

## インターネット放送サービスにおけるユーザ指向 QoS 制御手法

本田 篤史 加藤 由花 箱崎 勝也  
電気通信大学 大学院情報システム学研究科

### 概要

近年、アクセスネットワークのブロードバンド化が急速に進み、インターネットを利用した放送サービスに対する期待が高まってきている。それに伴い、インターネット上での映像配信サービスの実現を目指し、そのサービス品質 (Quality of Service: QoS) を適切に制御する技術への注目が高まってきている。本稿では、このインターネット放送サービスを対象とした、ユーザ指向 QoS 制御手法を提案する。本手法では、ユーザの映像品質に対する満足度を評価尺度とし、放送番組のコンテンツを考慮した QoS 制御、およびユーザの品質に対する嗜好を考慮した QoS 制御を実現する。

## An user-oriented QoS control method for broadcast services in the Internet

Atsushi Honda, YUKA KATO and KATSUYA HAKOZAKI

Graduate School of Information Systems, University of Electro-Communications

### Abstract

As broadband access networks are deployed over a wide area, broadcast services in the Internet have become more remarkable. As a result, for practical video delivery services in the Internet, Quality of Service (QoS) control technologies become more important. This paper proposes an user-oriented QoS control method for broadcast services in the Internet, whose evaluation parameters are user satisfaction of video quality. This method makes it possible to control the QoSes according to movie contents and user preferences of service quality.

### 1. はじめに

近年、ADSL や FTTH 等が爆発的に普及し、アクセスネットワークのブロードバンド化が急速に進んでいる。それに伴い、インターネット上では様々な種類のサービスが提供されるようになってきており、特にインターネット上で映像配信サービスを提供したい、という要求が高まってきている。一方、放送業界においても、視聴者の嗜好の多様化によって多チャンネル時代が到来しており、インターネットを利用した放送サービス[1]に対する期待が高まってきている。しかし、インターネット上で映像配信サービスを提供する場合には、以下のような問題点が存在している。

- (1) 映像配信サービスは、一般に広帯域のネットワークを必要とするため、必要とする帯域が得られずサービス品質が劣化する場合がある。
- (2) 広帯域のネットワークを必要とするため、同一システム上に実装される他のアプリケー

ションのサービス品質に影響を与える場合がある。

- (3) 映像のサービス品質に対するユーザ満足度は、映像のコンテンツやユーザの特性によって異なるので、これらを考慮した適切な品質制御を行う必要がある。

そのため、インターネット上での放送サービスを実現するためには、(1)(2)を考慮しながら、(3)のユーザ満足度に着目した制御機構を実現する必要がある。

これらの問題を解決するには、インターネット上でサービス品質 (Quality of Service: QoS) を制御する技術の確立が不可欠であり、これまでも様々な研究開発が行われてきた。まず、IP 層における QoS 制御手法として、IETF において IntServ[2]や DiffServ[3]などの標準化が行われてきた。また、ネットワーク利用者が動的にネットワークを制御する技術として Active Network[4]の研究が進められてきた。しかし、これらの技術における制御対象は、IP パケット

の損失率や遅延など、ネットワークレベルの QoS であり、映像の品質など、実際にユーザが体感するサービス品質（以下、ユーザ QoS と呼ぶ）を制御対象とする場合、これらの QoS をユーザ QoS にマッピングする必要があった。ここでユーザ QoS とは、提供されているサービス品質に対するユーザの満足度のレベルと定義している。

このような背景から我々はこれまで、IP ネットワーク上での映像配信サービスを対象に、ユーザ QoS を制御する手法の研究を進めてきた [5]。ここでは、QoS の劣化をシステムが自動で検出し制御を行う自動制御手法、およびユーザが QoS の劣化を検出し、制御用画面を利用してシステムに劣化を通知する手動制御手法の 2 種類の制御手法を提案し、映像特性（動きの激しさ、色数など）の異なる 3 種類の映像を対象に、実装検証、評価実験を行った。その結果、

- ・ 手動制御手法では、映像視聴中に手動で QoS 劣化をシステムに通知する必要があり、その作業がわずらわしい。そのため、自動制御が望ましい。
- ・ しかし、自動制御手法では、あらかじめ設定された閾値に基づいて QoS の劣化を検出するため、ユーザの嗜好やシステム環境に依存するユーザ満足度を反映させた制御を行うことが難しい。
- ・ さらに、ユーザ QoS の評価尺度として採用すべき要素は、映像のコンテンツやユーザの嗜好によって異なる。

ということがわかった。

これらの結果から、本稿では、映像のコンテンツを意識するとともに、ユーザのサービス品質に対する嗜好を反映することを目指して、インターネット放送サービスにおけるユーザ指向 QoS 制御手法を提案する。以下、2 章で提案する制御手法を実現するためのシステムの構成について述べた後、3 章で QoS 制御手法の提案を行う。本研究では提案した制御手法を、DV 転送システムを用いた実験システム上に実装したので、4 章でその結果を報告する。最後に 5 章で本稿をまとめる。

## 2. システムの構成

本稿で対象とするインターネット放送サービスのイメージ図を図 1 に示す。一般にインターネット放送とは、ストリーミング技術を用いて、インターネット経由でコンテンツを配信し、受信者がリアルタイムにそのコンテンツを視聴可能なシステムのことである。つまり、端末のハードディスク等の記録デバイスにコンテンツを記録することなく、受信と同時に再生用ソフト（Real Player, WindowsMedia Player 等）を用いて視聴することのできるシステムである。ここでインターネット放送サービスの実現形態としては、ユニキャスト型、マルチキャスト型などが考えられるが、本稿では、図 1 に示すようなユニキャスト型を対象とする。

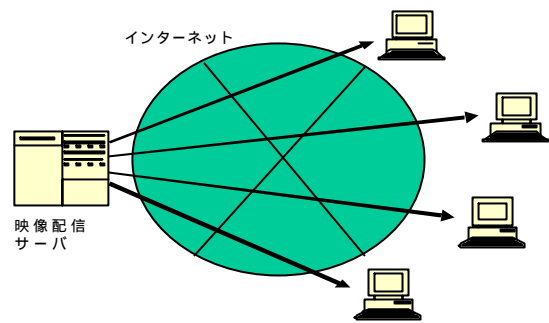


図 1：インターネット放送サービスのイメージ

本稿では、ユーザ指向の QoS 制御を実現するために、インターネット放送システム上に 3 種類のモジュール（Controller モジュール、Notificator モジュール、Manager モジュール）を実装し、これらモジュール間の通信によって QoS 制御を実施する。システムの構成を図 2 に示す。また、各モジュールの機能を以下に示す。

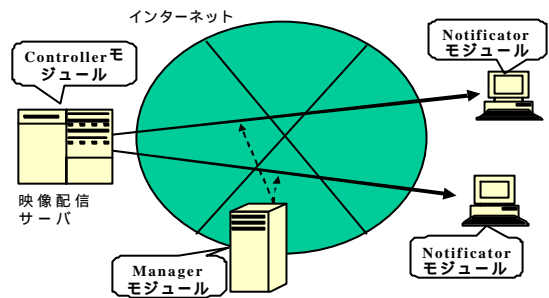


図 2：システムの構成

### (1) Controller モジュール

映像配信サーバ端末上に実装されるモジュールであり、Manager モジュールが決定した制御内容に従って、制御を実施する機能を持つ。

### (2) Notificator モジュール

クライアント端末上に、ビデオ視聴用ブラウザと共に実装される。ユーザ QoS を監視し、その劣化情報を Manager モジュールに通知する機能を持つ。ここでユーザ QoS の劣化は、あらかじめ設定しておいたルールに基づいてシステムが自動で検出する。しかし、ユーザからの要求があった場合には、手動操作によって劣化をシステムに通知することも可能とする。

### (3) Manager モジュール

管理用端末上に実装されるモジュールであり、制御内容を決定し、Controller モジュールに制御の実施を依頼する機能を持つ。制御内容を決定するルールを保持し、周期的に監視を行っているネットワーク状態に従って、制御内容を決定する。また、ユーザから手動制御の要求があった場合に

は、その内容をユーザ毎の QoS に対する嗜好データとして蓄積し、以降の制御内容に反映させる。

### 3. ユーザ指向 QoS 制御手法

#### 3.1 概要

本研究では、前章で示したシステム構成に基づき、映像のコンテンツおよびユーザの嗜好を考慮した QoS 制御の実現を目指している。そのため、制御は可能な限りシステムが自動で行うが、ユーザからの要求があった場合は、ユーザの好みに応じて品質の制御が行える仕組みを実現する。

まず、映像のコンテンツを意識した制御を行うため、インターネット放送における番組を典型的な幾つかのジャンルに分類し、そのジャンル毎のコンテンツの特徴に従って、デフォルトの QoS 制御ルールを決定する。Manager モジュールはこのルールに従って、自動制御の内容を決定する。

一方、ユーザの嗜好を考慮した QoS 制御を行うために、ユーザからの要求があった場合に手動で制御を行う仕組みを実装し、このときのユーザの QoS に対する要求を Manager モジュールに蓄積しておく。このデータは、ユーザ毎に制御の内容を決定する場合の基準となる。

#### 3.2 コンテンツの分類

映像のコンテンツを考慮した制御ルールを決定するため、インターネット放送における番組の分類分けを行った。本稿では、各地上波のテレビ局が番組の分類のために用いているジャンル [6][7][8]を参考に、番組を以下の 8 種類のジャンルに分類することにした。

- ・ニュース / 報道
- ・アニメーション
- ・バラエティ
- ・ドキュメンタリー
- ・スポーツ
- ・音楽
- ・ドラマ
- ・情報

これら各ジャンルに分類されるコンテンツの特徴を明らかにするため、本稿では、映像の画質、映像の滑らかさ、画面の大きさ、音声の重要度の

表 1：各ジャンルにおけ QoS パラメータの優先度

	ニュース / 報道	スポーツ	アニメ	音楽
画質				
滑らかさ	x		x	x
サイズ	x			
音声		x		
	バラエティ	ドラマ	ドキュメンタリー	情報
画質				
滑らかさ				x
サイズ				
音声				

4 種類のユーザ QoS パラメータを採用し、これらのパラメータに対するジャンル毎の優先度の決定を行った。結果を表 1 に示す。表 1 から、QoS パラメータに対する優先度のパターンは 5 種類のタイプに分類されることがわかる。QoS 制御のルールは、これらのパターン毎に決定される。番組のジャンルと優先度タイプの関係を図 3 に示す。

#### 3.3 QoS 制御アルゴリズム

前項で決定した図 3 に示すグループ毎に、QoS 制御ルール (QoS 制御アルゴリズム) を決定した。アルゴリズムを図 4 に示す。図 4 に示した制御アルゴリズムは、画質、滑らかさ、画面サイズ、音声のそれぞれの評価パラメータに依存関係が無い場合のフローである。実際に本手法をシステムに実装する場合、各評価パラメータは映像サーバにおける符合化特性やサーバが持つ QoS 制御機能などのサーバの実装に大きく依存してくる。そのため、これらの依存関係を、サーバの実装毎に独自のルールとしてアルゴリズムに組み込む必要がある。本研究においても、手法の実装時には独自のルールをアルゴリズムに組み込んでいるが、その結果については 4 章で述べる。

ここでは、独自のルールを組み込んだ後の制御アルゴリズムについて説明する。まずユーザは、映像の視聴を開始する時にその映像のジャンルを選択する。すると、選択されたジャンルの制御アルゴリズムに従って、自動で QoS 制御が行われる。ここで、ユーザが手動による制御を要求した場合は、手動制御による制御画面に移行する。

### 4. 実装

提案した QoS 制御手法の実装検証を行うため、我々の研究室内にネットワークを介して Digital Video (DV) を配信する実験システムを構築し、本手法を適用した。本章ではその結果を報告する。

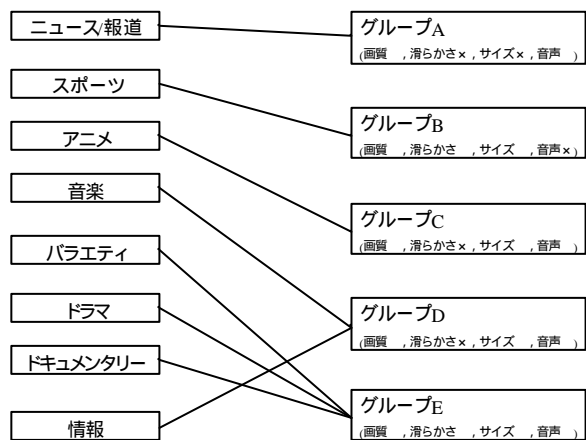


図 3：品質優先度別のグループ分け

#### 4.1 実験システムの構成

本実験システムでは、DV 転送システムとして、WIDE プロジェクト研究グループによって開発された DVTS (Digital Video Transport System) [9] を利用した。これは、IEEE1394 ボードに接続された DV カメラから取り込んだ DV データを、IP ネットワークを介して実時間で転送するシステムである。研究室内にこの DVTS を用いた実験システムを構築し、本手法の適用を試みた。なお、各モジュールは Java 言語で実装し、モジュール間の通信には Java RMI を利用した。

#### 4.2 Controller モジュールの実装

DVTS が持つ機能を利用し、サーバから配信する映像のフレームレートを変更する機能を実装した。ここでは、Manager モジュールで決定された制御内容に基づき、フレームレートの値を変更する。

#### 4.3 Notificator モジュールの実装

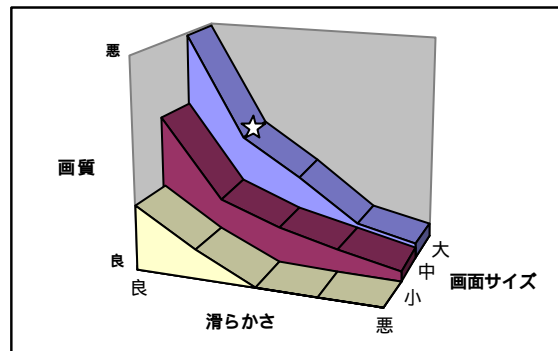
視聴中の映像に対するユーザ QoS を監視する機能を実装した。

##### (1) 自動制御機能の実装

本機能では、ユーザが映像を試聴している最中に、映像データの受信パケット数から、現在のサーバとクライアント間の利用可能帯域幅を推定する。その推定結果は Manager モジュールに通知され、ユーザ QoS が最も高くなるように制御内容 (フレームレートの値) が決定される。

##### (2) 手動制御機能の実装

本機能では、クライアント上に実装される手動制御画面を利用して、ユーザが品質レベルの要求を直接 Manager モジュールに通知することができる。手動制御画面を図 5 に示す。図中の星印は現在選択されている品質レベルを示す。ここで一般に、3 章で採用した QoS パラメータの間には依存関係が存在するため、全ての値を自由に選択できるわけではない。今回利用した DVTS では、映像の滑らかさと画質には相関関係があるため、ユーザが選択できる範囲は、表示されているグラフの上部平面となる。



現在の値 画質: 3 滑らかさ: 4 画面サイズ: 大

図 5 : 手動制御画面

#### 4.4 Manager モジュールの実装

QoS 制御の内容を決定する機能、サーバとクライアント間のネットワーク状態を監視する機

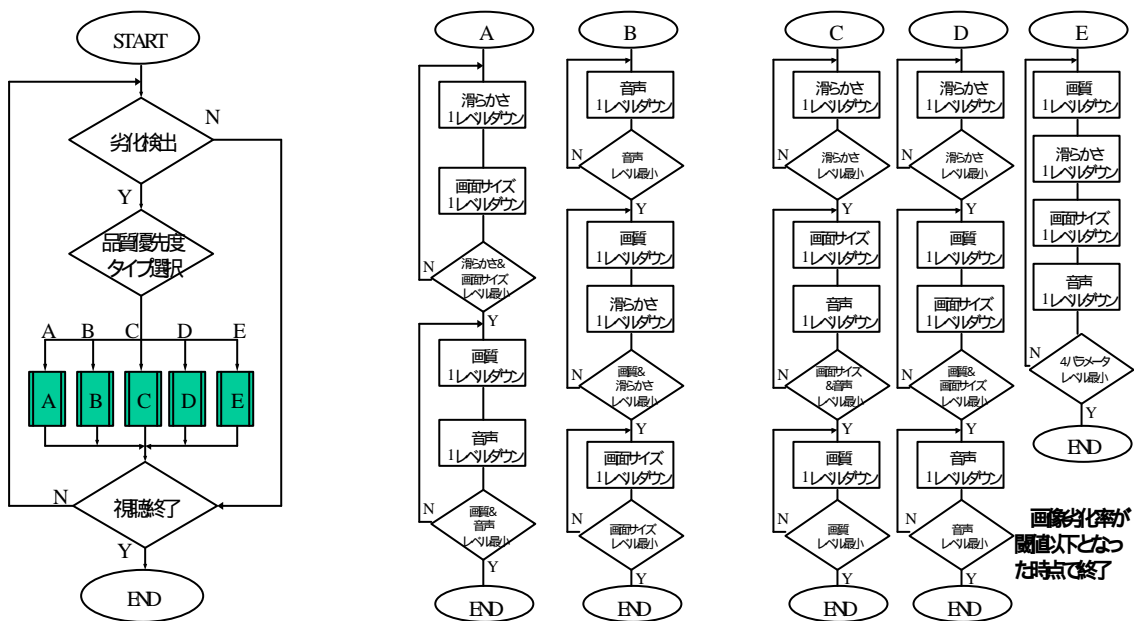


図 4 : QoS 制御アルゴリズム

能, およびユーザが手動で行った QoS 制御に関する履歴を保持する機能を実装した . ネットワーク状態の監視については , エンドツーエンドの帯域幅を計測するシステムである pathrate[10] を利用した . また , 制御履歴は以下のような形式で記録した .

ホスト名 : 映像ジャンル : フレームレート

QoS 制御内容を決定する機能については , 3 章で提案した QoS 制御アルゴリズムに従い DVTS 独自の制御ルールを追加することによって実装した . ここで DVTS において変更可能なパラメータはフレームレートと画面サイズであるが , 画面サイズはクライアント上での変更となるため , 自動で制御可能なパラメータはフレームレートのみとなる . このとき , フレームレートは動きの滑らかさを直接表すパラメータであるが , フレームレートを高くすると映像の送出帯域が大きくなり , サーバとクライアント間の利用可能帯域幅が十分でない場合に画質を劣化させるため , 画質に影響を与えるパラメータでもある . そのため , Manager モジュールが Notificator モジュールからのユーザ QoS 変更の要求を実現するためには , フレームレートと画質との相関関係を明らかにしておく必要がある .

そこで , サーバとクライアント間の利用可能帯域幅別に , フレームレートと画面サイズを変化させ , それぞれの場合の画質 ( 本稿では画像劣化率を画質とみなす ) を調べた . なお本稿では , 3 章で示した 8 種類のジャンルのうち , ニュース / 報道 , スポーツ , アニメーションの 3 種類のジャンルを取り上げ , その実験結果を示す . 実験の方法としては , 取り上げた 3 種類のジャンルに対する典型的なシーンをサンプル画像として取り出し , それぞれに対する画像劣化率を算出した . 使用したサンプル画像を図 6 に示す . このとき , それぞれの映像は以下の特徴を持つ .

- ・ ニュース / 報道 : 少ない動き . 動面積約 50%
- ・ スポーツ : 全体的な動き . 動面積約 100%
- ・ アニメーション : 少ない色数 . 動面積約 100%

これらの動画を用い , 利用可能帯域幅を 3M ~ 30Mbps の範囲で , フレームレートを 30 ~ 6fps の範囲で , 画面サイズを大 ( 720 × 480 ピクセル ) , 中 ( 360 × 240 ピクセル ) , 小 ( 180 × 120 ピクセル ) の 3 段階に変化させ , それぞれの状況下における劣化したサンプル画像を得た . そこで , 画面サイズが大の場合は 600 マス ( 縦 20 マス , 横 30 マス ) , 中の場合は 150 マス ( 縦 10 マス , 横 15 マス ) , 小の場合は 40 マス ( 縦 5 マス , 横 8 マス ) というように , 1 マスあたりの面積がほぼ同じになるようにブロック分けをし , 劣化しているブロック数を数えることで , 各条件下での画像劣化率を求めた . 利用可能帯域が 10Mbps の場合の画像劣化率とフレームレートの関係を図 7 に示す .



図 6 : 実験に利用したサンプル画像

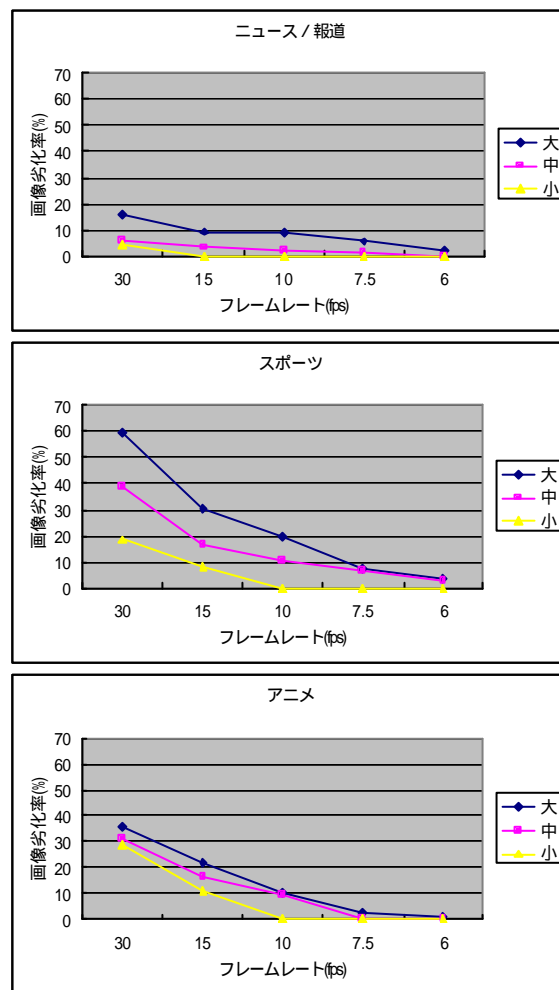


図 7 : 画像劣化率とフレームレートの関係

これらの関係は , サーバとクライアント間の利用可能帯域幅によって異なる形をとる . 図 8 に映像ジャンルがスポーツ , 画面サイズが大の時の関係を示す .

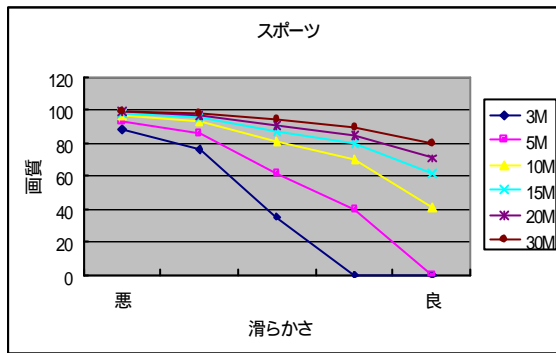


図 8 : 画像劣化率とフレームレートの関係 (利用可能帯域別)

以上の結果から, Manager モジュールが持つべき, Notificator モジュールからのユーザ QoS の変更要求に対する具体的な QoS パラメータの関係表(映像ジャンル毎, 画面サイズ毎の画像劣化率とフレームレートの関係表)が求まる。ここで, [5]における実験では, 視聴者が許容できる画像劣化率は 10%程度であるという結果が出ている。そこで, 画像劣化率 10%を本システムにおいても閾値として採用することとした。以上より, ユーザ QoS の劣化を検出した場合, QoS パラメータの関係表より, 画像劣化率が 10%以下となる様にフレームレートの値を減少させる。なお, フレームレートを変更する場合には, 急激に大きな値へ変更することは避け, 一段階づつ緩やかに変更を行うようにする。

今回, 実装した QoS 制御手法を実際に使用してみた結果, 選択した映像ジャンル毎に制御内容が変化し, コンテンツを考慮した QoS 制御が実現していることがわかった。

## 5. まとめ

本稿では, インターネット放送サービスにおけるユーザ指向 QoS 制御手法の提案を行った。まず, 映像のコンテンツを意識した制御を行うために番組のジャンル分けを行い, ジャンル毎に QoS パラメータの品質優先度を決定した。そして, 品質優先度のパターン毎に QoS 制御アルゴリズムを決定した。また, ユーザのサービス品質に対する嗜好を考慮した制御を行うために, ユーザが手動で要求品質をシステムに通知する機能を提案した。その後, これらの機能を DV 転送システムに実装することによって, 本手法を適用する場合の具体例を示した。今後は, DV 転送システムにおけるユーザ嗜好データの QoS 制御への具体的な反映方法を策定し, その有効性を検証する予定である。また, 本手法のインターネット放送サービス以外への適用例として, VoIP に関して検討中である。

## 参考文献

- [1] 郵政省: 通信・放送融合時代の情報通信政策の在り方に関する懇談会 <http://www.yusei.go.jp/policyreports/japanese/group/tsusin/PDF/001018d55101.pdf> (2000)
- [2] Braden, R., Clark, D. and Shenker, S.: Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview, IETF RFC1633 (1994)
- [3] Brake, S., Black, D., Carlson, M., Davies, E., Wang, Z. and Weiss, W.: Architecture for Differentiated Services, IETF RFC2475 (1998)
- [4] Tennenhouse, D. L., Smith, J. M., Sincoskie, W. D., Wetherall, D. J. and Minden, G. J.: A survey of active network research, IEEE Commun. Mag., Vol.35, No.1, pp.80-86 (1997)
- [5] 加藤由花, 佐々木徹, 箱崎勝也: IP ネットワーク上での映像配信サービスを対象とした利用者指向 QoS 制御手法の提案, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.3 (2003) (掲載予定)
- [6] [http://www.nhk.or.jp/toppage/program\\_index/channel/sogo/](http://www.nhk.or.jp/toppage/program_index/channel/sogo/)
- [7] <http://www.tbs.co.jp/>
- [8] <http://www.fujitv.co.jp/jp/index.html>
- [9] Ogawa, A., Kobayashi, K., Sugiura, K., Nkamura, O. and Murai, J.: Design and Implementation of DV based video over RTP, Proc. Packet Video'2000, Italy (2000)
- [10] Constantinos Dovrolis, Parameswaran Ramanathan, David Moore: What do packet dispersion techniques measure?, IEEE INFOCOM 2001 (2001)