

# 輻輳適応型伝送による通信品質確保手法の提案

豊島 修平 菊池 豊

高知工科大学 情報システム工学コース

## 概要

本稿では、ベストエフォート型の QoS 伝送手法として輻輳適応型伝送を提案する。輻輳適応型伝送は、伝送コンテンツを階層化し、伝送路において重要度の低い情報から破棄させることにより、重要な情報を残す伝送手法である。本手法は、Intserv, Diffserv と異なり、フローごと、クラスごとの制御を行う必要がない。我々は提案する手法の実験を行い、予定の機能が実現できることを確かめた。

## A Quality Control Method of Transportation using Congestion Adaptive Transfer

TOYOSHIMA Shuhei and KIKUCHI Yutaka

Information Systems Course, Kochi University of Technology

## Abstract

This paper proposes a new transfer technology of QoS named Congestion Adaptive Transfer (CAT). Firstly, CAT makes contents structured and secondly transfers them by packets with precedence. Therefore more essential part of content will be received. Since this method operated in stateless network, it differs from known QoS technology, Intserv and Diffserv that should be operated in state network. We tested an implementation of CAT and the result shows that the nature of CAT satisfies our requirement.

## 1 はじめに

近年、xDSL や光通信といった、いわゆるブロードバンド環境がオフィスから家庭に至るまで浸透しつつある。ブロードバンド環境の浸透に伴い、より高帯域な環境を必要とする動画配信といったブロードバンドサービスが提供され始めた。

動画配信のように実時間性が求められ、かつ対象ユーザが複数である場合、再送を前提とした伝送を行うと再送要求の総量が莫大になってしまう。近年、Intserv (RFC2210, 2211, 2212, 2215) や Diffserv (RFC2474, 2475, 2597, 2598) といった伝送路の帯域を確保する技術が提案されている。Intserv は、トラフィックフロー毎の制御メカニズムで、Diffserv は、トラフィッククラス毎の制御メカ

ニズムである。Intserv や Diffserv は制御シグナリングに RSVP (RFC2205, 2208, 2209) を用いる。

これらの技術を実現させるには、シグナリングがネットワーク全体で伝わる仕組みが必要である。それらを実現させるために、経路上のルータが QoS に従ってフローごとクラスごとに状態を持つ事で、ネットワーク全体として複雑な動作を行うことになる。

我々は、ステートレスなネットワークにおいて、ネットワークの輻輳状態に応じて QoS が変化する輻輳適応型伝送を提案する。

## 2 輻輳適応型伝送の提案

輻輳状況に応じた品質を提供する手法として、輻輳適応型伝送 (Congestion Adaptive Transfer: 以下 CAT と略す) を提案する。本手法は、送出時にコンテンツを階層化し、伝送路において重要度の高い情報を優先して伝送し、受信時にコンテンツを再構成するという伝送手法である。その結果、受信時に伝送コンテンツの品質が輻輳状況に応じて劣化する。

### 2.1 モデル

CAT を図 1 に示すモデルで説明する。構成要素

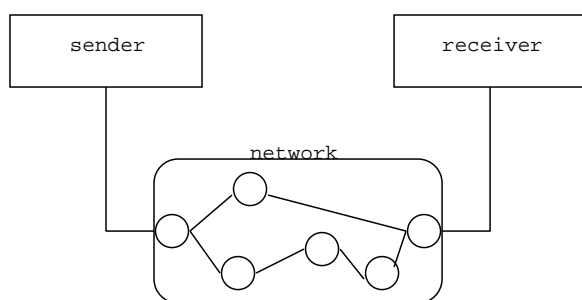


図 1: CAT モデル

の説明を以下に示す。

- 送信ノード (sender)  
コンテンツを階層化して送出する。その際、パケットに重要度に応じた優先度を付加する。
- ネットワーク (network)  
ルータの集まりで、sender から receiver へのパケットの伝送を行う。輻輳時には、パケットに付加された優先度を用いてパケット破棄を行う。
- 受信ノード (receiver)  
パケットを受信し、到達パケットのみでコンテンツの再構成を行う。

本モデルにおいて、伝送の流れは sender から receiver への一方向だけである。よって、パケット欠落に対する再送要求等の逆向きの流れはない。

### 2.2 実現手法

CAT の実現手法として、本節に示す手法を考案した。

#### 2.2.1 コンテンツの階層化及び優先度付け

コンテンツを送出する際、まずコンテンツのフォーマット毎に用意する階層化規則により階層化を行う。階層化機構を図 2 に示す。階層化規則 (layer-

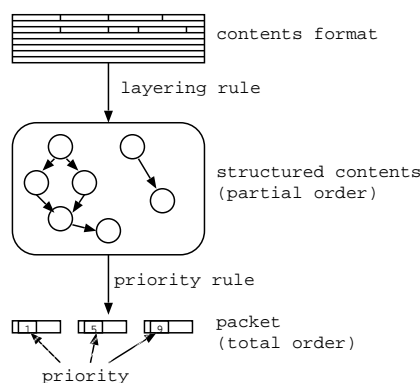


図 2: 階層化機構

ing rule) は、コンテンツを構造化する。一般に、この構造は半順序となる。次に、コンテンツをパケットに分割する際、優先度付加規則 (priority rule) を用いてパケットに優先度を付加する。優先度付加規則は、コンテンツの構造上重要な情報程高い優先度を付加するように記述する。

優先度は、IPv6 のヘッダに含まれるトラフィッククラスフィールドに格納する事を想定している。

#### 2.2.2 階層化コンテンツの伝送

ネットワークの各ルータにおいて、パケットの優先度を、絶対優先度としてパケットフォワーディングを行う。すなわち、パケットフォワーディングの際は、ルータのキューに異なる優先度のパケットがある場合、低優先度パケットに先んじて高優先度パケットが廃棄される事はない。

### 2.2.3 受信コンテンツの再構成

受信したパケットからコンテンツを再構成する際、コンテンツのフォーマット毎に用意する再構成規則により再構成を行う。再構成は、到達したパケットのみで行う。

## 2.3 特徴

コンテンツを階層化し、重要度の高い階層を優先して伝送し、受信する事により、破棄状況に応じた品質を提供する事ができる。

伝送過程において破棄されたパケットを補償する仕組みは存在しない。これにより、再送による複雑な動作が必要なく、実時間伝達やマルチキャストに向いている。

また、ネットワークを構成するルータの動作は各々で完結するため、ルータ間で品質に関する情報をやり取りする必要が無い。

## 3 実験

提案する手法によりコンテンツを伝送する実験を行った。

本実験では、まず CAT モデルにおけるネットワークの動作を想定したルータの作成と、その機能を試験した。次にそれを用いて CAT モデルに沿ったコンテンツ配送の実験を行った。

### 3.1 ルータの機能評価実験

本手法の仮定するネットワークは、パケットに付加されている優先度を用いてフォワードするという性質を持っている。この機能を1台で実現するルータを作成し、その動作を検証した。

#### 3.1.1 実験環境

図3に示す実験環境で、実験を行った。図中における sender PC, packet loss generate PC, receiver PC は、CAT モデルにおける送信ノード、ネットワーク、受信ノードに対応している。

各 PC の動作は次の通りである。

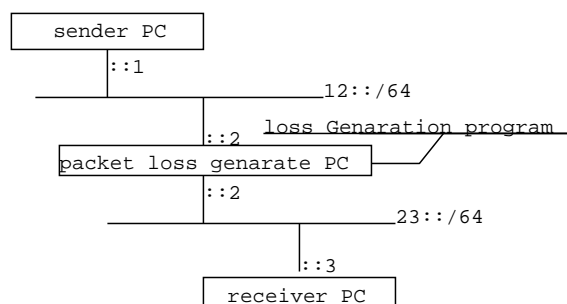


図 3: 実験環境

- sender PC  
0 から 99999 までの ID を持ち、優先度の付加されたパケットを送信する。本実験では、優先度を図4に示すようにパケットペイロードの先頭に格納した。ID は、図4におけるデータ部に格納される。パケットはIDの順に送出され、パケットの優先度としてIDの1の位が付加される。

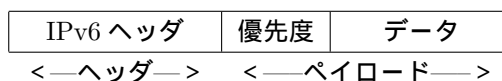


図 4: パケットフォーマット

- packet loss generate PC  
CAT モデルにおけるネットワークを想定してフォワーディングを行う。これは1台で動作し、IPv6 のパケットをフォワーディングする。また、輻輳状態の程度を示すパケットロス率を、任意に指定できる。

具体的には、次の動作を行う。

- 優先度ごとのキューを持つ
- エンキュー時にキューが一杯になった場合は、そのキューの先頭パケットを破棄する
- 優先度の高いキューから走査を行い、パケットを発見したら送出する
- 乱数を用いてパケットロス率に従い出力動作を行うか否かを選択する

- receiver PC

到達したパケットを受信し、データ部をログに保存する。

### 3.1.2 実験結果

実験の結果、パケットロス率を変更するとパケットの到達量が図5のようになった。

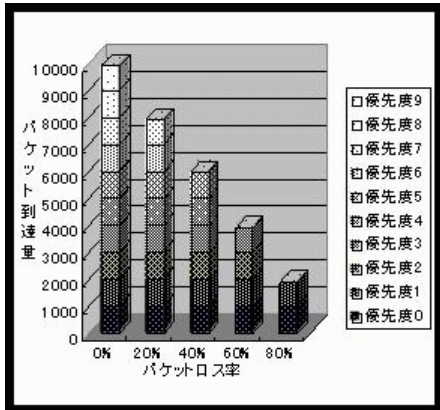


図5: パケット到達状況

### 3.1.3 評価

図5より、パケットロス率が増加するのに従い到達するパケットの数は減少している。このとき、優先度の低いパケットから破棄され、優先度の高いパケットには損失が無い事が分かる。よって、モデルに必要な性質が実現できている事が示された。

## 3.2 CAT 性能評価実験

CAT を用いた場合とそうでない場合でコンテンツ伝送の比較を行う実験を行った。

本実験では、伝送コンテンツの形式として画像フォーマットである ppm 形式を利用した。

### 3.3 優先順位決定方法

画像フォーマット ppm 形式は、RGB カラー画像を扱うフォーマットで、ヘッダ部と、画像データ部で構成されている。ヘッダ部には、フォーマットタイプと画像サイズと色調値が、画像データ部

には、RGB の輝度情報が画素ごとに羅列されている。

ppm 形式の階層化規則は、「各画素の RGB 成分に含まれる輝度情報をビット換算し、MSB に近い程重要とする」と定義し、優先度付加規則は「MSB の優先度を 1 とし、MSB の優先度を 8 とする。また、画像ヘッダ情報の優先度は 0 (最重要) とする」と定義した。また、コンテンツ再構成規則は「破棄されたパケットに対応するピクセルの輝度は 0 で補完する」と定義した。

パケットには、横並び 8 画素の輝度情報をビット位置ごとにグループ化してそれを格納する。パケットのフォーマットは第 3.1 節の実験と同様に図4となっている。定義より、MSB に近い程高い優先度を付加する。画像の重み分けを図6に示す。

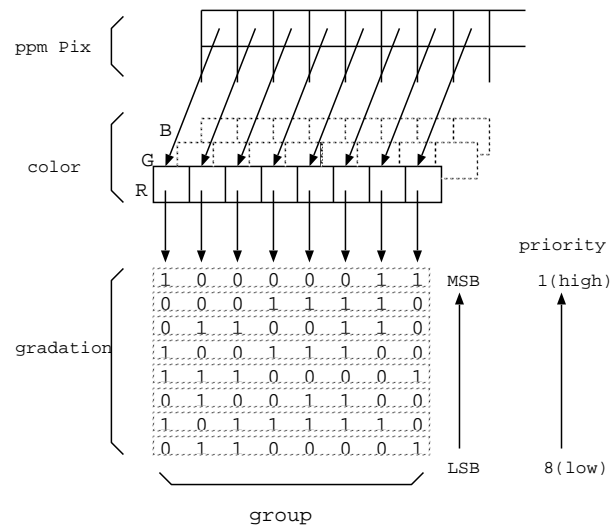


図6: 画像の重み分け

### 3.3.1 実験環境

第 3.1 節の実験と同様に、図3に示す実験環境を構築して実験を行った。

CAT を用いる場合の、各 PC の動作は次の通りである。

- sender PC  
コンテンツとして色階調 256 でサイズ 200 × 200 の ppm 形式の画像を 1 枚送出する。階層化規則に従い階層化を行い、優先度付加

規則に従ってパケットに優先度を付加して送出する。

- packet loss generate PC  
第 3.1 節で示したルータにより、指定したロス率の輻輳状態を実現する。
- receiver PC  
到達したパケットを再構成規則に従い再構成する。

CAT を用いない実験における、各 PC の動作は次の通りである

- sender PC  
コンテンツとして色階調 256 でサイズ 200 × 200 の ppm 形式の画像を 1 枚送出する。パケットの優先度は、全て 1 とした。
- packet loss generate PC  
第 3.1 節で示したルータにより、指定したロス率の輻輳状態を実現する。
- receiver PC  
到達したパケットより画像情報を再構成する。再構成の際、CAT と同様に未着のパケットに対する輝度は 0 で補完する。

### 3.3.2 実験結果

実験の結果、パケットロス率が 40% の場合、図 7 に示す受信画像を、パケットロス率が 80% の場合、図 8 に示す受信画像を得た。

これより、CAT を利用する場合の方が、しない場合より受信画像の視認が容易である事が分かる。

## 4 議論

QoS 技術及び CAT の特徴について議論する。

### 4.1 QoS 技術の分類

伝送路を制御して QoS を確保する技術を「QoS 確保型伝送」と分類した。また、到達状況で QoS が変化する技術を「QoS 変化型伝送」と分類した。各伝送方式の特徴を表 1 にまとめる。

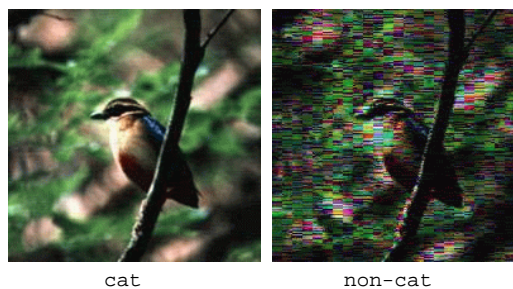


図 7: パケットロス率 40% 時の受信画像

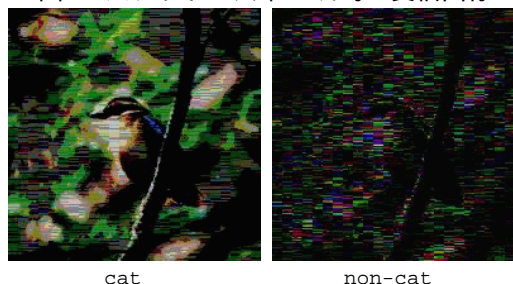


図 8: パケットロス率 80% 時の受信画像

表 1: QoS 技術の分類

分類名	QoS 確保型伝送	QoS 変化型伝送
該当する技術	Intserv Diffserv	階層化マルチキャスト 輻輳適応型伝送
ネットワーク	状態を持つ	状態を持たない
品質	利用者の 要求する品質	ネットワークの 状況に応じた品質

#### 4.1.1 QoS 確保型伝送

Intserv や Diffserv は、伝送路を制御することにより QoS を確保する技術である。伝送路上のルータには状態があり、RSVP で状態を制御する。

この技術は利用者の要求する品質の伝送を提供する事ができる。しかし、それらを実現させるために、経路上のルータが QoS に従ってフローごとクラスごとに状態を持つ事で、ネットワーク全体として複雑な動作を行うことになる。

#### 4.1.2 QoS 変化型伝送

前節で述べた技術に対して、CAT や階層化マルチキャスト [1] のように伝送コンテンツの到着状況に応じて QoS が変化する手法がある。この手法

は、伝送するコンテンツを階層化して伝送し、重要な情報を優先して伝送する事により品質の変化を可能としている。この手法を実現するために、伝送路に QoS を確保するための機構を構える必要がない。しかし、送信時にコンテンツを構造化を、受信時にコンテンツの再構成を行う事から、送信及び受信時の処理が複雑になってしまう。

## 4.2 類似技術との比較

ここでは CAT と類似の手法を比較し、CAT の特徴を論じる。

### 4.2.1 FEC との比較

伝送路におけるパケットロス的前提にしている技術に FEC (Forward Error Correction)[2] がある。FEC は、情報ビットに冗長ビットを付加して伝送し、伝送途中のパケットロス等で発生した誤りを、受信側で回復する技術である。

FEC は、閾値で定めた量までならパケットが紛失してもコンテンツを完全に復元する事が可能である。

FEC はある程度の伝送路の混雑が予測できる環境において品質を下げる事無く伝送を行う事ができ、CAT は伝送路の混雑が予測できない環境において、コンテンツを重み分けの手法で定められた品質の範囲内で伝送できる。FEC と CAT は、状況と目的に応じて使い分けられることができる。考える。

### 4.2.2 階層化マルチキャストとの比較

階層化マルチキャストは、階層化したコンテンツを複数のマルチキャストグループで伝送する。これに対して、CAT は複数のトラフィックを持たず、階層化したコンテンツに異なる優先度を付加して伝送する。

階層化マルチキャストの場合、品質を選択するのは受信ユーザであり、伝送路の許容量以上の階層まで選択してしまうと、コンテンツの根に近い情報にもノイズが入ってしまうため、コンテンツの再構成が困難になる。一方、CAT の場合は常に

輻輳状況に応じた品質でコンテンツを受信する事ができる。

しかし、CAT 実現のためにはルータがパケットの優先度を解釈出来なければならない事から、ルータに必要な機能が増加する。

## 5 まとめ

QoS 変化技術である CAT を提案し、提案した手法でコンテンツを伝送する実験を行った。実験の結果、CAT を用いると、用いない場合に比べて高い伝送品質を得ることができた。また、QoS 技術の分類及び、類似の手法との比較を行い、CAT の特徴を示した。

### 5.1 今後の課題

今回の実験では、優先度をパケットのデータ部に格納して送った。今後まず、IPv6 のヘッダ部に用意されているトラフィッククラスフィールドに優先度を格納することを考えている。また、JPEG 等のデータ構造から優先度を容易に定義できるフォーマットへの応用を行いたい。

## 謝辞

本研究において、パケットロス生成プログラムのソースコードを提供して頂いた広島大学の相原玲二氏、近藤 徹氏をはじめとする皆様にこの場を借りまして御礼申し上げます。

## 参考文献

- [1] 阪田史郎. インターネットと QoS 制御. Net-Com ライブラリ. 裳華房, June 2001.
- [2] 大塚玉記, 西村浩二, 相原玲二, 前田香織. FEC を用いた MPEG2 over IP システムの開発と評価. 情報処理学会研究会報告, Vol. 24, pp. 43-48, November 2001.