

(論文内容の要旨)

デジタルネットワーク技術の急速な発達により、デジタル放送ではデータを分割して通信することが可能となり、多様な放送型通信が考案され、実用化されつつある。本論文では、連続メディアデータや選択型コンテンツといったストリーミングデータの配信において生ずるデータ受信の待ち時間を検討し、さまざまな利用環境において待ち時間を短縮するスケジューリング手法を提案し、その効果を解析したものであり、全体で8章からなっている。

第1章は、本論文の序論であり、ストリームデータの放送型配信の現状を概説し、本論文で取り扱うストリームデータの対象とする連続メディアデータと選択型コンテンツについて説明している。

第2章では、連続メディアデータの放送型配信を取り上げている。複数の受信端末が異なる帯域幅で受信するという異種クライアント環境で、連続メディアデータを途切れなく再生するための平均待ち時間を短縮するスケジューリング手法 H-AHB 法を提案している。H-AHB 法では、想定する受信端末の環境に合わせてサーバの帯域を分割して、受信可能帯域を最大限利用することで、平均待ち時間の短縮を図っている。例えば、3種類のクライアント(携帯電話、PDA、ノート型計算機)が存在し、チャンネルの帯域幅が再生レートの0.001倍、サーバが再生レートの10倍の帯域幅で放送する場合、これらの3種のクライアントの平均待ち時間を既存手法に比べて約半分に短縮できるという大きな効果を得ている。

次に、選択型コンテンツの放送型配信を取り上げている。

第3章では、ユーザがコンテンツを選択して視聴する選択型コンテンツの放送型配信において、再生レートと等しい帯域幅のチャンネルをできるだけ多く確保するスケジューリング手法CCB-CB法を提案している。評価の例として、使用できる帯域幅が地上波デジタル放送と同じ23Mbpsで、ニュース番組で5つのジャンルからユーザが興味のあるジャンルの選択を2回行ったあとに視聴する場合の平均待ち時間は、既存のCCB法では2.52秒、提案法では1.66秒となり、平均待ち時間を約3分の1短縮できることを示している。

第4章では、前章でのモデルに加えて、選択確率に偏りがある状況でのスケジューリング手法として、選択型コンテンツのすべての視聴経路において最後に到達するコンテンツの再生確率を考慮したスケジューリング手法 ECB 法を提案し、その有効性を評価している。

第5章では、選択型コンテンツのオンデマンド配信において、コンテンツの選択後待ち時間を短縮するスケジューリング手法 RSC 法を提案している。提案手法では、選択後待ち時間に上限を設定し、新たなコンテンツを配信するときに残り帯域が再生レートより大きい場合と小さい場合に分けてスケジューリングすることで、待ち時間を一定値以下に短縮している。シミュレーション評価では、選択後待ち時間が制限以下のコンテンツを優先的に配信すると、配信待ちリストに入ったコンテンツの一部を Stream Merge (SM) 技術で受信す

るため、各ユーザが帯域を使用する時間を短縮することができ、番組選択待ち時間と選択後待ち時間の両方を短縮できることを明らかにしている。

第6章では、IPネットワークにおける連続メディアデータの分割放送型配信システムの設計と実装を行い、分割による処理負荷と待ち時間の関わりについて評価を行っている。実装した分割放送型配信システム d-Cast では、既存の様々な分割放送型の手法を導入でき、クライアントに応じたインターネット放送システムを容易に構築できる。実運用における問題点として、再生処理時間の考慮、無手順の通信や処理負荷によるパケット欠損の発生、データ途切れ時間の発生がある。評価の結果、数十程度のデータの分割数であればシステムに影響を及ぼさないが、サブセグメント数が多い場合は、処理遅延のために帯域を有効に利用できないことを示している。

第7章では、P2Pストリーミング配信システム DeSPeRS の設計・実装を行い、実環境におけるスケジューリング手法の有効性を確認している。DeSPeRS では、既存の様々な分割放送型の手法を導入でき、クライアントに応じたインターネット放送システムを容易に構築できる。実運用で考慮すべき点として、データ再生時における途切れの発生や、セグメントデータ配信時の処理負荷、データ送受信時のオーバーヘッドがある。これらの結果をシミュレーション結果と比較評価して、シミュレーションモデルの妥当性を示している。

第8章は結論であり、本論文で得られた知見を述べている。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、音声や映像といった連続メディアデータ、及び、ユーザがコンテンツを選択して視聴する選択型コンテンツといったストリームデータの配信において、さまざまな環境下でのデータ受信時の待ち時間を短縮するスケジューリング手法を提案し、解析し、その有効性を明らかにしたものであり、得られた成果は以下のようにまとめられる。

(1) 複数の受信端末が異なる帯域幅で受信するという異種クライアント環境で、連続メディアデータを途切れなく再生するための平均待ち時間を短縮するスケジューリング手法 H-AHB 法を提案した。H-AHB 法では、想定する受信端末の環境に合わせてサーバの帯域を分割して、受信可能帯域を最大限利用することで、平均待ち時間の短縮を図っている。例えば、3種のクライアントのモデルで、平均待ち時間を既存手法に比べて約半分に短縮できるという大きな効果が得られた。

(2) ユーザがコンテンツを選択して視聴する選択型コンテンツの放送型配信において、再生レートと等しい帯域幅のチャンネルをできるだけ多く確保するスケジューリング手法 CCB-CB 法を提案した。評価の例として、地上波デジタル放送と同じ 2.3 Mbps で、ニュース番組で 5つのジャンルからユーザが興味のあるジャンルの選択を 2回行ったあとに視聴する場合の平均待ち時間は、単純法を改善したCCB 法と比較して、平均待ち時間を約3分の 1 短縮できることが明らかになった。

(3) 選択型コンテンツの放送型配信において、選択確率に偏りがある状況で待ち時間を短縮するスケジューリング手法を提案した。提案する ECB 法では、選択型コンテンツの視聴順序グラフにおけるすべての視聴経路において、根から末端までのコンテンツを再生する確率を考慮したうえで、コンテンツの放送スケジュールを作成する。評価の結果、CCB-CB法を発展させたECBが平均待ち時間を短縮できることを示した。

(4) 選択型コンテンツのオンデマンド配信において、コンテンツの選択後待ち時間を短縮するスケジューリング手法 RSC 法を提案した。提案手法では、新たなコンテンツを配信するときに、残り帯域と再生レートとの大きさを比較してスケジューリング割当を区別することで、待ち時間を短縮している。

(5) IP ネットワークにおける連続メディアデータの分割放送型配信システム d-Cast の設計と実装を行い、分割による処理負荷と待ち時間の関わりについて評価を行った。数十程度のデータの分割数であればシステムに影響を及ぼさないが、サブセグメント数が多い場合は、処理遅延のために帯域を有効に利用できないことが分かった。また、d-Cast では、既存の様々な分割放送型の手法を導入できることが確認できた。

(6) P2P ネットワークにおけるデータのストリーミング配信システムの設計と実装を行い、データの分割による処理負荷と待ち時間の関わりについて評価を行った。実装した P2P ストリーミング配信システム DeSPeRS では、既存の

様々な分割放送型の手法を導入でき、クライアントに応じたインターネット放送システムを容易に構築できた。実運用で考慮すべき点を理想的環境のシステムモデルにフィードバックして実環境の評価結果と比較することで、シミュレーション評価の信頼性が向上したことを確認した。

以上のように、本論文は、ストリームデータの放送型配信において、受信時の待ち時間を短縮するスケジューリング手法の理論的发展に貢献するとともに、配信システムの開発を行ったものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成21年1月28日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果、合格と認めた。