セルが同期を取るよう送出されるため、アプリケーションレベルでのパケット流の平滑化が期待できる。ここでは本手法に対して待ち行列による近似解析およびシミュレーションを行い、提案手法の有効性を検証している。

最後に第 5 章で以上の研究成果の結論を述べるとともに今後の研究課題についても述べている。

## (論文審査結果の要旨)

本論文では ATM 交換網においてインターネットと動画アプリケーションを収容するため、QoS 指標として動画セルのジッタに着目し、実システムにおける動画セルのジッタ特性の把握およびジッタを抑制する手法を提案している。本論文の主な研究成果は以下の三点に要約される。

1. 通信・放送機構、神戸多段接続リサーチセンターによる兵庫県 CATV インターコネクトプロジェクトの実験網において、MPEG2 トラヒックのジッタ量を目的地での MPEG2 セルの到着時間間隔として定義し、注目する MPEG2 トラヒックのジッタ量が ATM 交換機の段数・インターネットのトラヒック量・他の MPEG2 トラヒック量から受ける影響をシミュレーションにより定量的に評価している。その結果、ATM 交換機の段数の増加またはインターネットトラヒック量の増加によりジッタ値が増大することが確認された。過去のジッタ関連研究では理論モデルの提案が主流であり、現実の ATM 網におけるジッタ特性についてはほとんど報告がなされていない。本シミュレーション結果は神戸多段接続リサーチセンターの基礎データとして提供され、実システム上でのジッタ測定実験の指標として用いられており、本研究成果は実システムの定量的評価の比較対象として意義が認められる。
2. 近年 Ethernet 等のコンピュータ通信網において、回線上を流れるトラヒックに統計的な長期依存性および自己相似性が発現していることが報告され、特に長期依存的なトラヒック特性は中継ノードを輻輳させる傾向が強いなど網の性能を劣化させることが知られている。本研究では上記の実験網上において基幹回線を流れるトラヒック量を時系列として測定し、自己相似性および長期依存性の有無について解析を行っている。その結果ある程度の長期依存性が確認されたため、さらに長期依存性とジッタ量との関連性についてシミュレーションにより定量的に評価を行っている。その結果、ジッタ量は長期依存性の強弱にそれほど影響を受けないことが判明した。エンド・トゥ・エンドにおける動画実時間配信の QoS を保証する際、網内で適切な輻輳制御方式が実現されていれば、送受信端末側では特に長期依存性を考慮しなくてもよいことを本シミュレーション結果は示唆している。
3. 上記二つの研究成果を踏まえ、最後に ATM-ABR サービスカテゴリー上でアプリケーションレベルのジッタ抑制を目的としたセル送出手法を提案している。具体的にはデータパケットの末尾セルが送出される時点に着目し、送出タイミングを遅らせて末尾セルの同期を取ることによってアプリケーションレベルのジッタ抑制を目指している。本手法の評価は待ち行列理論による近似解析及びシミュレーションによって定量的に行われ、結果として提案手法ではバックグラウンドトラヒック量や ATM 交換機の段数によらずジッタの抑制が可能であることが示されている。本研究で提案されている手法は、送信端末のみ変更すれば他の網設備に関係なく動画の品質向上が可能であることを示しており、今後の広帯域統合型網での動画実時間配信が普及するための要素技術として有効であると考えられる。

以上のように、本論文は実稼働している ATM 網上でのジッタ特性をシミュレーションによって定量的に評価し、得られた知見を基に送信側端末のみの変更で受信側端末で観察されるアプリケーションレベルのジッタを抑制できる送出手法を提案し、動画配信における QoS 保証を実現したものであり、情報通信工学の分野において学術および応用の点から寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。