

# 連続メディアを主体としたサービスのためのQoS保証機能

橋本浩二 勝本道哲 渡辺光輝 柴田義孝

東洋大学 工学部 情報工学科

e-mail {hashi,katsu,nabe,shibata}@yosemite.sb.cs.toyo.ac.jp

高速ネットワーク上で、VOD(Video-on-Demand) に代表されるアプリケーションを実現するには、ユーザの要求や利用可能なコンピューティング資源及びネットワーク資源に応じて、オーディオ、ビデオ等の連続メディアデータを、適切なサービスの質(QoS)を保証しながらユーザに提供する必要があり、そのためには、上位のアプリケーションから下位のネットワーク層まで一貫したQoS保証機能が必要となる。ここでは連続メディアサービスにおけるユーザからのQoS要求をエンド間で保証するために必要なQoS保証機能を持ったアーキテクチャを考慮し、QoSパラメータの定義、QoS交渉プロトコルの設計を行なった。

## QoS Guarantee Functions for Continuous Media Services

Koji Hashimoto, Michiaki Katsumoto, Mitsuteru Watanabe and Yoshitaka Shibata

Department of Information and Computer Sciences

Toyo University

e-mail {hashi,katsu,nabe,shibata}@yosemite.sb.cs.toyo.ac.jp

In order to realize multimedia application such as VOD(Video-on-Demand) on highspeed network, the client/server systems which offers continuous media data such as audio and video to users have to guarantee suitable QoS(Quality of Service) according to user's requirement, available computing and network resources while providing media data to users. Therefore the client/server systems must include functions which guarantee the end-to-end QoS between client and server from the application through network layers. In this paper, we define QoS architecture and QoS parameters and specify QoS negotiation protocols.

### 1 はじめに

高速ネットワーク(FDDI、B-ISDN)を利用して、オーディオ、ビデオの様な時間的制約を伴うメディアデータをユーザへ提供するためには、ユーザの要求や格納されたメディアデータ、そして、ワークステーションの処理能力や、ネットワークの負荷変動などから決定される適切なサービスの質を保証する必要があり、そのためには、アプリケーションからネットワークまで一貫したQoS(Quality of Service)保証機能が必要となる。

現在、トランスポート及びネットワークレベルでのQoS保証のための研究[4]は行なわれている

が、オーディオ、ビデオ等の連続メディアデータをユーザへ提供するVODの様なアプリケーションにおいて必要となる同期処理、データ変換処理、メディアフロー制御等の機能や、ユーザのQoS要求をエンド間で保証するために必要なQoS管理機能の研究はなされていなかった。ここでは、ユーザのQoS要求を保証するためにエンド間で必要となるデータ処理機能とQoS管理機能を持つアーキテクチャを示し、QoSパラメータを定義し、クライアント-サーバ間におけるQoS交渉プロトコルを設計した。

## 2 Video-on-Demand

マルチメディア情報ネットワークにおける、アプリケーションの1つとしてVODを想定する。システムの条件となるのは、1) 見たい時に見たいビデオを見ることが可能で、2) インタラクティブな操作(再生、停止、etc.)が可能であることである。さらに、ユーザの要求するサービスの質を保証することも重要であり、このようなVODシステム[5]をネットワーク上に、クライアント-エージェント-サーバモデルで構成することを考える(図1)。オーディオ、ビデオデータを処理するクライアントとサーバでは、適切なメディアデータの処理とQoSの保証を行ない、エージェントは複数のクライアントサーバ間のQoSを伴ったコネクションを管理し、アプリケーションレベルでのQoS保証/交渉を行なうことによって、クライアントの要求に応じて適切なサーバを提供する役割を果たす。

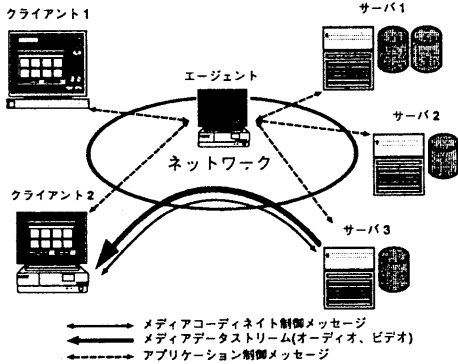


図1: VODのシステム構成

このようなアプリケーションにおいてオーディオ、ビデオデータをユーザに提供するためには、まず、メディアデータの時間的制約を保証するための同期処理[1]が必要であり、

- メディア内同期(フレームレート調整)
- メディア間同期(リップ同期)

また、サーバに格納されたメディアデータとユーザへ提供するメディアデータの属性の差を吸収するために、

- 圧縮/展開(JPEG、MPEG)
- フレーム間引き/フレーム回復
- フォーマット変換  
フレームサイズ、カラーフォーマット  
サンプリング周波数、量子化ビット数

等の変換機能が必要である。さらに、フレームデータに相当するパケットをメディアデータの特徴に合わせて正しく転送するためには、フロー制御[3]として、

- パケットレート制御(可変レート転送)
- パケットロス検出

等の機能が必要となる。

## 3 システムアーキテクチャ

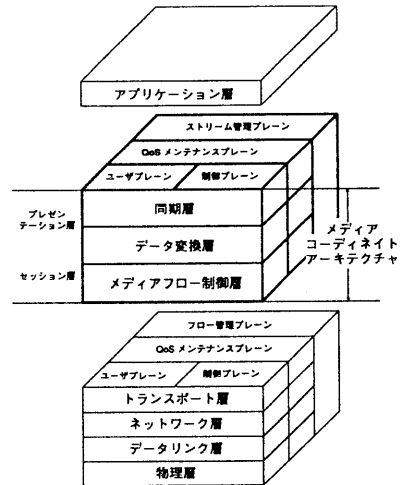


図2: アーキテクチャ

ネットワークにおけるQoS保証機能を持つB-ISDNのプロトコルアーキテクチャをもとに、OSI参照モデルの7階層に適用したアーキテクチャ[4]を図2に示す。OSI参照モデルのアプリケーション層とトランスポート層の間に、同期層、データ変換層、メディアフロー制御層の3つの層を導入したことにより、連続メディアデータをユーザに提供するために必要となる機能を持ち、アプリケーションからネットワークまで一貫したQoS保証が可能となる。ここで、同期層、データ変換層、及びメディアフロー制御層の3層を総称して、メディアコーデイトアーキテクチャと呼ぶ。

図2におけるユーザプレーンでは、同期処理、データ変換処理、データフロー制御、及びネットワーク転送等のデータ処理を行ない、制御プレーンではQoSを伴ったストリームの確立/解放及びQoSの再交渉を行なう。そして、QoSメンテナンスプレーンでは、関連するユーザプレーンの処理動作を監視し、QoSを維持するための処理を行なう。

メディアデータをユーザへ提供する際の QoS は、ユーザからの QoS 要求、ソースデータの属性及び出力デバイス属性、そして、利用可能なコンピューティング及びネットワーク資源から決定され、これをまとめて QoS 決定要因とする。この、QoS 決定要因から適切な QoS を決定するために、ストリーム管理プレーンでは以下のような機能を持つ。

**QoS マッピング：** QoS 決定要因から、各層の QoS パラメータへのマッピング、さらに、必要なコンピューティング及びネットワーク資源へのマッピングを行なう。

**アドミッション制御：** ある QoS を伴ったストリームの生成が可能かどうか、また、そのストリームにおける QoS の変更が可能かどうかを決定する。

**資源管理：** QoS を保証するために必要なコンピューティング資源、ネットワーク資源の割り当て及び解放を行なう。

**QoS アダプテーション：** 利用可能な資源が変化した場合に、QoS 決定要因から適切な QoS パラメータを決定する。

## 4 モジュール構成

図2のアーキテクチャを実現するためのモジュール構成を図3に示す。ストリーム管理及び制御プレーンのモジュールは QoS 決定要因から適切な QoS パラメータを決定し、ユーザプレーンの各モジュールがメディアデータ処理を行なう。また、QoS メンテナンスプレーンの各モジュールは、関連するユーザプレーンにおける処理の監視と、QoS を維持するための処理を行なう。

### 4.1 ストリーム管理及び制御プレーン

**ストリームマネージャ：** アプリケーションからのインタラクティブな操作要求、QoS 要求のためにシグナリングインターフェースを提供し、クライアント-サーバ間におけるコントロールメッセージの交換を行ない、トランスポート QoS に対してはシグナリングインターフェースを利用する。

**QoS マッパー：** アプリケーションの QoS 要求に対し、同期、データ変換、メディアフロー

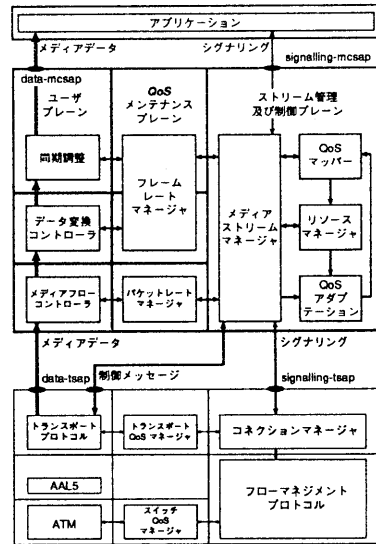


図3: モジュール構成

制御における QoS パラメータへのマッピング及び、必要なコンピューティング資源 (CPU パワー、メモリ、etc.) へのマッピングを行なう。

**リソースマネージャ：** アドミッション制御及びコンピューティング資源の割り当て/解放を行なう。

**QoS アダプテーション：** アプリケーションの要求する QoS の優先順位に応じて、適切な QoS パラメータを決定する。

各モジュールは図4に示すパラメータテーブル、パフォーマンステーブル、及びコンピューティング資源テーブルに対し、必要に応じて書き込みを行ない、また、それらの値を参照する。

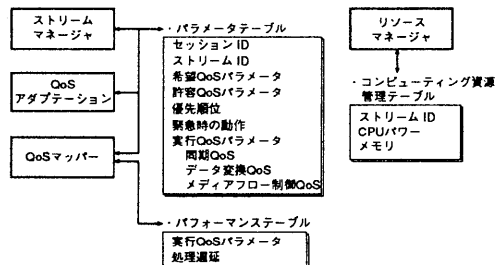


図4: QoS 管理テーブル

## 4.2 トランスポート及びネットワーク

トランスポートプロトコルが、帯域幅及び信頼性の確保、許容遅延及びジッタを保証するプロトコル [4] の場合に、コネクションマネージャは、ストリームマネージャに対し、QoS を伴ったコネクションの生成/解放及び QoS の再交渉要求を受け付けるシグナリングインターフェースを提供する。また、ATM ネットワークでは、帯域幅の確保や、許容遅延及びジッタのためのスケジューリング等が可能である [4]。

## 4.3 フレーム及びパケットレート制御

メディアデータの時間的制約を保証するために、フレームレート制御とフレームデータサイズの変換処理を、また、圧縮データを考慮した可変パケットレート転送、及び許容パケットロス率を保証するためにパケット間隔の調整を行なう。

利用可能な資源におけるクライアント、サーバ双方の変換処理はフレームレートマネージャによって決定される (例: 圧縮ビデオフレームをサーバで間引き、クライアントで展開する)。また、クライアントにおけるパケットロス率から、サーバのパケットレートマネージャは許容パケットロス率を保証するためにパケット間隔を調整する [3]。これらは、アプリケーションに提供するメディアデータの QoS を維持するために行なわれる。

これに対し、利用可能な資源状況の変化から、アプリケーションに提供するフレームレートを保証できない場合に行なうフレーム間引き [1] や、フレームデータサイズ変換処理、そしてパケット間隔の調整は、アプリケーションに提供するメディアデータの QoS の変更を意味し、その場合には QoS 交渉プロトコルを用いて QoS 決定要因から適切な QoS パラメータを決定する (図 5)。

## 5 QoS クラス

ユーザが直接アプリケーション QoS パラメータを用いて QoS 要求をするのではなく、簡単に QoS 要求を発行できるよう、アプリケーション QoS パラメータとその許容値、優先属性 (実時間性重視 (Default)、滑らかさ重視、画質重視、etc.) 及び緊急時の動作 (許容値さえ保証不可能な場合の動作: そのまま継続、一時停止、終了) をまとめて QoS

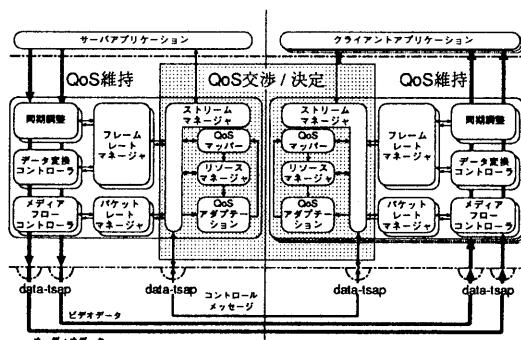


図 5: QoS の維持、交渉/決定

クラスとする (表 1)。許容値や優先順位、緊急時の動作などは、ユーザから要求されない限り、デフォルト値を用いる。

表 1: QoS クラスとアプリケーション QoS パラメータ

QoS クラス	画像サイズ	画質	滑らかさ
Hi	ワイド	高画質	非常に滑らか
Normal	ノーマル	普通	普通
Low	ミニ	やや悪し	普通

QoS クラス	音質	チャネル	同期精度	操作性
Hi	高品質	ステレオ	高精度	普通
Normal	普通	ステレオ	細かい	普通
Low	普通	モノラル	普通	普通

クライアントアプリケーションでは、ユーザからの QoS クラスによる QoS 要求と、出力デバイス属性 (画面サイズ、色数、サンプリング周波数、量子化ビット数、etc.) から、データの処理に関する QoS 要求を生成する。サーバアプリケーションでは、ソースメディアデータの属性が、データの処理に関する QoS 要求となる。

## 6 データ処理における QoS

オーディオ、ビデオデータをクライアント-サーバ間で処理する際には、エンド間における処理遅延やジッタが生じ、さらにデータロスが生じる可能性があるため、QoS 決定要因に応じて適切な QoS を保証するためには、メディアデータの処理において、エンド間で許容遅延及びジッタの抑制、また、データロスが生じないよう信頼性の確保を行なう必要がある。これらの、許容すべきエンド間遅延/ジッタ、確保すべき信頼性とメディアデータ属性の組を、メディアコーデネート QoS パラメータとし、単一連続メディアの QoS (Single QoS:  $Q_S$ ) 及び、複合連続メディアの QoS (Multi QoS:  $Q_M$ ) [2]

として次のように定義する。また、表3はソースメディアデータ(圧縮ビデオ(JPEG))属性の例を表している。

- $Q_S \{ A, D, J, R \}$ 
  - $A$ : メディアデータの属性(複数の属性値から構成される)
  - $D$ : エンド間遅延 [sec]
  - $J$ : ジッタ [sec]
  - $R$ : メディアストリームの信頼性 [%]
- $Q_M \{ D_{ra}, Q_{S_1}, Q_{S_2}, \dots, Q_{S_n} \}$ 
  - $D_{ra}$ : 基準ストリームにおける論理時刻からの相対遅延 [sec]
  - $Q_{S_i}$ : 単一連続メディアの  $QoS$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ )

表3: ソースデータ(圧縮ビデオ(JPEG))の属性値の例

Q-factor(画質を決める)	75(劣化が気にならない)
ピークフレームサイズ	3.11[Mbyte]
平均フレームサイズ	0.62[Mbyte]
フレーム幅×フレーム高さ	1920×1080[pixel]
色数を表すビット数	24[bit]
カラーフォーマット	YUV
フレームレート	30[fps]

また、複合連続メディア処理における  $QoS$  要求を、複合連続メディアの  $QoS$  パラメータセット ( $:Q_M\_set$ ) として以下のように定義する。クライアントアプリケーションでは、この  $QoS$  パラメータセットを用いて、ストリームマネージャへオーディオ、ビデオデータの  $QoS$  要求を行なう。

- $Q_M\_set \{ Q_{M\_d}, Q_{M\_a}, S_{Q_S}, P_M, E_M \}$ 
  - $Q_{M\_d}$ : 希望  $Q_M$
  - $Q_{M\_a}$ : 許容  $Q_M$
  - $S_{Q_S}$ : 同期(sync.)の基準となる  $Q_{S_i}$
  - $P_M$ :  $Q_{S_i}$ 間の優先順位、及び  $Q_{S_i}$ 内の優先順位 ( $i=1,2,\dots,n$ )
  - $E_M$ :  $Q_M$  及び  $Q_{S_i}$ それぞれの緊急時の動作

## 7 QoSパラメータのマッピング

ユーザの要求した  $QoS$  クラスは、アプリケーション  $QoS$  パラメータの値を決定し、アプリケーションは、エンド間遅延、ジッタ、信頼性などを考慮したメディアコーデインイト  $QoS$  パラメータの値を決定する。これが、同期処理、データ変換処理、メディアフロー制御、さらにトランスポートの  $QoS$  パラメータへマッピングされる。

図6は、ユーザが Hi- $QoS$  クラス(表1)を選択した場合の、クライアントにおける  $QoS$  パラメータ

のマッピング例を示す。ここで、サーバアプリケーションが提供するソースデータの属性値は表3で示されるものとする。

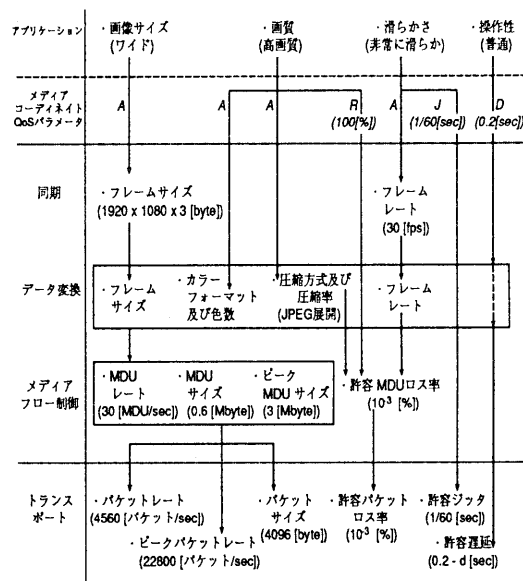


図6:  $QoS$  パラメータのマッピング(ビデオ)

同期処理では、フレームサイズ [byte]、フレームレート [fps] 等の  $QoS$  パラメータを持ち、ワイドサイズのフレームデータ  $1920 \times 1080 \times 3$  [byte]、フレームレート  $30$  [fps] がパラメータの値となる。データ変換処理では、圧縮/展開及びフォーマット変換やフレーム間引き/回復を行うメディアデータ属性変換に関する  $QoS$  パラメータを持ち、ここでは JPEG で圧縮されたフレームデータをクライアントで展開する(サーバではデータ変換処理を行わない)。

ここで、データ変換処理からメディアフロー制御へ渡す(または渡される)データの単位を MDU(メディアデータユニット)と呼び、ここでは JPEG で圧縮されたフレームデータサイズを示す。メディアフロー制御では、MDU サイズ [byte]、ピーク MDU サイズ [byte]、MDU レート [MDU/sec]、許容 MDU ロス率 [%] 等の  $QoS$  パラメータを持ち、クライアントでは、複数のパケットから構成される MDU(平均  $0.62$  [Mbyte]、最大  $3.11$  [Mbyte]) を、 $30$  [MDU/sec] でデータ変換処理へ提供し、サーバでは MDU を一定のパケットサイズ(ここでは  $4$  [Kbyte]) に分割して可変レート転送を行なう。

トランスポートでは、パケットレート [byte/sec]、ピークパケットレート [byte/sec]、パケットサイズ [byte] 等のパラメータで可変レート転送に対応し、要求される操作性に関する許容遅延 [sec]、ビデオデータの滑らかさに関する許容ジッタ [sec]、画質や滑らかさに関する許容パケットロス率 [%] 等の QoS パラメータを持つ。トランスポートにおける許容遅延は、アプリケーションの要求するエンド間遅延 ( $D$ ) から、クライアント及びサーバの同期、データ変換、メディアデータ制御における 1 フレームにかかる処理遅延 ( $d$ ) を引いたものが要求される。

オーディオについても同様にユーザの QoS 要求をマッピングすることが可能である。

## 8 QoS 交渉プロトコル

QoS の交渉はセッション開始時、及びセッション期間中において行なわれる。図 7 は、セッション開始時の QoS 交渉プロトコルフローを示す。クライアント-サーバ間での QoS 交渉において、双方の QoS マッパー、リソースマネージャ、QoS アダプテーションにより適切な QoS パラメータが決定される (図 8)。

クライアント-サーバ間で QoS の交渉を行なうことにより、利用可能な資源からユーザの QoS 要求に応じた適切な QoS パラメータの値をエンド間で決定することが可能であり、これによって適切なサービスの質を保証しながらオーディオ、ビデオデータをユーザに提供することが可能となる。

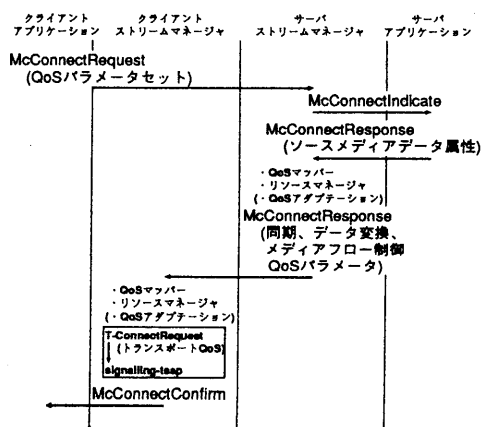


図 7: セッション開始時の QoS 交渉

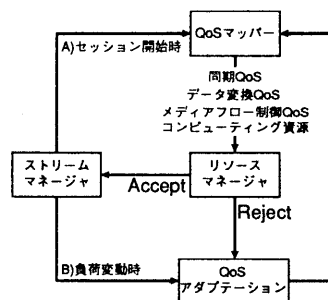


図 8: QoS の決定

## 9 まとめ

オーディオやビデオなどの連続メディアデータをユーザに提供するために必要な機能を持つメディアコーデインテグレーションアーキテクチャをアプリケーションとネットワークの間に導入し、エンド間で一貫した QoS 保証機能を持つアーキテクチャとそのモジュール構成を示した。そして、QoS パラメータの定義を行ない、パラメータのマッピング例を示し、QoS 交渉/決定プロトコルについて述べた。現在、フレームレート及びパケットレート制御とデータ変換処理を取り入れたメディアコーデインテグレーションアーキテクチャのプロトタイプを、転送速度 100 [Mbps] の FDDI 上で開発している。

今後、アプリケーションに VOD を想定したプロトタイプを構築し、ネットワーク及びコンピュータ資源の変化に応じた QoS 保証機構の評価を行なう予定である。

## 参考文献

- [1] 瀬田, 清水, 柴田: パケットオーディオ・ビデオの同期方法, マルチメディア通信と分散処理研究会 64-4, 1994.3.3
- [2] 橋本, 渡辺, 柴田: パケットオーディオ・ビデオシステムのための QoS 保証及び交渉機構について, マルチメディア通信と分散処理研究会 65-12 1994.5.19
- [3] 赤間, 渡辺, 橋本, 柴田: パケットオーディオ・ビデオシステムのための動的なパケット間隔制御, マルチメディア通信と分散処理研究会 67-7 1994.12.2
- [4] Andrew Campbell, Geoff Coulson and David Hutchison: A QUALITY OF SERVICE ARCHITECTURE, acm sigcom, Computer Communication Review Vol.24, Number 2, April, 1994
- [5] Farshid Arman, Arding Hsu, and Ming-Yee Chiu: IMAGE PROCESSING ON COMPRESSED DATA FOR LARGE VIDEO DATABASES, Proc. of ACM Multimedia '93