

研究種目：若手（スタートアップ）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19800024
 研究課題名（和文） ユーザリソース配分による高効率なリアルタイムデータ配信方式
 研究課題名（英文） Study of Efficient Real-Time Data Distribution Method using Users' Resource Allocation
 研究代表者
 中村 嘉隆（NAKAMURA YOSHITAKA）
 奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教
 研究者番号：40452528

研究成果の概要：本研究では、ユーザがリソース提供及びインセンティブ獲得に関して様々な嗜好を持つ場合などを検討し、それに対応できるようにインセンティブ配分モデルの提案を行なった。また、Peer となる各端末の地理情報を考慮して Peer ID の割り当てを行うことによって、低遅延構造型 P2P オーバレイネットワークを構築できるプロトコルの提案を行なった。これによってインセンティブシステムに遅延に関する指標を導入することが可能となった。ID 割り当て法については査読付会議にて発表を行なった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,250,000	0	1,250,000
2008年度	1,210,000	363,000	1,573,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,460,000	363,000	2,823,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：計算機システム・ネットワーク

キーワード：ネットワーク・マルチキャスト・インセンティブ・リソース配分

1. 研究開始当初の背景

インターネットの広帯域化に伴い、ビデオ会議のように多数のユーザがユーザ同士で大容量のマルチメディアデータを交換するシステムの需要が高まると考えられる。この際に、既存のシステムでは複数の大容量データによって、帯域などの限られたネットワークリソースに競合が発生し、ユーザ数の増加

によって同時配信が不可能になってしまう状況が起りうる。これに対し、ユーザ間の P2P (Peer-to-Peer) リンクからなる仮想ネットワークを利用し、各ユーザがデータパケットの複製及び複数ユーザへの転送を行なう P2P マルチキャストが提案されており、データ転送を各ユーザに分散させることによって問題を解決している。P2P による動画像などの大容量データ配信では、データを中

継するユーザにおいて、データパケット複製処理のためにかかる計算コストや、自分以外のユーザへの配信のために使われる帯域コストなど、ユーザ自身にメリットのない処理に大きな負荷がかかっているという問題がある。この問題について、これまでのシステムでは各ユーザの自発的なリソース提供に任せていた。しかし、一般に参加ユーザには、自分にメリットのない処理はできるだけ避けたいという要求がある。そのために、これらの処理に対してなんらかのモチベーションを与えることで、システム全体の動作品質をより高める制御が必要な状況であった。

また、各ユーザの持つリソースには差があり、多くのリソースを持つノードがより多くのユーザに対してデータ供給を行なう形が望ましい。従来は P2P ストリーミングにおけるリソース供給割り当てを持っているリソースに対する課税の仕組みをとることなどで実現していた。すなわち、より多くのリソースを持つ Peer はシステムに対しより多くの貢献をしなくてはならない。この結果、リソースを多く持つ Peer が多くの帯域をシステムに提供させ、システム全体で受信可能な帯域を増加させることができることがわかってきた。

このように、自発的に個々のユーザから全体に対しての貢献が行なわれるような仕組みを取り入れることは、想定してきたアプリケーションにおいて重要な問題であると考え、本研究を着想するに至った。

2. 研究の目的

本研究ではデータ中継に対してモチベーションを与えることで、効率のよいデータ配信のためにこれらを考慮した高品質、すなわち安定性・性能の優れたマルチキャスト配信木を、各ユーザが自律的に構築するプロトコルを設計することを目的とした。

まず、与えられるインセンティブに対して、ユーザがどのように行動するかを検討し、それに応じてインセンティブ配分を改良する必要がある。どのような行動をとるユーザが存在した場合も、マルチキャスト配信木の品質を損なうことのないようなアルゴリズムの考案を行なうことを目指した。

また、ビデオ会議を行なうためには、複数の動画を同時に配信する必要がある。このとき、動画ごと別々の配信木の間でユーザから提供されたリソースの利用を調整する必要がある。このような場合の調整法の考案を目指した。

ユーザにおける提供リソース量の差が最も大きいのは、PDA などのモバイルユーザが参加したような場合である。このような場合に利用するために、無線環境の特性を取り入れたアルゴリズムへの改良を目指した。

最終的に、それぞれのアルゴリズムに対して、シミュレーションおよび簡単な実機実験によって、既存の配信木構築法より高効率かつ安定した配信木が構築できていることを確認するところまでを目標とした。

3. 研究の方法

複数ソースからの大容量データ配信を実現する際には、システム全体の品質を向上させるような配信を実現することが必要である。従来手法では、ユーザの持つリソースに課税する形で、システムに貢献させていた。これに対し、本研究では、データ中継に対してモチベーションを与える方針で解決を図り、効率のよいデータ配信のためにこれらを考慮した高品質、すなわち安定性、性能の優れたマルチキャスト配信経路木を構築するプロトコルを設計することを研究の目的とする。

P2P 仮想ネットワーク上でのマルチキャスト配信を用いて、大容量の複数データ配信を行なう際は、自分の持つリソース（ネットワーク帯域、計算機の CPU 能力）がほかのユーザへの中継のためにも使われることになる。これらのリソース消費についてのコストに応じて代償（インセンティブ）を与えることにより、データを中継することに対してモチベーションを与える。ここではノードの転送回数（パケットを複製する数）、自分以下の部分木にいるノード数（離脱によって影響を受けるノード数）からコストを決定する。また、上位に存在するノードの能力が低かったり、頻繁に離脱したりする場合は、マルチキャスト配信木の品質を低下させるため不适当である。従って、獲得したインセンティブは仮想マネーのようにストリーム帯域の獲得などに消費できる。これによって、能力が高く優良なノードを上位に集められる。

本研究では、まず各ユーザに自らの能力に応じてセッションに提供可能なリソース量（獲得したいインセンティブ値）を提出させる。要求値を配信経路木の葉ノードから送信元へと集約していく。この過程で、各ノードが得られるインセンティブ、他のノードが要求しているインセンティブが計算できる。これを元に、送信元からの遅延がストリームの許容遅延を超えない範囲でノードの入れ替

えを行なう。また、要求インセンティブは各ノードの能力（帯域、CPU 能力）、これまでのデータ転送実績によって制限を与えておけば、要求に従って入れ替えることで配信経路木の上流に能力の高いノードを集めることができ、経路木の品質が改善する。また、これらの入れ替えは各ストリームの許容遅延を満たす範囲で適切に行なう必要がある。このような制御を行なうプロトコルを提案する。

提案プロトコルのシミュレータを実装し、他の方式と比較した場合のマルチキャスト配信木の帯域分布、ノードの能力値による配信木上の分布などを評価し、プロトコルの性能を確認する。また、複数データの同時配信に対応するため、一つのセッション内に複数の経路木が同時に存在する場合に、各ユーザがどの配信経路木にどれだけのリソースを提供すれば、もっとも品質のよい配信木が構築できるかについての検討を行なった上でプロトコルを改良する。

4. 研究成果

2007 年度は、与えられるインセンティブに対して、ユーザがどのように行動するかを検討し、それに応じてインセンティブ配分を改良する必要がある。どのような行動をとるユーザが存在した場合も、マルチキャスト配信木の品質を損なうことのないようなアルゴリズムの考案を行なった。具体的には、ユーザの提供するリソースに応じてインセンティブを配分し、ユーザがそれに基づいてマルチキャスト配信木での接続の変更・配信数の追加を行なうことで、マルチキャスト配信木を高品質なものに改善していくための基本アルゴリズムを設計し、このアルゴリズムをシミュレータに実装して、インセンティブ獲得に貪欲なユーザ群の下で、意図した通りの配信木が構築されていくかどうかの評価を行なった。

2008 年度は前年度までに提案したプロトコルについて、ユーザがリソース提供及びインセンティブ獲得に関して様々な嗜好を持つ場合、すなわち、最も多くインセンティブを獲得するような行動をとる・または最低限のリソース提供ですませようとするなどの行動を取る場合を検討し、それに対応できるようにインセンティブ配分モデルの改良を行なった。

また、提案手法を無線アドホックネットワークにおいても利用可能とするための改良を行なった。まず、無線環境の特性や帯域の

状態を考慮に入れたプロトコルの設計を行なった。また、Peer となる各端末ノードの地理情報を考慮して、Peer ID の割り当てを行うことによって、遅延の小さな構造型 P2P オーバレイネットワークを構築できるプロトコルの提案を行なった。これによってインセンティブシステムに地理情報などによる遅延に関する指標を導入することが可能となった。この Peer ID 割り当て法については査読付会議にて発表を行なった。

今後は、提案した低遅延の構造型 P2P オーバレイネットワークの構築手法を利用し、遅延以外のインセンティブモデルのみによってオーバレイネットワーク構築した場合に比べて、どの程度の満足度が得られるか、インセンティブ獲得に対する嗜好の満足度と端末位置の関係から、遅延情報をどの程度ネットワーク構築に反映させるべきかのトレードオフポイントを明らかにし、プロトコルに反映させていきたい。また、ユーザが状況に応じてどのようにインセンティブ獲得への嗜好を変化させるかについて調査を行ない、その傾向を明らかにしていきたい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

- ① 木谷友哉, 中村嘉隆, "ノードの地理情報を考慮した遅延の小さな構造型 P2P オーバレイネットワークの構築法," 第 16 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, 2008.12.10, 山口.

〔図書〕(計 1 件)

〔産業財産権〕

○出願状況（計 件）

○取得状況（計 件）

〔その他〕

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村 嘉隆 (NAKAMURA YOSHITAKA)
奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教
研究者番号：40452528

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者