

パケット オーディオ・ビデオ システムのQoS 保証及び交渉機構について

3C-7

橋本浩二 渡辺光輝 柴田義孝

東洋大学工学部情報工学科

1. はじめに

我々はこれまでにパケットオーディオ・ビデオシステム(以下 PAVS)として、マルチメディア情報ネットワーク上で効率的に同期("Lip Sync.")をとりながらビデオ転送を実現するための転送プロトコルと、動画像及び音響処理方式、同期方式の設計、実装を行ってきたが[1, 2]、時間的制約を受けるメディアデータを処理する場合、ワークステーションの処理能力及びネットワークの負荷変動によって、そのメディアデータを常にユーザの要求通りに提供できるとは限らない。つまり、個々のメディアに依存する提供可能なメディアの質を、ワークステーションの処理能力やネットワークの負荷状況に応じて保証する QoS(Quality of Services)のメカニズムが必要となってくる。そこで、従来の PAVS にフレームレートをパラメータとした QoS 保証機構を導入し、その保証機構の評価を行なった。

2. システムアーキテクチャ

本システムは ISO の OSI 参照モデルを適用すると、図 1 に示すような階層構造をしており、クライアント・サーバ方式によって PAVS を構成している。

Synchronization 層では動画像フレームと対応する音響セグメント間の同期処理を行ない[3]、Transform 層ではフォーマット変換、圧縮・伸長などを行なう。また、Media Flow Control 層ではサーバ・クライアント間のビデオフレーム及びオーディオセグメント転送におけるパケット転送レート制御、ジッタの吸収などを行ない、Control and QoS Management 層(以下 CQM 層)において、QoS の保証状況やワークステーションの処理能力やネットワークの負荷状況からサーバ、クライアント間で QoS の交渉がなされ、保証すべき QoS が決定される。各層ではその QoS を保証するための処理が各層で行なわれる。

3. QoS の定義

一般的な単一連続メディアの QoS を スループット: $T[\text{bit}/\text{sec}]$ 、エンド間遅延: $D[\text{sec}]$ 、ジッタ: $J[\text{sec}]$ 、ストリームの信頼性: R (ここでは tcp, udp などのプロトコルの選択でストリームの信頼性を表す)、で定義する。

$$Q : \{T, D, J, R\} \quad \text{--- (1)}$$

また、QoS の状態(状態値)が変化し、保証すべき QoS(設定値)の保証が不可能となった場合、あるいは負荷の減少から QoS を上げることが可能となった場合、QoS の設定値: $Q(i)$ (i 番目の更新状態)は、アプリケーションが希望する QoS: Q_d 、許容できる QoS: Q_a 、エンド間で利用可能なスループット: T_{avail} 、許容 QoS でさえ保証できなくなった場合の緊急時のモード: E から更新される。

$$Q(i+1) = f(Q(i), T_{avail}, Q_d, Q_a, E) \quad \text{--- (2)}$$

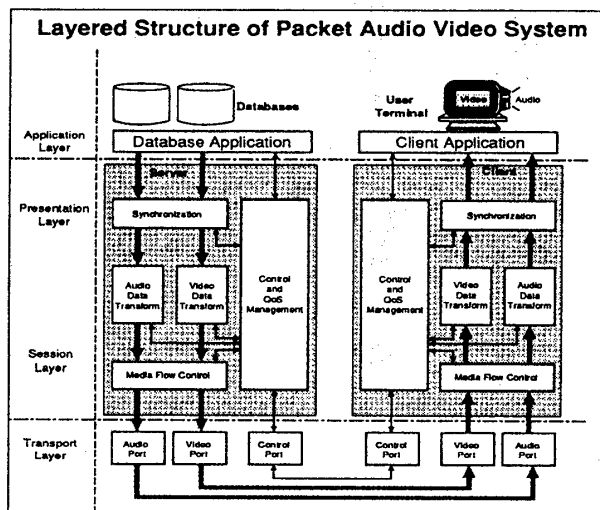


図 1: QoS 保証を伴った PAVS の階層構造

3.1. スループット

オーディオデータのスループット T_A をサンプリング周波数: $f_s [Hz]$ 、量子化ビット数: $b_q [bit]$ の 2 つのパラメータで表し、ビデオデータのスループット: T_V をフレームサイズ: $s_f [pixel/frame]$ 、1 ピクセルあたりの色数(ビット数): $b_d [bit/pixel]$ 、フレームレート: $r_f [frame/sec]$ の 3 つのパラメータで表す。

$$T_A : \{f_s, b_q\}, T_V : \{s_f, b_d, r_f\} \quad \text{--- (3)}$$

3.2. オーディオ・ビデオ QoS

オーディオ・ビデオデータの QoS: Q_{AV} と、そのパラメータを以下のように定義する。

$$Q_{AV} : \{Q_A, Q_V, D_{ra}\} \quad \text{--- (4)}$$

Q_A : オーディオデータの QoS

Q_V : ビデオデータの QoS

$D_{ra} [sec]$: オーディオ、ビデオ間で同期をとる際の相対的な遅延。例えば、相対的な遅延が 1 秒の場合、1 秒に 1 度は同期をとるということを表す。

さらに、オーディオ・ビデオの QoS が更新される場合、設定値: $Q_{AV}(i)$ は、希望 QoS: $Q_{AV,d}$ 、許容 QoS: $Q_{AV,a}$ 、エンド間でオーディオ、ビデオを処理するために利用可能なスループット: $T_{AV,avail}$ (式(3)の T_A, T_V を合わせて利用可能なスループット)、オーディオ、ビデオの優先順位を表す P_{AV} 、緊急時のモード: E_{AV} から更新される。

$$Q_{AV}(i+1) = f_{AV}(Q_{AV}(i), T_{AV,avail}, Q_{AV,d}, Q_{AV,a}, P_{AV}, E_{AV}) \quad \text{--- (5)}$$

QoS Guarantee and Negotiation Mechanism on Packet Audio・Video System

Koji Hashimoto, Mituteru Watanabe, Yoshitaka Shibata
Toyo University

4. QoS 保証機構

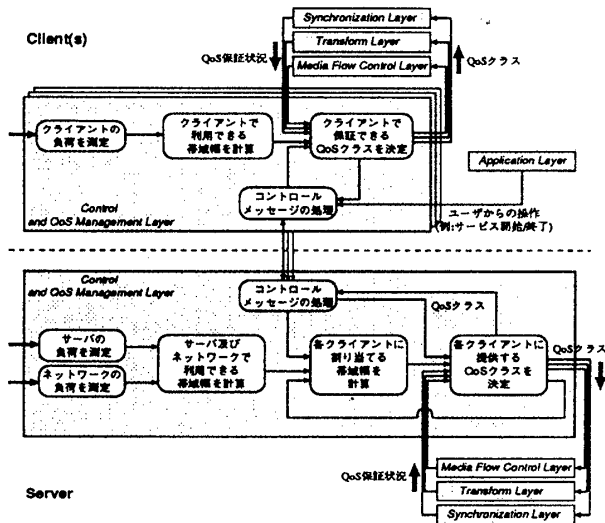


図 2: QoS 更新モジュール

セッション開始時の QoS の決定及びセッション期間中の QoS 更新は、式 (1) におけるスループットから QoS の保証状況を決定する場合、図 2 に示されるモジュールで行なわれる。全体的には、QoS の保証状況が悪化した場合、その時の負荷状況で利用可能なスループットに応じた QoS クラスを決定し、また、ワークステーションやネットワークの負荷が軽減し、利用可能なスループットが向上した場合、そのスループットから適切な QoS クラスを決定することで、QoS の更新がなされる。

5. プロトタイプ及び性能評価

プロトタイプを図 3 の環境で構築した。ネットワークは転送速度 10[Mbps] の Ethernet、ネットワークの通信プロトコルとしては UDP 及び TCP/IP を用いた。

フレームレートの制御は、サーバ側ではフレームデータを間引くことによって、クライアント側では出力フレームの間隔を変えることによって行なわれる。

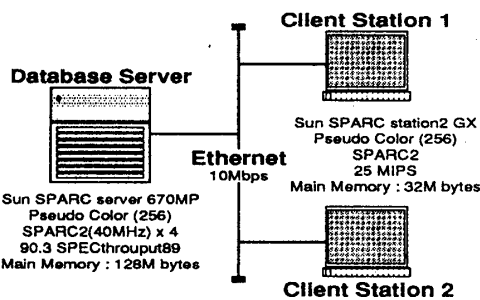


図 3: プロトタイプ

また、使用したオーディオ・ビデオデータを表 1 に示す。

表 1: オーディオ・ビデオデータ

Audio	Frequency[Hz]	8000
	QuantizeBit[bits]	8
Video	FrameSize[pixel]	160 × 120
	Color[bits/pixel]	8
	FrameRate[fps]	10

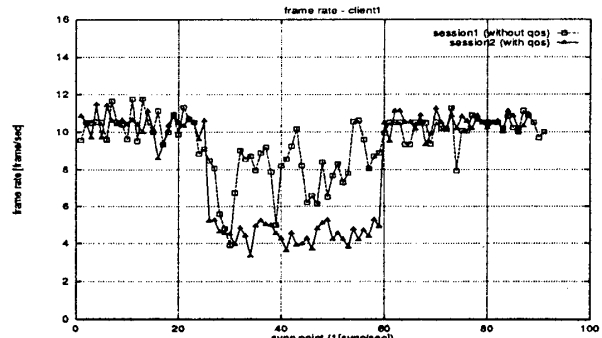


図 4: 負荷変動におけるフレームレート (Client 1)

5.1. Client の数による QoS 保証

図 4 は、Client1 のセッション期間中、25 同期ポイント後に Client2 がセッション開始要求をし、session1 では 35、session2 では 34 同期ポイント後にセッションを終了した場合のフレームレートについての測定結果を示している。この結果より、QoS 保証を行なった場合は、フレームレートを下げることで、そのフレームレートがほぼ一定に保たれていることが分かる。一方、QoS 保証を行なわなかった場合は、フレームレートの変動が大きい。フレームレートの平均値は、QoS 保証を行なわなかった場合の方が高い。しかし、保証すべきフレームレートに対し、実行フレームレートの変動が大きいほど時間的にずれが生じ、オーディオ、ビデオの同期上、オーディオの途切れを生じさせ、品質を低下させる結果となった。結果として、フレームレートをパラメータとした QoS 保証機構の有効性が確認できたといえる。

5.2. 利用可能なスループット

ネットワークにおける利用可能なスループットは、(利用可能な最大転送速度 [bit/sec]) - (出力パケット数 [個/sec]) × (パケットサイズ [bit]) から求めた。各ワークステーションの出力パケット数は SNMP により測定した。

また、CPU の占有率とロードアベレージによってワークステーションの負荷状況を決定し、利用可能なスループットを求めようとしたのだが、CPU の占有率は変化が激し過ぎ、ロードアベレージでは収束する期間が長い為、これらの測定値から利用可能なスループットを求めるには改善の余地が残されている。

6. まとめ

従来の PAVS に QoS 保証を取り入れるため、QoS の定義をし、その交渉/決定をする機構の設計及び開発を行なった。

今後の課題としては、エンド間遅延、ジッタを含む QoS 保証、フレームレート以外のパラメータによる QoS 更新、ワークステーションの負荷状況決定方法の改良、そして FDDI 上での実装及び評価、などがあげられる。

参考文献

- 神原久夫, 河野太基, 柴田義孝: パケットビデオシステムのための同期メカニズム, 情報処理学会第 46 回全国大会, 1K-05, 1993
- 清水省悟, 瀬田直也, 神原久夫, 柴田義孝: マルチメディア情報ネットワークのためのパケットビデオシステムの設計と性能評価, 情報処理学会第 47 回全国大会, 4V-05, 1993
- 瀬田直也, 清水省悟, 柴田義孝: 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