

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年4月1日現在

機関番号：14201

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500055

研究課題名（和文） P2Pビデオ配信機構の開発とその実環境での評価

研究課題名（英文） P2P Video Delivery Method and Its Evaluation on PlanetLab

研究代表者

森 将豪 (MORI MASAOKI)

滋賀大学・経済学部・教授

研究者番号：90024942

研究成果の概要（和文）： P2Pビデオ配信機構を実環境において評価するために、過去に測定した経路品質情報から現在の経路品質値を推定する教師あり学習（Weighted  $k$ -nearest neighbor algorithm, WKNN法）に基づく手法を提案し、提案手法をPlanetlab上で動作するように実装し、実際のWAN環境を使用して評価実験を行った。その結果、経路品質（帯域など）に関して良好な推定精度を得ていることを確認し、提案手法の有効性を実験的に示した。

研究成果の概要（英文）： In order to estimate P2P video delivery method in real environments, we proposed a method based on supervised learning, so-called the weighted  $k$ -nearest neighbor (WKNN) algorithm, for estimation of overlay link qualities from qualities observed in the past. Our experiments on PlanetLab showed that our method has good performance on path latency estimation, and there is no correlation between overlay links with close geographical similarity on bandwidth estimation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,400,000	720,000	3,120,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学、計算機システム・ネットワーク

キーワード：ネットワーク、ビデオマルチキャスト、トランスコード、Planetlab、3D画像

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、インターネット上でのビデオ配信が盛んになってきている。特に欧米や中国では、Joost, Zattoo, PPLive等の、P2P方式を利用したビデオ配信サービスに対し、加入者数が既に数百万人規模に達している。これに伴い、P2P方式のビデオ配信に関する研究がここ数年活発に行われている。一方、

大画面テレビが普及し、一般家庭でも高品質なビデオを視聴できる環境が整いつつあり、また携帯電話の機能の向上によって、携帯電話の小さな画面でもビデオを視聴できる環境が整ってきている。このような多種多様な端末に効率よくビデオを配信する方法の考案が希求されている。

(2) 異なるビットレートを持つ複数個のビ

デオバージョンをあらかじめ用意し、ユーザからの要求に合うものを配信するマルチバージョン法[Conklin2001]、ビデオを中間ノード上で要求された品質に変換して配信するオンライントランスコード法[Jacobs1998]、ビデオを階層符号化を用いて複数の層に符号化し、各ユーザは任意の個数の層を受信する階層化マルチキャスト法[Liu2004]が提案されてきた。[Liu2007]では、トランスコードの過程で生じるデータをピア間で共有することにより、CPU 資源を削減する方式を提案している。

(3) 筆者らは、同じビデオの配信に対し異なる品質要求を持つ多数のユーザに対して、末端のユーザを除くすべてのユーザノードにトランスコードを行わせ中継させることで、効率よくビデオを同時配信する方式 MTcast の提案を行った([Sun2005], [Shibata2007])。MTcast では、各ユーザ(ビデオ受信者)は各自の環境の制約に基づいて決定したビットレートを要求品質として指定し、ビデオの配信を要求する。この際、ビデオの時間帯ごとあるいはシーンごとに異なる要求品質を指定することもできる。MTcast の特徴として、各ユーザノードでトランスコードを行うビデオの数を最大で1に抑えられること、オリジナルの配信ノードから経由するユーザノードの数を配信ノード数の log のオーダーで抑えられること、また、ユーザノードの故障に対して頑強なことが挙げられる。

## 2. 研究の目的

筆者らが提案する MTcast 方式 (Multiple Transcode-based video multicast) を基にして、異なる品質要求 (ビットレート、ピクチャサイズ、フレームレート、音声チャンネル数、等) を持つ多数のユーザに対し、サーバから一度にビデオを配送できる効率の高い P 2 P ベースのビデオストリーミング機構を考案し、無線携帯端末を含む実環境に近い環境の下で実験・評価を行い、実用化への一提案とすることにある。このような仕組みを実現する上で、次のような課題の解決をめざす。

- (1) ユーザの品質要求に応じた様々な品質のストリームを生成し、効率よく配信すること。
- (2) 物理ネットワークトポロジと、刻々と変わる状況に応じて配信経路を変化させること。
- (3) 小型端末でもシステムに計算資源等を

貢献できるようにすることで、効率を改善すること。

## 3. 研究の方法

「研究の目的」の欄で述べた、P 2 P ベースのビデオストリーミング機構の改良・考案と実環境下での実験および評価を、3 期に分けて行う。

(1) 第一期は、MTcast 方式を改良し、ユーザの複数の品質要求に応じて効率よくストリーミングが可能となるビデオ配信木作成アルゴリズムの検討を行い、その実装に着手するとともに予備的な実験を開始する。

(2) 第二期は、前年度に考案した方式を実環境 (PlanetLab) 上で動作するように実装し、実験・評価を行う。この際、ユーザ要求に応じた配信木生成と、配信効率の改善を念頭においた経路品質の測定法について考案・検討を行う。

(3) 第三期は、PlanetLab 上でのインターネットを用いた一連の実験結果に考察・評価を加え、提案手法が有効であることを示すとともに、小型端末を含む様々な端末上で最適な 3D ビデオ画像を再生する方法について検討し、実用化への一提案とする。

## 4. 研究成果

MTcast 方式を拡張し、異なる品質要求 (ビットレート、ピクチャサイズ、フレームレート、音声チャンネル数、等) を持つ多数のユーザに対して、サーバから一度にビデオを配送できる効率の高い P 2 P ベースのオーバーレイネットワーク・ビデオストリーミング機構を考案し、実環境に近い環境下で実験・評価を行い実用化への一提案とするという研究目的にそって、以下の事について検討し成果を得た。

(1) 改良した MTcast 方式そのままでは、AS 間のバックボーン帯域を消費し、数十万人規模の視聴者数に対応させることは不可能であるので、消費バックボーン帯域を抑制する形で配信木を改良し最適化する必要がある。具体的には、最もバックボーン帯域を浪費している枝を見つけ、これらの中でノードを交換することにより、帯域の消費を抑えることが可能となる。そのためには消費帯域等の測定が不可欠であり、オーバーヘッドが少ない測定方法が重要となる。測定方法として、単純にホップ数を使用するのがよいのか、あるいは帯域測定ツール等を使用して行うのがよいのか、等について詳細に検討した。

検討の結果、通信品質に影響を与えるprobe packetsを新たに送信することなく、過去に測定した経路品質より現在の経路品質を推定する手法を新たに提案した。そして、提案手法のプロトタイプを実装し、Planetlab上で予備的な実測実験を行い提案手法の有用性を確認するとともに、その結果の研究報告を行った。(2) Planetlab上で実験を行い、ユーザの要求に応じた様々な品質のストリーム生成(配信木生成)、および配信経路をダイナミックに変化させて配信効率を上げるための経路品質(帯域や遅延)の計測、に基づく配信効率の改善を検討した。

具体的には、過去に測定した経路品質情報から現在の経路品質値を推定する教師あり学習(Weighted  $k$ -nearest neighbor algorithm, WKNN法)に基づく手法を、Planetlab上で本格的に動作するように実装し、実際のWAN環境を使用して本格的な評価実験を行った。

評価実験の結果、帯域に関しては地理的距離の近い経路であっても別の経路で過去に測定された値との関係は認められず、予想する範囲内で帯域の推定を行うことができたこと、また遅延についても良好な推定精度を得ることができたことを確認し、提案手法の有効性を実験的に示した。この結果を論文にまとめ国際会議に投稿した。

(3) ビデオ映像の配信に際しては、それを再生するデバイスの種類と視聴する個人の特性を考慮することが喫緊の重要な課題となってきた。特にユーザが両眼立体視映像をごく自然に知覚するためには、画面のサイズおよび視聴者のディスプレイからの距離と、カメラで撮った左右の映像の視差角が対応している必要があり、さまざまなデバイスや視聴距離に対応させるためには、それらに適した視差角で撮られた両眼立体視ビデオを再生する必要がある。

そこで、ユーザの表示デバイスからの距離と、測定した視力に基づいて、再生するビデオの視差角と解像度を最適化するためのビデオ撮影・表示方式を提案した。

提案手法では、人間の左右の目の間の距離を1とし、カメラ間の距離がそれぞれ4, 1, 2の間隔で配置された4台のカメラで撮影したビデオ映像を同時に配信し、表示側で適切な組み合わせを選択することで立体視効果の強さを6段階に切り替えて両眼立体視対応ディスプレイに表示する。適切な視差角は、ユーザの視点から見たビデオの画角に依存するため、提案システムでは3Dメガネに取り付けたARマーカを視聴デバイスに取り付けたカメラで読み取ることにより測定し、ユーザが視聴

位置を変えても自動的に最適な視差角に調整している。

ユーザのディスプレイからの距離と測定したユーザの視力に基づいて、再生する両眼立体視映像における左右それぞれの目に提示されるビデオの視差角と解像度を最適化するシステムを構築し、実験を行ってその有用性を確認するとともに、ユーザの満足度を損なうことなく必要帯域を削減するビデオ配信手法の実現のための知見を得た。得られた諸結果の研究報告を行った。

## 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2件)

① W. Sun, N. Shibata, K. Yasumoto, and M. Mori : "Estimation of overlay link quality from previously observed link qualities," 査読有, in Proc. of The 10th Annual IEEE Consumer Communications Networking Conference (CCNC2013), pp. 582-585, Jan. 2013.  
DOI:10.1109/CCNC.2013.6488505

② W. Sun, N. Shibata, K. Yasumoto, and M. Mori : "A Method for Overlay Network Latency Estimation from Previous Observation", 査読有, in Proc. of The Twelfth International Conference on Networks (ICN2013), pp. 95-100, 29 Jan. 2013. Seville, Spain.  
ISBN: 978-1-61208-245-5

[学会発表] (計2件)

① 柴田, 安本, 森 : "過去に観測された品質からのオーバーレイリンク品質の推定方法," 情報処理学会 マルチメディア通信と分散処理研究会, Vol. 2011-DPS-147, No. 22 (電子情報通信学会技術研究報告 Vol. 111, No. 75, pp. 133-140) June 2011.

② 柴田, 玉井, 安本, 森 : "視聴距離・視力に合わせた最適な立体視ビデオ再生システム," 情報処理学会シンポジウムシリーズ, Vol. 2012, No. 4, pp. 117-120, Oct. 2012.

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

森 將豪 (MORI MASAOKI)  
滋賀大学・経済学部・教授  
研究者番号：90024942

### (2) 研究分担者

柴田 直樹 (SHIBATA NAOKI)  
奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・准教授  
研究者番号：40335477

### (3) 連携研究者

安本 慶一 (YASUMOTO KEIICHI)  
奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・教授  
研究者番号：40273396

孫為華 (SUN WEIHUA)  
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：40517520