

審査の結果の要旨

氏名 許志彰

本論文は「ACTIVE VIDEO DELIVERY: A NEW ROUTER-ASSISTED GROUP COMMUNICATION SERVICE アクティブ・ビデオ・デリバリー:新しいグループ通信サービスの提案」と題し、大規模なオンデマンドサービスならびにインタラクティブ・マルチポイント・サービス実現のためインフラストラクチャの整備、ACTIVE NETWORKS 技術に基づく ACTIVE VIDEO DELIVERY(AVD)と呼ばれるメカニズムを提案している。

最近の急速なブロードバンドネットワークの普及、また高度なマルチメディア技術の発展により、高品質なビデオストリーミングサービスとその応用であるVoD:VIDEO ON DEMANDは大きな期待を集めている。現在、VoDに関する主な研究はビデオ・サーバの帯域幅要求、ネットワーク転送コスト、およびユーザ側の開始遅延などの問題が中心となっている。しかし、これらの研究のほとんどは全ての転送経路に MULTICAST 可能なルータを配備することを前提としている。これは現在の IP ネットワークの環境では現実的ではない。

一方、ビデオ会議用のアプリケーション及びプラットフォームの研究開発はユーザフレンドリーなインタフェース、シームレスなオーディオ/ビデオの融合、また多機能性等が中心になっている。これらはより豊かなビデオ会議システムの設計に不可欠であるが、多地点でのインタラクティブ・グループ・コミュニケーションの効率的な実現方式、ネットワーク/サーバの帯域幅の影響およびその管理についての分析や議論は不足しているのが現状である。

本論文では、大規模なオンデマンドサービスならびにインタラクティブ・マルチポイント・サービス実現のためインフラストラクチャの整備、ACTIVE NETWORKS 技術に基づく ACTIVE VIDEO DELIVERY (AVD) と呼ばれるメカニズムを提案する。AVD は、ネットワーク層 (IP 層) のフォワーディング機能 (つまり、IP MULTICAST) 及びアプリケーション層の管理機能を利用し、効率的かつ柔軟性のある仕組みを実現している。

本論文は以下のように構成されている。

第1章で序論である。

第2章では研究の背景ならびに既存研究について述べている。AVD メカニズムを実現するにあたっての問題点について議論するとともに、グループコミュニケーションサービスに関する現在の研究動向についても議論している。既存研究の比較を行い、既存方式をどのように AVD メカニズムの設計に利用できるかについて議論している。

第3章では、AVD の概要を述べ、システム提案を行っている。具体的には、AVD がどのように現在の IP MULTICAST と異なるのか、および AVD の目標と予想される結果について提示している。さらに本章の後半では、AVD メカニズムで定義される 2 つのモデル(集中型モデル/分散型モデル)について、その違いを述べている。

2つのモデルのうちまず集中型モデルについて具体化を検討する。集中型 AVD メカニズムにおいて、ACTIVE PACKET が配送経路(経路)に沿ってどのように ACTIVE ROUTERS(AR)を検出するのについて議論し、その後、AVD ツリー生成処理を提示している。また、ユーザの JOIN 処理と ACTIVE ROUTER の REV_JOIN 処理、さらに AVD ツリー最適化のための OPT_JOIN 処理、PRUNE 処理、RTT_ESTIMATE 処理を提案している。本章の最後では、AVD ツリーを効率的に管理するための2つのメッセージ(HEARTBEAT および ALIVE)について議論している。

第4章では”分散型 AVD アーキテクチャ”を題し、分散型 AVD ツリー構造について議論する。はじめに分散 AVD モデルを提案する。これは大規模なグループコミュニケーションに適しているモデルである。第3章で述べられている集中型 AVD モデルでも使用されているユーザの JOIN、ACTIVE ROUTER の REV_JOIN、ならびに AVD ツリーの最適化、管理のための手法について検討する。

第5章は”AVD の応用”を題し、2つの AVD アプリケーションを紹介している。最初の応用は「VIDEO MERGING」で、真の意味での ON-DEMAND サービスを実現するためのアルゴリズムを提案している。具体的には、まず、提案アルゴリズムはビデオサーバ帯域幅及びネットワークコストへ

の影響について理論分析する。それらの評価項目を最適化するため、マルチプルの AVD (MULTIPLE AVD)を提案し、ユーザ間でより効率的にデータを共有できることを証明した。

次に、AVD で構成されたマルチキャスト可能なインフラ上でどのようにこのアプリケーションが動作するのかを議論し、さらに、仮にユーザ間でビデオサーバへのリクエストの時間が異なっても高効率にデータを共有し配送することが可能であることを示した。2つ目の AVD アプリケーションは、この高効率共有配送機能を活用する BROAFERANCE である。BROAFERANCE とは、多地点、すなわち、 $N \times N$ 型のインタラクティブ型協調ビデオ配信サービスである。最初にユーザをどのようにグルーピングするのかについて議論し、続いて、近傍サーバリストを利用することによって、サーバとユーザの間に位置するすべての ACTIVE ROUTER で、維持しなければならないネットワーク状態の量を大幅に減少させることが可能となることを示す。以上のことから、AVD メカニズムは、グループコミュニケーションサービスの構築に、柔軟に対応できることが示された。

第6章では、“AVD の評価”と題し、シミュレーションモデル・条件の明確化と評価結果について概説する。まず、集中型 AVD アーキテクチャ、分散型 AVD アーキテクチャのそれぞれについて、OPNET と呼ばれるネットワークシミュレータで構成する場合の、各ネットワーク構成要素(サーバ、ユーザ、ACTIVE ROUTER 等)の実現法について述べる。続いて、ネットワークコストおよびサーバ帯域幅等の性能に関して、AVD メカニズムの詳細な評価を行う。さらに、様々なネットワークトポロジーとトラフィック条件のもとで評価を行った結果、AVD メカニズムを利用したアプリケーションは、ビデオサーバ帯域幅の低減、ネットワークコストの最小化、平均リンク・ロードの最適化等を実現できることが明らかとなった。最後に、ACTIVE ROUTER 数(全ルータ中の ACTIVE ROUTER の割合)と、ネットワークの性能について評価した。AVD はすでに前述した通り、既存 IP MULTICAST 等とは異なり、ネットワーク中にすべてのルータが、MULTICAST 機能を搭載している必要はない。実際、わずか 25%程度のルータが ACTIVE であれば、AVD の利点を享受できることを明らかにしている。

第7章はまとめであり、本論文の研究成果をまとめ、残された課題や今後の研究の方向性について整理している。

以上要するに本論文では、従来困難であった MULTICAST の実現を ACTIVE NETWORK 技術を基礎として解決することを目的とし、集中型 AVD アーキテクチャ、分散型 AVD アーキテクチャを提案して、従来解決が困難であった様々な問題を解決することに成功し、さらに、AVD で構成されたマルチキャスト可能なインフラ上で真の意味での ON-DEMAND サービス、(VIDEO MERGING アルゴリズム)と $N \times N$ 型のインタラクティブ型協調ビデオ配信サービス(BROAFERANCE)の二つのアプリケーションを構築し、それらの有効性及び効率性を理論分析及び詳細シミュレーションで検証したものであり、画像配信技術分野に寄与するところ大である。

よって著者は東京大学大学院工学系研究科における博士(工学)の学位論文審査に合格したものと認める。