

## 連続メディアのQOS制御のための「QOSチケット」モデル†

1N-6 河内谷 清久仁<sup>1‡</sup> 緒方 正暢<sup>2‡</sup> 西尾 信彦<sup>3</sup> 徳田 英幸<sup>3</sup><sup>1</sup>日本アイ・ビー・エム(株) 東京基礎研究所<sup>2</sup>日本アイ・ビー・エム(株) パワー・モバイル・システムズ<sup>3</sup>慶應義塾大学 環境情報学部

## 1 はじめに

対話的なマルチメディア処理環境では、動的に変動するシステムの負荷に応じて、連続メディア処理のサービスの質(QOS: Quality of Service)を調整する機能が重要になる。特に、システム内で複数の連続メディアセッションが処理されている場合、この調整は各セッションの性質や重要度を反映して集中的に行なわれることがのぞまれる。このようなQOS調整はシステム内の資源管理と深くかかわっており、アプリケーションレベルだけでの実現は困難である。また、従来のシステムでの資源管理は「公平性(fair share)」に重点が置かれており、資源の保証や監視といった仕組みが十分ではないため、適切なQOS制御のためには、新しい資源管理機構が同時に必要になる。本稿ではこれらの点をふまえて、QOS制御のためのアーキテクチャである「QOSチケット」モデルと、そのために必要な資源管理について提案する。

## 2 QOS制御に関する要求事項

動画や音声のような連続メディアの最大の特徴は、その処理に時間的制約があるということである。このようなデータを扱うためには、システムは各メディアの持つ時間的制約を守りながら処理をすすめる必要があり、各処理に対応したシステム資源(CPU, メモリ, ディスク, ネットワークなど)の確保が必要不可欠である。そのためには、従来とは異なった資源管理機構が必要になると考えられる。

また、現実のシステム資源は有限であるため、各処理に十分な資源が与えられない状況も考えられる。このような場合、時間的制約のない通常のアプリケーションでは、処理時間が延びることで全体の調整が行なわれるが、連続メディア処理では、時間的制約を守るために、使用可能な資源量に応じて処理のサービスの質(QOS)を変更していく必要がある<sup>1</sup>。特に、複数の連続メディアセッションが処理されている場合、それらのQOSをどのように調整していくかは重要な問題である。

これらの、資源管理とQOS制御に関する要求には、以下のようなものがあげられる。

## 1. 資源使用の保証と監視

各セッションが時間的制約を守って処理を行なうためには、従来のfair share的な資源管理では不十分で、システム資源の割り振りを保証(予約)する仕組みが必要になる。また同時に、悪意のあるセッションによる妨害を防ぐため、資源使用を監視する機構も必要である。さらに、一つのセッションが複数のプロセスやスレッドで構成されることも考慮して、これらの資源管理は、プロセス単位でなくセッション単位に行なえることがのぞまれる。

## 2. 複数セッション間のQOS調整

システム内に複数の連続メディアセッションが存在している場合、それらの間でのQOS調整は、各セッションの性質や重要度などを反映して行なわれる必要がある。たとえば、重要度が低いセッションはより多くQOSを下げるといった制御が行なえることがのぞまれる。

## 3. システムやメディアデータからの独立性

QOS制御のためのメカニズムは、特定のシステム構成やデータに依存したものでないことがのぞまれる。連続メディア処理において必要とされる資源量は、CPUの速度や処理するデータ量の変動などによって変わるため、あらかじめ完全に知ることは難しい。このような状況に対応するため、資源の使用状況をフィードバックしてQOSを調整していくような仕組みがあることがのぞましい。

## 4. ポリシとメカニズムの分離

QOS制御の方式には、時間的/空間的解像度のどちらかを優先するか、時間的制約をどの程度厳密に守るかなどの点で、いくつもの選択が考えられる[1]。これらの制御ポリシは、各セッションが処理するメディアの性質などから決定されるべきものであり、QOS制御のためのメカニズムとは分離されていることがのぞましい。

我々は、これらの要求を実現するためのQOS制御アーキテクチャとして、「QOSチケット」モデルを提案する。

## 3 QOSチケットモデル

図1は、QOSチケットモデルの概要を示したものである。このモデルでは、オペレーティングシステム、QOSマネージャと各連続メディアセッションの3者が協力してQOS制御を行なう。これらを仲介するものが「QOSチケット」である。QOSチケットモデルでは、システムの提供する資源は、基本的に予約して使用される。その動作の概要は次のとおりである。各連続メディアセッションは、起動時にQOSマネージャに対して、その性質と必要な資源量などを示す「QOSファクター」を申告する。QOSマネージャは、この情報にもとづいてシステム資源の割り振りや予約を行ない、それを書き込んだ「QOSチケット」を発行する。各セッションは、チケットに記述された資源の制限内で処理が行なわれるように、自分のQOSを変更する。資源使用の保証と監視は、オペレーティングシステムによって行なわれる。

QOSチケットモデルにおけるそれぞれの役割を詳しく述べると、以下ようになる。

**QOSファクター** QOSファクターは、各セッションがQOSマネージャに対して申告するもので、そのセッションの性質や重要度に加えて、システムの各資源をどの程度必要としているかの範囲(上限と下限)の情報が記述されている。QOSマネージャはこの情報にもとづいて、要求の範囲内で資源の割り振りを決定する。各セッションで重要度や必要な資源量などの変更があった場合には、QOSファクターの変更(再申告)が行なわれる。

**QOSチケット** QOSチケットは、資源予約/監視のためのアプリケーションで、このモデルの中心となるものである。こ

<sup>1</sup>資源が確保できない場合、時間的制約を守らない、もしくは処理を開始しないという解決法もあるが、本稿では考えない。

A "QOS-Ticket" Model for QOS Control of Continuous Media Processing

Kiyokuni KAWACHIYA<sup>1</sup>, Masanobu OGATA<sup>2</sup>, Nobuhiko NISHIO<sup>3</sup>, and Hideyuki TOKUDA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>IBM Research, Tokyo Research Laboratory

1623-14, Shimotsuruma, Yamato, Kanagawa 242, Japan

E-Mail: <kawatiya@tr1.ibm.co.jp>

<sup>2</sup>Power Mobile Systems, IBM Japan, Ltd.

<sup>3</sup>Faculty of Environmental Information, Keio University

†この研究は、情報処理振興事業協会(IPA)が実施している開放型基盤ソフトウェア研究開発評価事業「マルチメディア統合環境基盤ソフトウェア」プロジェクトのもとに行なわれた。

‡開放型基盤ソフトウェア湘南藤沢キャンパス研究室の연구원としてIPAに登録されている。

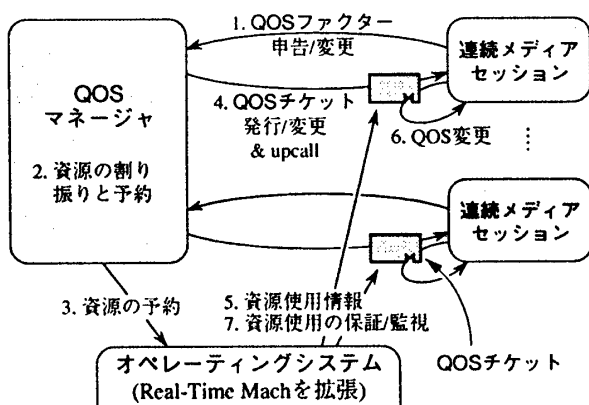


図 1: QOS チケットモデル

これは、資源の優先使用のための「切符」のようなものと考えられることができる。各セッションは、自分に発行された QOS チケットを通じて、資源を優先的に使用することができる。使用した資源量の情報はその QOS チケット内に積算されていき、予約の制限を越えるとその資源は優先使用できなくなる。QOS チケットは、セッションごとの資源管理の仕組みであり、セッションが複数のプロセスやスレッドで構成される場合でも、それらの中で共用される。また、セッションがサーバに処理を依頼する場合、RPC を通じて QOS チケットが一時的に渡され、サーバでの処理も資源を優先的に使用できる。さらに、QOS チケットを通じて、各セッションは自分に対する資源の予約状況と、自分がどれくらい資源を使用しているかを知ることができる。

**オペレーティングシステム** オペレーティングシステムは、QOS チケットの実現に必要な資源管理機能を提供する。これは、資源の予約/監視機能と使用情報の提供からなる。資源予約機能により、各セッションに対する資源の割り振りが保証される<sup>2</sup>。資源使用の監視は、予約した以上に資源を使用したセッションの資源使用の優先度を下げるために必要で、これにより「行儀の悪い」セッションの他のセッションへの影響を防ぐことができる。資源使用情報は、各セッションが、与えられた資源を有効活用するためのヒントとして必要である。これらの機能は、プロセスやスレッド単位でなく、セッション単位で行なえる必要がある。また、サーバへの RPC やネットワーク通信の際にもこれらの資源管理が適用されなければならない。

**QOS マネージャ** QOS マネージャは、複数の連続メディアセッションに対する資源の割り振りおよび予約を行なう。一種のスケジューラである。割り振りは、各セッションから申告される QOS ファクターにもとづいて行なわれるが、どのように割り振るかは QOS マネージャが自由に決定できる。QOS マネージャは割り振りの結果から資源の予約を行ない、QOS チケットを発行する。セッション数の増減があったり、QOS ファクターの変更が行なわれた場合には、資源の割り振りの再計算を行ない、QOS チケットの内容を変更する。この変更は、upcall により各セッションに通知される。QOS ファクターで指定された制限内で資源の割り振りができなかった場合、QOS マネージャはどれかのセッションに対し、サスペンドするよう通知することもある。

**連続メディアセッション** 各連続メディアセッションは、自分の必要とする資源量のみつもりと、実際の QOS 変更を行なう。みつまった資源量 (上限と下限) は、QOS ファクターを通じて QOS マネージャに通知される。この値は、資源の使用状況などに応じて途中で変更していくことも可能である。要求した資源は QOS マネージャによって予約され、QOS チケッ

トが発行される。各セッションは、与えられたチケットに記載された資源の制限を満たせるように、自分の処理する連続メディアの QOS を変更する。この QOS 調整のためには、セッション内での処理量のみつもりを行なう必要があるが、そのためには QOS チケット内の資源使用状況の情報が利用できる<sup>3</sup>。QOS をどのように変更するかは、各セッションがメディアの性質や各自の QOS 変更ポリシーに従って自由に決定することができる [2]。

前章であげた QOS 制御に関する要求事項のうち、資源使用の保証と監視は、オペレーティングシステムによって行なわれる。複数セッション間の QOS 調整は、QOS マネージャによって実現される。システムやメディアデータからの独立性を実現するための資源使用状況のフィードバックは、QOS チケットを通じて行なわれ、各連続メディアセッションではこの情報を用いて QOS の制御を行なう。資源の制限内でどのように QOS を変更するかは各セッションにまかされており、ポリシーとメカニズムの分離ははかられている。一般に、資源の状況についてはオペレーティングシステムと QOS マネージャが、メディアの性質については各セッションの方が豊富な情報を持っていると考えられるので、この役割分担は適切なものといえるだろう。

#### 4 まとめと課題

本稿では、連続メディア処理に対する資源管理と QOS 制御を行なうためのアーキテクチャとして、QOS チケットモデルを提案した。このモデルは、資源の割り振りについて記述した QOS チケットを通じてオペレーティングシステム、QOS マネージャと各連続メディアセッションが協調して QOS 制御を行なうというものである。現在、このモデルにもとづいて、オペレーティングシステムの拡張と QOS マネージャの実装などをすすめている。CPU 資源に関してはすでに、Real-Time Mach 3.0 のプロセッサキャパシティ・リザーベーション [3] の機能を用いたプロトタイプが作成され、一応の成果が得られている [4]。

今後の課題としては、QOS チケットモデルを構成する各要素の詳細設計があげられる。たとえば、オペレーティングシステムにどうやって資源の予約を組み込むか、複数の関連のある資源があった場合に QOS マネージャがどうやって資源を分配するか、各セッションが具体的にどうやって資源のみつもりと QOS 変更を行なうかなどについては、まだ十分に考えられていない。これらについては、QOS チケットモデルの実現の過程で引き続き検討していく予定である。

#### 謝辞

本研究を行なうにあたり協力/助言していただいている「慶応大学 マルチメディア統合環境基盤ソフトウェア (Keio-MMP) プロジェクト [5]」の皆様へ感謝します。さらに、御指導いただいている慶応大学環境情報学部の斎藤信男教授に感謝します。

#### 参考文献

- [1] H. Tokuda et al.: "Continuous Media Communication with Dynamic QOS Control Using ARTS with an FDDI Network," *Proc. ACM SIGCOMM '92*, pp. 88-98 (1992).
- [2] 西尾 他: "Conductor/Performer モデルにおける連続メディア処理のためのクラスの実現," 第 6 回コンピュータシステム・シンポジウム論文集, pp. 127-134 (1994).
- [3] C. W. Mercer et al.: "Processor Capacity Reserves: Operating System Support for Multimedia Applications," *Proc. Intl. Conf. on Multimedia Computing and Systems*, pp. 90-99 (1994).
- [4] 河内谷 他: "連続メディアの QOS 制御のための OS サポート," 第 6 回コンピュータシステム・シンポジウム論文集, pp. 119-126 (1994).
- [5] Keio-MMP プロジェクト: WWW ホームページ, URL: <<http://mmpwww.sfc.keio.ac.jp/>>.

<sup>2</sup>予約方式は、たとえば CPU の場合「T ミリ秒ごとに C ミリ秒、CPU が必要」という形式を考えている。

<sup>3</sup>たとえばビデオ処理の場合、毎フレームの処理で使用された各資源の量を記録しておき、その情報をもとにフレームレートを変更するという方法が考えられる。