

連続メディアサービスのための QoS 保証及び交渉機能

橋本浩二 渡辺光輝 柴田義孝

東洋大学 工学部 情報工学科

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

マルチメディア情報ネットワーク上で連続メディアサービスを実現するためには、ユーザの要求するサービスの質、利用可能な計算機及びネットワークの資源を考慮し、適切な QoS を保証する必要がある。筆者らは、アプリケーションからネットワークまで一貫した QoS 保証機能を有するアーキテクチャを提案し、必要となる QoS 保証機能及び QoS 交渉プロトコルの設計を行ってきた。本稿では、連続メディアサービスとして Video-on-Demand を想定し、統合されたオーディオ、ビデオサービスにおける QoS 保証/交渉機能の実装及び評価を行なったので報告する。

QoS Guarantee and Negotiation Functions for Continuous Media Services

Koji Hashimoto, Mitsuteru Watanabe and Yoshitaka Shibata

Department of Information and Computer Sciences

Toyo University

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

In order to realize continuous media services on Multimedia information network, the system which offers continuous media data needs to guarantee user's QoS(Quality of Service) requirement according to available computing and network resources. We proposed and designed the system including functions which guarantee the end-to-end QoS between client and server from the application through network layers. In this paper, we considered Video-on-Demand as one of continuous media service, implemented the system and evaluate QoS functions.

1 はじめに

近年、高速ネットワーク (FDDI,B-ISDN) を利用して、オーディオ、ビデオ等の時間的制約を伴うメディアデータをユーザへ提供するシステムの実現が可能となった。しかし、ユーザの要求するサービスの質 (QoS:Quality of Service) を保証するためには、ユーザからの QoS 要求、及び提供されるメディアデータの特性を考慮し、計算機及びネットワーク資源を確保する必要がある。そのため、アプリケーション層からネットワーク層まで一貫した QoS 保証機能が必要となる。

現在、トランスポート層及びネットワーク層においては、QoS 保証を可能とする通信プロトコルの研究がさかんに行なわれているが、ユーザの QoS 要求をエンド間で保証するための通信プロトコル

は確立されていない。我々は、ユーザの QoS 要求をエンド間で保証可能とするメディアコーデイネイトシステムを提案し、その設計を行ってきた [4]。それは、オーディオ、ビデオ等のメディアデータをユーザへ提供する Video-on-Demand 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を有し、さらに、ユーザの QoS 要求に応じて適切な QoS を保証するために必要となる QoS パラメータのマッピング、資源管理、QoS アダプテーション機能を有す。ここでは連続メディアサービスとして VOD を想定し、QoS 保証機能の詳細設計及びメディアコーデイネイトシステムの実装を行ない、そして、統合されたオーディオ、ビデオサービスにおける QoS 保証/交渉機能の評価を行なった。

2 ビデオ オン デマンド

マルチメディア情報ネットワークにおける連続メディアサービスの代表例として、見たい時に見たいビデオがインタラクティブな操作(再生, 停止, etc.)により見られる VOD サービスが挙げられる。我々は、そのシステムをクライアント-エージェント-サーバによって構成することを考える(図1)。

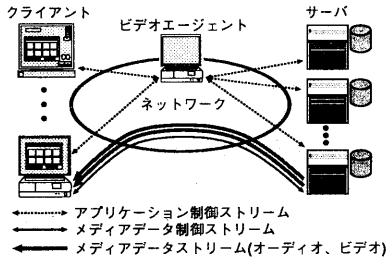


図1: VOD システム構成

クライアント及びサーバでは、メディアデータストリームを利用してメディアデータの連続転送処理を行なう。そして、メディアデータ制御ストリームを利用してユーザの QoS 要求を保証するための制御メッセージ(例:パケットロス率のフィードバック)が交換され、さらに QoS の交渉が行なわれる。ビデオエージェントは、アプリケーション制御ストリームを利用して、クライアントからの VOD サービス要求を受け付ける。ビデオエージェントではサーバの持つオーディオ、ビデオデータを管理し、クライアント-サーバ間に確立されたメディアデータストリームの状態を管理することにより、複数のクライアントの QoS 要求に応じた適切なサーバを提供することが可能となる。

3 システムアーキテクチャ

VOD の様に、連続メディアデータをユーザへ提供するアプリケーションでは、まず、メディアデータの時間的制約を保証するために、同一メディア内の同期(フレームレート制御)及び異なるメディア間の同期(リップ同期)[1]が必要となる。そして、サーバに格納されたメディアデータの特性とクライアントにおいて再生/表示可能なメディアデータの差を吸収するためにの機能として、ビデオデータの場合、圧縮/展開(JPEG, MPEG, MPEG2等)、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, 色数)、また、オーディオデータの場合、変調方式、

量子化ビット数, サンプリング周波数, 等のフォーマット変換機能が必要である。さらに、ビデオデータは高スループット, 低遅延転送を必要とし、一方、オーディオデータは低遅延, 低ジッタ転送を必要とするので、これらのメディアデータの特性に合わせてフレームデータに相当するパケットを正しく転送するためには、パケットレート制御, パケットロス検出機能等のフロー制御 [2][3] 機能が必要となる。

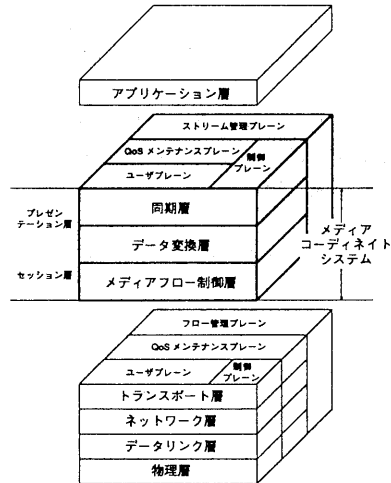


図2: システムアーキテクチャ

本研究では、将来 LAN から WAN まで広範囲における利用が期待されている ATM ネットワークを利用して連続メディアサービスを実現することを考え、ネットワーク層における QoS への整合を考慮し、上位のアプリケーション層から下位の物理層まで一貫して QoS を保証できるシステムアーキテクチャ(図2)を提案した。このアーキテクチャでは、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有する同期層, データ変換層, メディアフロー制御層をアプリケーション層とトランスポート層の間に導入し、エンド間で一貫した QoS 保証を可能にしている。ここでは、この3層を総称してメディアコーディネイトシステムと呼ぶ。

図2に示されるメディアコーディネイトシステムの各層は、それぞれ制御プレーン, ユーザプレーン, QoS メンテナンスプレーン, ストリーム管理プレーンの4つのプレーンで構成される。制御プレーンにおいて QoS を伴ったメディアデータスト

リームの確立/解放及び QoS の交渉を行ない、ユーザプレーンでは、メディアデータの連続転送処理を行なう。そして、QoS メンテナンスプレーンでは QoS を維持するために、関連するユーザプレーンの処理動作を監視する。アプリケーションへ提供するメディアデータの適切な QoS は、ストリーム管理プレーンにおける QoS マッピング、資源管理、アドミッション制御、QoS アダプテーション機能を利用して決定される。図 3 はストリーム管理及び制御プレーンのモジュール構成と利用するテーブルを示している。

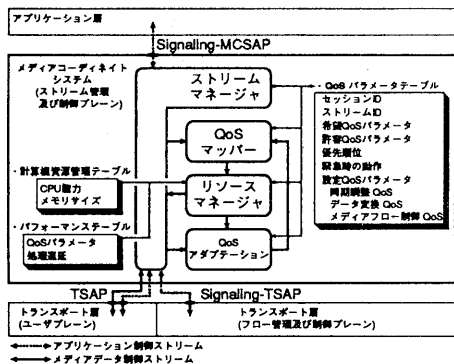


図 3: ストリーム管理及び制御プレーンのモジュール構成と利用するテーブル

ストリームマネージャ アプリケーション層に対しては、Signaling-MCSAP を提供し、QoS を伴ったメディアデータストリームの確立/解放、QoS 更新要求、そして、インタラクティブな操作要求を受ける。また、トランスポート層に対しては、QoS を伴ったコネクションの確立/解放及び QoS の更新を行なうために、Signaling-TSAP を利用する。そして、トランスポート層より上位層における QoS 交渉や、アプリケーション層からのインタラクティブな操作要求に対する制御メッセージの交換には TSAP を利用する。アプリケーション制御ストリーム及びメディアデータ制御ストリームは、これら Signaling-MCSAP, Signaling-TSAP, TSAP によって構成される。

QoS マッパー アプリケーション層の QoS 要求に対し、同期層、データ変換層、メディアフロー制御層における QoS パラメータへのマッピング、必要となる計算機資源 (CPU 能力、メモリ等) へのマッピングを行なう。

リソースマネージャ 計算機資源の割り当て/解放及び、QoS マッパーによりマッピングされた計算機資源の確保が可能かどうかを決定するアドミッションテストを行なう。

QoS アダプテーション 利用可能な計算機及びネットワーク資源そしてその利用状況に応じて、アプリケーションの要求する QoS パラメータの優先順位に従い、QoS パラメータのアダプテーションを行なう。

4 QoS パラメータ

アプリケーション層から物理層まで、各層がその上位層に提供する QoS は、各層の QoS パラメータにより表現される。VOD サービスにおけるアプリケーション QoS パラメータは、画像サイズ、画質 (解像度、滑らかさ)、音質、チャンネル数、また、オーディオとビデオの同期精度やインタラクティブな操作に対する応答性等の QoS パラメータが考えられる。ここで、ユーザがこれらの QoS パラメータを全て設定するのではなく、簡単に QoS 要求を発行できるよう、アプリケーション QoS パラメータをまとめて QoS クラスとする。

表 1: QoS クラスの例

QoS クラス	アプリケーション QoS パラメータ						
	画像サイズ	画質(解像度)	画質(滑らかさ)	音質	チャンネル数	同期精度	応答性
High	ワイド	高解像度	非常に滑らか	高品質	2(ステレオ)	高精度	良い
Normal	ノーマル	普通	滑らか	普通	2(ステレオ)	細かい	良い
Low	ミニ	普通	滑らか	普通	1(モノラル)	普通	良い

表 1 は、QoS クラスの例を示しており、ユーザはこの 3 つのクラスから希望する QoS クラスを選択することによって簡単に QoS の要求を行なうことが可能となる。また、計算機及びネットワーク資源の利用状況変動時における QoS 更新の際、どの QoS を優先的に保証するかという優先属性 (滑らかさ優先、画像サイズ優先、等)、及び許容範囲の QoS が保証できない場合の緊急時の動作 (一時停止、終了、等) も同様にクラス化する。

メディアコーデイトシステムにおける QoS パラメータは、アプリケーション層へ提供するサービスの質を表すものである。これをメディアコーデイト QoS パラメータと呼び、オーディオ、ビデオなどの単一連続メディアの QoS (Single QoS: Q_S) 及び、オーディオ、ビデオを統合した複合連続メディアの QoS (Multi QoS: Q_M) として次のように定義した [4]。表 2 はソースメディアデータ特性として JPEG 圧縮ビデオの例を表している。

- $Q_S \{ C, D, J, R \}$
 - C : メディアデータの特性 (複数のパラメータから構成される)
 - D : エンド間許容遅延 [sec]
 - J : 許容ジッタ [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 2: JPEG 圧縮ビデオデータの特性値の例

Q-factor	75
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]

ここで、複合連続メディアの希望及び許容 QoS 、パラメータの優先順位、緊急時の動作をまとめてメディアコーデインイト QoS パラメータ集合と定義する。メディアコーデインイトシステムでは、アプリケーション層から要求された希望 QoS と許容 QoS の範囲内でパラメータの優先順位にもとづき、適切な QoS を保証する。

4.1 QoS パラメータのマッピング

ユーザの選択した 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、メディアコーデインイト QoS パラメータへマッピングされる。そして、 QoS マッパーモジュールの QoS マッピング機能により、順次下位層の QoS パラメータへとマッピングされる。

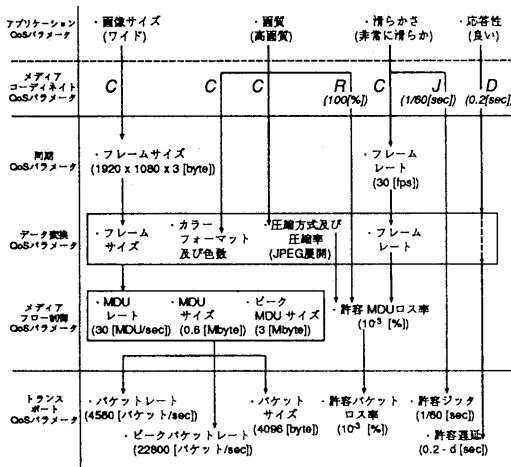


図 4: QoS パラメータのマッピング例 (ビデオ)

図 4は、ユーザが QoS クラス (表 1) の High を選択した場合の、クライアント側における 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特性値は表 2で示されるものとする。

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。

4.2 QoS アダプテーション

マッピングされた各層の QoS パラメータの値は、リソースマネージャのアドミSSIONテストにより保証可能かどうか決定される。保証不可能な場合、アプリケーションの要求するメディアコーデインイト QoS パラメータの優先順位によって QoS パラメータのアダプテーションが行なわれる。 QoS パラメータの優先順位には正数を用い、セッションの優先順位、ストリームの優先順位、そして、単一連続メディア QoS パラメータの優先順位を足し合わせたものを利用し、この値が低い QoS パラメータを優先的に保証する。図 5は、同優先順位のパラメータ及び、異なる優先順位のパラメータに対するアダプテーションを表している。

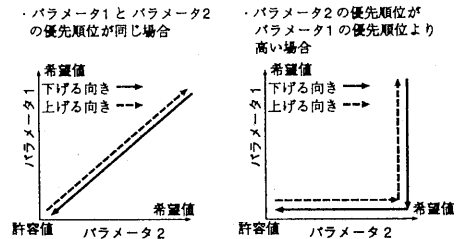


図 5: QoS アダプテーション

5 QoS 交渉及び決定

QoS マッパー、リソースマネージャ、そして QoS アダプテーションモジュールにより、クライアントあるいはサーバ側の各層の QoS パラメータの値が決定される。しかし、エンド間 QoS 保証を行なうためには、クライアント-サーバ間における QoS 交渉が必要となる。図 6にセッション開始時の QoS 交渉、及びサーバにおける QoS 決定フローを示す。また、図 7はセッション期間中、サーバの資源利用状況の変動により QoS 交渉が行なわれる場合のプロトコルフローを示している。

セッション開始時の QoS 交渉はアプリケーション制御ストリームを利用し、クライアント-ビデオ

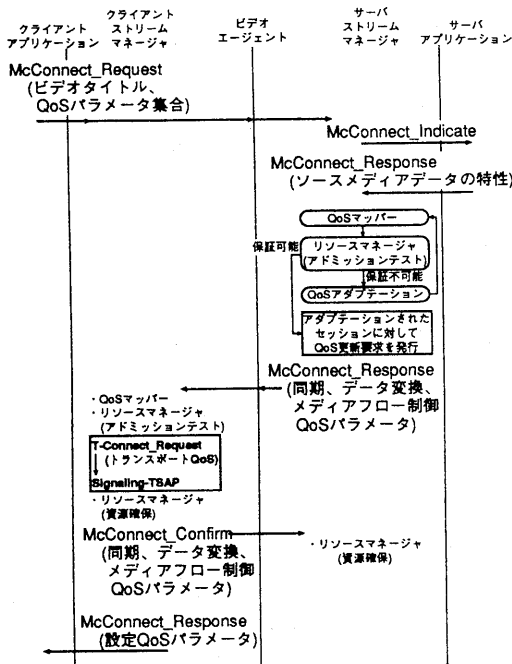


図 6: セッション開始時の QoS 交渉

オエージェント-サーバ間で行なわれ、交渉が成立すると、メディアデータストリーム及びメディアデータ制御ストリームがクライアント-サーバ間に確立する。そして、セッション期間中の QoS 交渉は QoS の希望値と許容値の範囲内でおこなわれ、クライアント-サーバ間に確立しているメディアデータ制御ストリームを利用する。

図 6において、セッション開始時に計算機資源の確保が不可能な場合、すでに存在しているセッションを含めた QoS アダプテーションが行なわれ、その結果、図 7に示すセッション期間中の QoS 交渉が行なわれる。

6 プロトタイプ及び機能評価

ビデオデータのフレームレート及びフレームサイズを可変な QoS パラメータとして QoS 保証/交渉機能を取り入れたメディアコーデインシステムと簡単な VOD アプリケーションを図 8 の環境で構築した。ネットワークは転送速度 100[Mbps] の FDDI を利用し、通信プロトコルは、アプリケーション制御ストリーム及びメディアデータ制御ストリームに対して TCP/IP を、メディアデータストリームに対しては UDP/IP を用いた。

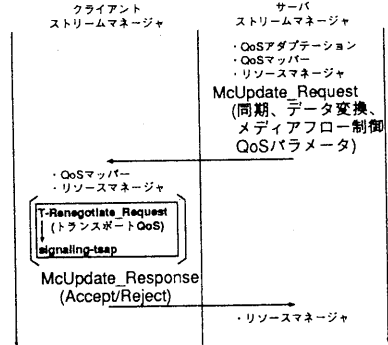


図 7: セッション期間中の QoS 交渉 (サーバ資源利用状況変動時)

実装は NEWS-OS 上で複数のプロセスを用いて行い、プロセス間のメッセージ通信にはソケットライブラリを利用し、メディアデータの受渡しは、できる限りメモリコピーを避けるため共有メモリを利用している。

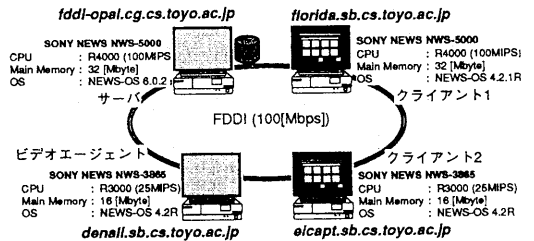


図 8: プロトタイプ開発環境

6.1 実効スループット

適切な QoS を保証するためには、資源の確保が必要である。今回の評価では利用可能な計算機資源としてあらかじめ測定した実効スループットの値を用いた。表 3は利用可能なスループットの測定及び QoS 保証機能評価の際用いたオーディオ、ビデオデータの特性値と希望 QoS/許容 QoS の値である。また、このオーディオ、ビデオデータを希望 QoS の値でユーザへ提供するために必要なスループットと、それに対する実効スループットを表 4に示す。表 3に示されるオーディオ、ビデオデータの時間的制約を保証するためには、ユーザの要求する優先属性(滑らかさ優先または画像サイズ優先)に応じて、フレーム間引き及びフレームサイズ縮小をサーバ側のデータ変換プロセスで行ない、必要なスループットを表 4 の実効スループット以下にする必要がある。

表 3: メディアデータ特性値と希望及び許容値

		特性値	希望値	許容値
オーディオデータ	量子化ビット数 [bit]	8	—	—
	サンプリング周波数 [Hz]	8000	—	—
ビデオデータ	フレームサイズ [pixel]	352x240	352x240	160x128
	フレームレート [fps]	24	24	4
	デプス [bit]	8	—	—

表 4: 実効スループット

セッション数	必要なスループット [Mbps]	実効スループット [bps]			
		サーバ	クライアント1	クライアント2	
1	16.3	11.5	6.3	4.8	
2	32.6	10.2	7.7	5.0	
3	49.9	9.6	8.1	4.8	

6.2 QoS 保証機能の評価

サーバにおけるセッション数の変動時及び、ユーザからの優先属性更新要求に対する QoS 保証機能の評価を行なうために、クライアント 1 におけるセッション 1 の期間中、クライアント 2 においてセッション 2 を開始し、終了させた。ここで、2 つのセッションは同優先順位としている。表 5, 6 は、セッション期間中ユーザが要求した優先属性、設定フレームレート、フレームサイズ及びオーディオフレームレートと相対同期間隔、そして、必要となるスループットを示している。表 5, 6 から、ユーザの要求する優先属性と表 4 から得られる利用可能なスループットの値を用いて、時間的制約の保証が可能だと思われる適切な QoS パラメータの値を決定していることがわかる。

また、図 9 はセッション 1 におけるクライアント側のビデオフレーム出力時刻を表している。左下から右上に引かれた実線は、ビデオフレームを実時間で出力した場合のフレーム番号と出力時刻の関係を表している。図 9 から、QoS 保証機能を利用した場合、セッション 2 の開始及び終了時、そしてユーザからの優先属性更新要求時には多少間延びするが、QoS 保証機能を利用しなかった場合に比べて、時間的制約が保証されているとことがわかる。

7 まとめ

我々はエンド間でユーザの QoS 要求を保証するための QoS 保証機能を有すシステムアーキテクチャを設計、開発した。評価の結果、セッション数の変動及び、ユーザからの優先属性更新要求時に、利用可能なスループット用いて適切な QoS パラメータの値を決定することが可能となった。現在、JPEG, MPEG ビデオをプロトタイプに導入している。今後の課題として、ビデオフレームレート及びフレームサイズ以外の QoS パラメータを考

慮した QoS 保証機能の実現、そしてエンド間遅延、ジッタの抑制、信頼性保証の検討などが挙げられる。

表 5: セッション 1 期間中の設定 QoS パラメータ

セッション 1 (クライアント 1)	区間 1	区間 2	区間 3	区間 4	区間 5
		画像サイズ優先			
フレームレート [fps]	8	4	10	16	8
フレームサイズ [pixel]	352x240		160x128		352x240
オーディオ フレームレート [fps]	8	4	5	8	
相対同期間隔 [msec]	125	250	200	125	
必要となる スループット [Mbps]	5.41	2.77	1.70	2.69	5.41

表 6: セッション 2 期間中の設定 QoS パラメータ

セッション 2 (クライアント 2)	区間 1	区間 2	区間 3	区間 4	区間 5
		画像サイズ優先			
フレームレート [fps]	—	4	4	—	
フレームサイズ [pixel]	—	352x240	160x128	—	
オーディオ フレームレート [fps]	—	4	4	—	
相対同期間隔 [msec]	—	250	250	—	
必要となる スループット [Mbps]	—	2.77	0.72	—	

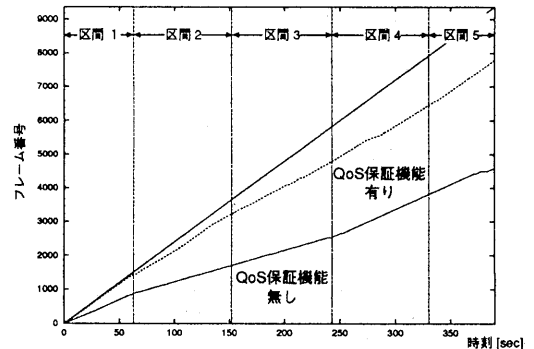


図 9: フレーム番号と出力時刻 (セッション 1)

参考文献

- [1] Y. Shibata, N. Seta and S. Shimizu, "Media Synchronization Protocols for Packet Audio Video System", Proc. of The 28th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Maui, Hawaii, pp.594-601, 1995
- [2] 赤間孝司, 渡辺光輝, 橋本浩二, 柴田義孝 "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 pp.37-42, 1994
- [3] 渡辺光輝, 赤間孝司, 柴田義孝, "パケットロスを考慮したパケット オーディオ・ビデオ システム", マルチメディア通信と分散処理研究会 68-6 Vol.95, No.13, pp.31-36, 1995
- [4] 橋本浩二, 勝本道哲, 渡辺光輝, 柴田義孝 "連続メディアを主体としたサービスにおける QoS 保証機能", マルチメディア通信と分散処理研究会 71-17 Vol.95, No.61, pp.97-102, 1995