

## 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 5 月 31 日現在

機関番号：14603  
 研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2010～2012  
 課題番号：22500058  
 研究課題名（和文） 省オペレーションな次世代超高精細映像転送を可能にするインターネット基盤技術の研究  
 研究課題名（英文） Study on Internet fundamental technology where the next-generation high definition video stream can be handled with less operation cost  
 研究代表者  
 藤川 和利（FUJIKAWA KAZUTOSHI）  
 奈良先端科学技術大学院大学・総合情報基盤センター・教授  
 研究者番号：30252729

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、複数の 4K 映像ストリームが混在する環境を対象として、インターネット上のネットワーク機器におけるパケットマーキング機能およびパケット優先廃棄機構を開発し、実証実験を通して開発した機構等の有用性が確認できた。

研究成果の概要（英文）：In this project, for a network environment where multiple 4K video streams coexists, we have developed a packet-marking function and a priority based discard scheme on network switches. Through actual experiments, the usefulness of developed function and scheme are proven.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011 年度	900,000	270,000	1,170,000
2012 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

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：ネットワークアーキテクチャ

## 1. 研究開始当初の背景

研究開始当初の状況として、インターネット上ではさまざまな種類の映像コンテンツが氾濫しており、インターネット上のユーザは自由にそれらのコンテンツを閲覧することができる環境が整いつつあった。このような状況下において、有料の映像コンテンツ配信サービスも盛んになってきており、このようなサービスが拡大すると考えられた。また、インターネット基盤技術の革新によって、バックボーンネットワークは 40Gbps 以上、家庭までのいわゆるラスト・ワンマイル・ネットワークでは 100Mbps 以上の通信インフラが整備されてきていた。このような環境にお

いては、理論上は MPEG4 で圧縮されたハイビジョン映像（転送レート：約 5～15Mbps）デモ通信可能な状態であった。

一方、ハイビジョン映像コンテンツのような大容量のネットワーク帯域を必要とするデータを安定して転送するための技術として、必要に応じてネットワーク資源を確保する機構の提案がなされていた。代表的なものとしては、インターネットに関連した技術の標準化を行っている Internet Engineering Task Force (IETF) によって策定された Integrated Service や Differentiated Service が挙げられる。

しかしながら、研究開始当初の状況として

従来のアナログ TV 映像よりも解像度の低い 1Mbps 未満の映像コンテンツが主に利用されていた。その理由としては、インターネット上のネットワーク機器に **Integrated Service** や **Differentiated Service** の機能が実装されているにもかかわらず、それらを利用しないベストエフォート型の共有ネットワークであることから、不用意なネットワークの輻輳を生じさせないようにサービス提供者やユーザが高解像度の映像コンテンツを利用することを避けていることが考えられる。**Integrated Service** や **Differentiated Service** が利用されない理由としては、ネットワーク管理者への負担が大きいことやネットワーク資源の確保に対する課金のコンセンサスが十分に取られていないことが挙げられる。

## 2. 研究の目的

本研究課題では、ハイビジョンの 4 倍の品質をもつ 4K 映像コンテンツをインターネットで自由に配信することができるネットワークアーキテクチャモデルを提案し、このネットワークアーキテクチャを容易に実現するため、ネットワーク管理者にとって多くの労力を必要としないネットワーク管理・運用手法を確立することを目的とした。

本研究課題を始めるころの状況として、インターネットのバックボーンネットワークでは 40Gbps 以上、家庭までのネットワークでは 100Mbps 以上の通信インフラが整備されてきており、MPEG4 で圧縮されたハイビジョン映像ストリーム(転送レート: 約 5~15Mbps)でも理論上は十分に配信可能となっていた。しかし、ハイビジョンクラス以上の高品位映像を転送する際には、事前に中継されるネットワーク管理者に依頼して、仮想的な専用回線を用意するという煩雑な準備を相当な時間をかけて行っていた。このような問題を解決するために **IntServ** や **DiffServ** が考えられているが、資源管理主体であるポリシーサーバや帯域ブローカ等の管理・運用手法が十分に確立されていない状況であった。

このため、具体的な取り組みとして、4K クラスの高品位映像転送実験を通して **Quality of Service (QoS)** に対応した広域ネットワークの管理・運用手法を確立し、かつ、ネットワーク管理者の作業をほとんど必要としない形でユーザがネットワーク資源を確保することができるネットワークアーキテクチャモデルの構築を行うことを目的とした。

## 3. 研究の方法

(1) 平成 22 年度の取り組みとして、非圧縮 4K 映像ストリーム(約 6Gbps)の 4 分の 1 のサ

イズになる非圧縮ハイビジョン映像ストリーム(約 1.5Gbps)を対象として、学外の研究協力者である朝日放送(株)と奈良先端科学技術大学院大学とのネットワークにおいて半自動的に資源確保のための制御が可能なポリシー設定機構およびネットワーク管理基盤を構築する。また、これらの機構等の有用性の検証を実証実験により行う。

(2) 平成 23 年度の取り組みとして、平成 22 年度の成果をもとに、研究分担者の砂原が所属する慶應義塾大学も非圧縮ハイビジョン映像ストリームの受信拠点に加え、朝日放送(株)から奈良先端科学技術大学院大学および慶應義塾大学の 2 拠点に同時に配信できるようにポリシー設定機構・ネットワーク管理基盤を改良する。また、非圧縮 4K 映像コンテンツを 4 分割して配信する方式に対応できるよう、複数の映像ストリームを同一のポリシー設定で扱い、個々のストリームの経路に応じたネットワーク制御が可能なポリシー設定機構・ネットワーク管理基盤を構築する。これらの機構等の有用性の検証は、平成 22 年度同様、実証実験によって行う。

(3) 平成 24 年度は、非圧縮 4K 映像ストリームの配信実験をさまざまなネットワーク環境で行い、本研究課題の有用性を検証するとともに実運用における問題点の整理をする。その結果をもとに、ポリシー設定機構・ネットワーク管理基盤の改良を図る。

## 4. 研究成果

本研究課題では、ネットワーク管理者の作業をほとんど必要としない形でユーザがネットワーク資源を確保することができるネットワークアーキテクチャモデルの構築を目的とし、4K 映像ストリームを対象データとして、4K 映像ストリームの配信を制御する機構・基盤の研究開発に取り組んだ。平成 22 年度の非圧縮ハイビジョン映像ストリーム伝送、平成 23 年度の非圧縮 4K 映像ストリーム伝送に取り組み、実証実験を行ってきた(図 1)。

これらの実証実験では、伝送されるストリーム数が極端に少ないという問題が残っていた。このため、平成 24 年度では、複数の 4K 映像ストリームが混在する環境を想定し、パケットマーキング機能およびパケット優先廃棄機構をさらに改良した。実証実験において、4K 映像ストリームを複数扱うことが困難であるため、パケットマーキング機能およびパケット優先廃棄機構の有用性をシミュレーション実験により確認することができた。改良したパケットマーキング機能およびパケット優先廃棄機構が実ネットワーク上において有効に動作するかを検証するため、



図 1: 4K 映像ストリーム伝送実験制御設備

2月に札幌で開催される「雪まつり」を4K映像ストリームでリアルタイムにいくつかの拠点に配信した(図2,3)。この実験では、提案機構が有効に動作することが確認された。さらに、多くのストリームの扱いを実ネットワークで検証するため、NTSCレベルの映像を扱ったストリーミングサーバを複数用意し、1,000人を超えるユーザからの要求に応じて映像を伝送するシステムを利用した(図4)。

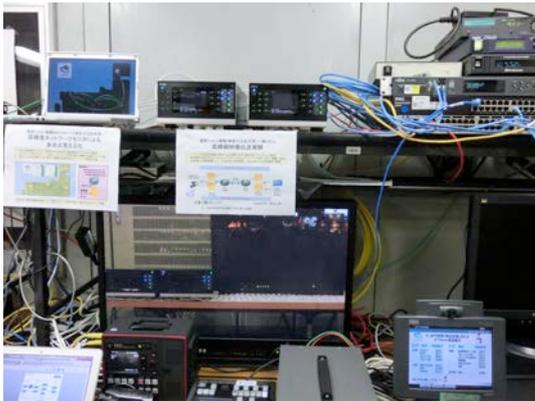


図 2: 札幌雪祭りの4K映像ストリーム伝送装置群



図 3: 札幌雪祭り会場での4Kカメラ設置の様子

この実験結果から、映像伝送の動的な経路変更を行い、かつ、伝送される映像の乱れを抑えることが実現できていることが確認され

た。

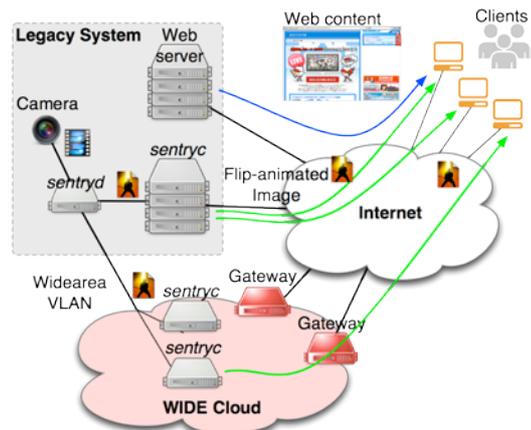


図 2: NTSC 映像ストリームを利用した実験環境

## 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 油谷暁、猪俣敦夫、氾濫するディスプレイと高品位伝送方式、情報処理学会学会誌、査読有、Vol. 51、No. 5、2010、pp. 527-528
- ② 油谷暁、垣内正年、香取啓志、尾久土正己、猪俣敦夫、藤川和利、砂原秀樹、眞鍋佳嗣、千原國宏、4K 超高精細映像のための伝送手法の確立、コンピュータソフトウェア、査読有、Vol. 28、No. 4、2011、pp. 318-332 DOI: 10.11309/jssst.28.4\_318

[学会発表] (計4件)

- ① 寺田直美、Proposal of Smooth Switching Mechanism on P2P Streaming、International Symposium on Distributed Computing Distributed Computing and Artificial Intelligence 2010、査読有、2010年9月8日、バレンシア・スペイン
- ② 神田景太、データストリームマネジメントシステムにおける映像ストリーム分割手法の提案と評価、電子情報通信学会インターネットアーキテクチャ研究会、2012年2月24日、東京都港区
- ③ 寺田直美、Proposal of a smooth channel switching mechanism for P2P streaming and its application、18th Annual Euromedia Conference、2012年4月18日、ブカレスト・ルーマニア
- ④ 岡本慶大、Koshien-Cloud: Operations of Distributed Cloud as A Large Scale Web Contents Distribution Platform、The 12th IEEE/IPSJ International Symposium on Applications and the Internet、2012年7月16日、イズミル・トルコ

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

藤川 和利 (FUJIKAWA KAZUTOSHI)  
奈良先端科学技術大学院大学・総合情報基  
盤センター・教授  
研究者番号：30252729

(2)研究分担者

砂原 秀樹 (SUNAHARA HIDEKI)  
慶應義塾大学・メディアデザイン研究科・  
教授  
研究者番号：20206577  
猪俣 敦夫 (INOMATA ATSUO)  
奈良先端科学技術大学院大学・総合情報基  
盤センター・准教授  
研究者番号：90505869

(3)連携研究者

垣内 正年 (KAKIUCHI MASATOSHI)  
奈良先端科学技術大学院大学・総合情報基  
盤センター・助教  
研究者番号：90379537  
寺田 直美 (TERADA NAOMI)  
電気通信大学・ユビキタスネットワーク研  
究センター・特任助教  
研究者番号：20452526  
油谷 暁 (YUTANI AKIRA)  
奈良先端科学技術大学院大学・総合情報基  
盤センター・助教  
研究者番号：20324981