

エージェント指向アーキテクチャを用いた やわらかいビデオ会議システムの設計と実装

野村 尚央 知念 正 柴田 義孝[†] 白鳥 則郎[‡]

[†] 東洋大学工学部情報工学科

[‡] 東北大学電気通信研究所

マルチメディア情報ネットワーク上において、マルチメディア情報を提供/利用するにあたっては、動的/静的に変化する利用者要求、計算機資源、ネットワーク資源環境においてもそのサービスの質を保証する必要がある。本研究においては、計算機資源、ネットワーク資源等の資源環境の変化に伴い、利用者に安定したマルチメディア通信機能を提供するためのシステムとして、エージェント指向アーキテクチャを用いたやわらかいマルチメディアシステムを提案し、実例として、遠隔地間における利用者間のコミュニケーションの手段としてのビデオ会議システムをやわらかいマルチメディアシステムのプラットフォーム上において構築、設計及び実装を行うものである。

Design and Implementation of Flexible Remote Video Conference Using Agent-Oriented Architecture

Takao Nomura, Tadashi Chinen, Yoshitaka Shibata[†] and Norio Shiratori[‡]

[†] Information and Computer Science Department, Toyo University

[‡] Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

When we use and provide multimedia information through multimedia information network, there is case causing a delay of it by user's demand and purpose, and, dynamic and static computing and network resources variation. We introduced flexible multimedia system based on agent-oriented architecture for users to provide constantly multimedia communication mechanism to be able stable for user's demand and purposes, and computing and network resources variation. In this paper, we design and implement a video conference system to communication method for remotely located users each other, on flexible multimedia system platform.

1. はじめに

遠隔地における利用者が、互いの意志の伝達やコミュニケーションをとるために、ネットワークを通じて互いの音声や画像等のマルチメディアデータを時間的制約および実時間性を保ちながら連続メディアデータを提供するビデオ会議サービスにおいては、利用者のQoS(Quality of Service)要求や取り扱うメディアデータの種類、利用者ステーションの処理能力やネットワークの負荷変動等を考慮して適切なサービスの質を保証する必要がある、そのためにはアプリケーションからネットワークまでの一貫したQoS保証が必要となる[3]。また、これらのQoS保証を行うにあたっての各機能や層に応じた一連のQoS

制御機能が必要とされる[4]。しかしながら、利用者 が計算機、ネットワークの動的/静的な状況変化に 対しマルチメディア通信サービスを利用するためには、ネットワークやOSの環境に応じた各種の設定が必要となり、また、様々なメディアデータを扱う ためにもそのメディア毎に個々に設定が必要となる のが一般的であるが、これらの設定は一般的な利用 者はもちろん、これらに慣れ親しんでいる利用者にと っても複雑であり困難さを与えている。

マルチメディア情報システムにおける情報提供に おいては、利用者の求める情報を的確な内容、適切な 形式で利用者 に提供できなくてはならない[3][4]。

一方、ビデオやイメージ等のデータ量が非常に大

きなメディアデータや、バースト性を持ったメディアデータをネットワークを用いて利用者に提供したり、ファイルシステムやデータベースに保存しておく場合にはMPEGやJPEG等の圧縮技術が有効であるが、圧縮されたメディアデータは処理する量に応じて無圧縮時のデータより膨大な処理量となり、クライアント/サーバ共にその他の処理にも支障をきたす場合が多い。

本稿では、利用者の要求やその目的を考慮したマルチメディア情報の提供、計算機資源・能力に応じた適切な処理資源の割当や制御、ネットワークの帯域や資源に応じた適切なメディアデータの送受信といった利用者、計算機、ネットワークのそれぞれの側面を考慮した「やわらかいビデオ会議システム」を、本研究室で研究している「やわらかいマルチメディアシステム」のプラットフォーム上において実現するために、その設計/実装を行こなうものである。

2. やわらかいマルチメディアシステム

2.1 やわらかいマルチメディアの定義

現在、マルチメディアを用いた情報提供システムは一般化してきており、これらの利用者の要求は多様化してきている。しかし、これらを実際に利用するには、操作や使用方法が複雑で難解であったり、実際に操作をしても自分の思った通りに動作しない場合もある。これはサービスを提供する側と、利用者側の知識レベルに大きな偏りがあることが一つとして挙げられ、動的/静的な状況変化に対して利用者が設定を変更することは困難である。

また、これらのシステムは同じ機能を有しているが異なったアプリケーションとして存在する場合が多く、結果として、ソフトウェアは肥大化し、利用者の求めている機能以上の処理体をもった、大きくかたいシステムとなってしまう。

そこで、本稿において定義するやわらかいマルチメディアシステム(FMS)とは、

- ・利用者にとってやさしくかつ使いやすいシステム

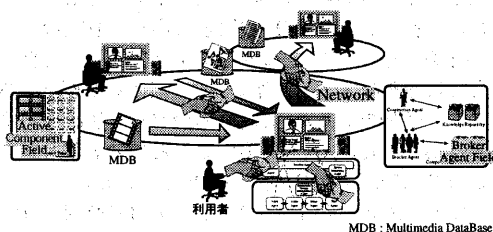


Fig.1 やわらかいマルチメディアシステム

- ・環境の変化に対し動的に対応する機能
- ・状況に応じた資源の予約、交渉提供

以上がエージェント指向のアーキテクチャにより実現され、協調動作によりやわらかさが実現される柔軟な枠組を持ったマルチメディア情報システム (Fig.1)と定義し[1]、例えば分散して格納されているマルチメディアデータを検索/閲覧する場合においては、利用者の要求に応じたメディアデータを提供するための機能を持ったコンポーネントモジュールとそれらを制御/操作するエージェントが動的に起動/生成され、現在の状況に適したマルチメディア情報サービスを提供する。

2.2 システムアーキテクチャ

FMSのシステムアーキテクチャはFig.2に示すように、Client Interaction Field(CIF)、Broker Agent Field (BAF)、Active Component Field(ACF)の3つの場としてコンポーネントから構成される。

CIFは、一つ以上のユーザステーションにおいて Collaborative Client Interaction Space(CCIS)と Active Cooperative Agent Space(ACAS)の2つのコンポーネントから構成される (Fig.3)。CCISは、利用者のデー

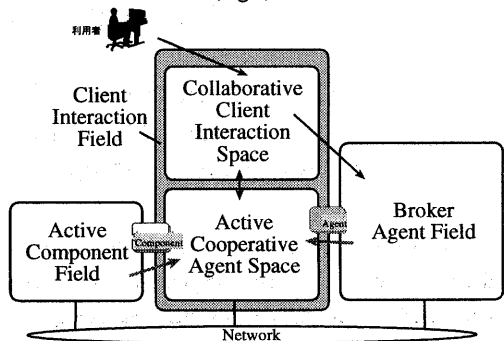


Fig.2 システムアーキテクチャ

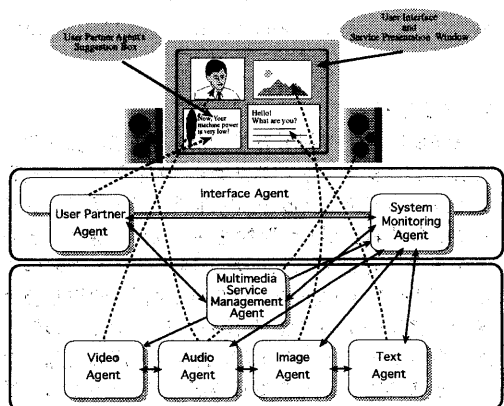


Fig.3 CIFの概念図

データベースからのデータ検索やビデオサービスにおけるフレームレートを維持したいといった利用者要求や、計算機及びネットワーク資源を考慮して互いに協調させて提供するためのユーザパートナーエージェント(UPA)と、利用者とエージェントとの対話や実際のサービスを提供するユーザインターフェイスとしてのナビゲータ機能を果たすインターフェイスエージェント(IA)、プロセス数や負荷変動等の計算機資源、接続構成やスループット等のネットワークの状況変化を監視しているシステム監視エージェント(SMA)から構成され、ACASは、サービスを行うための処理を協調して行う機能を果たすために、完結した機能を処理することのできる、独立的な機能モジュールの集合体としてのメディアコンポーネント(MC)と、メディア提供のためにMCを制御/操作するメディアエージェント(MA)から構成され、それらを総称してメディアコーディネーションエージェント(MCA)と呼ぶ。

BAFは、実際に利用者にサービスを提供するに当たり、現状における利用者の要求と、計算機の静的/動的状況、ネットワーク資源から実現可能なサービスを実現するためのエージェントの入札/落札を行うエージェントとマルチメディアを扱うための各タスクを処理するためのフレームを持ったエージェントから構成される。また、このBAFには、エージェントによって動的に起動されるコンポーネントとタスク処理に関する制御方法や利用方法等の知識、エージェントの動作や属性等の知識、またその他の知識のリポジトリから構成され、ここで生成さ

れたエージェントはACASで動作する。

ACFは、エージェントによって制御/操作される各マルチメディア処理等を行うための各コンポーネントが納められており、エージェントにより動的に起動される。

3. やわらかいビデオ会議システム

ビデオ会議システムはコミュニケーション手段として、オーディオ・ビデオ通信を用いてお互いの通信のリアリティを確立しながら、さらにCODECなど複数のマルチメディア通信機能の組み合わせで構成される。また、お互いの意思の伝達を円滑に行うために共有エディタ/ウィンドウ、ホワイトボードやプレゼンテーションウィンドウ等の多様な知的活動支援機能によって構成される。

3.1 ビデオ・オーディオ通信

本システムにおけるビデオ・オーディオ通信のための Video Conference Management Agent(VCMA)、Media Coordination Agent(MCA)、Media Component(MC)の構成は、筆者らが現在研究開発した連続メディア転送のための各機能及び制御方法[5]に基づき Fig.4のように構成される。オーディオ・ビデオの各メディアは、オーディオエージェントとビデオエージェントによって、そのメディア提供に必要な各機能を持ったMCを制御/操作し、各メディアごとの特性を吸収して自律的/分散的に動作し、互いに協調してメディアデータを送受信を行うことにより、計算機及びネットワークの動的/静的状況変動(Fig.5)及び利用者要求に応じて柔軟かつ適切にマルチメディア情報を利用者に提供をする。

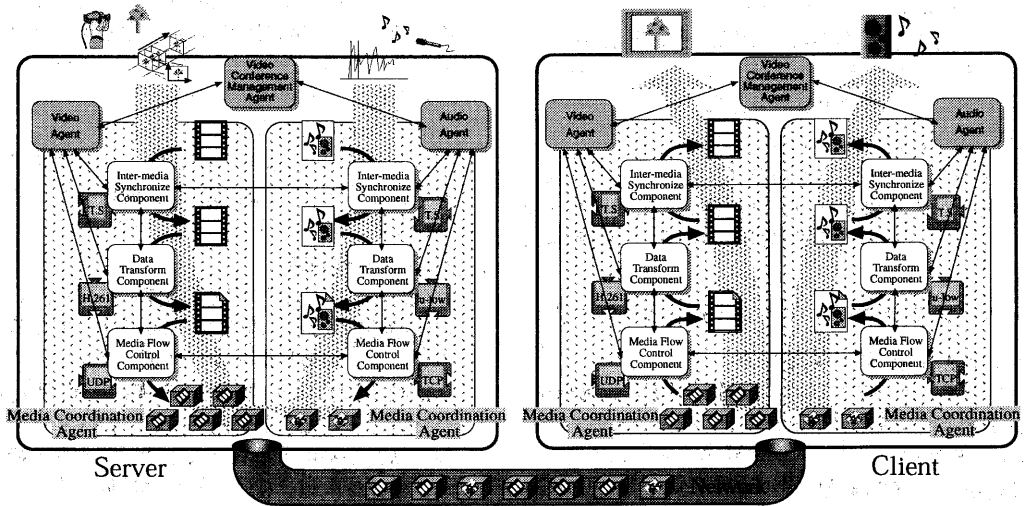


Fig.4 メディアコーディネーションエージェント

状態の変化	資源の変化	必要機能
接続数の変化 (ユーザ数)	スループット	アドミッション制御機能
応用数の変化	プロセス数	フォーマット変換機能
QoS 要求の変化	使用メモリ (含、VRAM)	プロセス生成、割当機能
ビデオ	専用デバイス (ハード JPEG、 ソフト MPEG)	フレームレート設定制御機能
- 色数	スワップ領域	メディア変換機能
- サイズ (分解能)		
- フレームレート		
- 圧縮ビデオ		
音声		
- 量子化ビット		
- チャンネル数		
- サンプルング周波数		
- 変調方式		

動的変化	測定値	影響 / 副作用	必要機能	調整パラメータ
Network	遅延/パケット数 (bytes)	スループット変化	パケット損失	送信パケットロス率
		到着のずれ	パケット間隔	設定パケット間隔
		ディレイ、ジッタ	パケットサイズ	業界パケット間隔
		パケットロス	可変レート転送	パケットサイズ
信頼性	フレームレートの変化	信頼性	遅延等発生時間	使用ネットワークプロトコル
CPU	CPU load	フレーム到着のずれ (フレームのディレイ、 ジッタ)	フレームレート調整	到着ポイント
	Queue Capacity	バッファオーバーフロー	制御機能	

Fig.5 静的/動的状況変化と必要制御機構

オーディオエージェント及びビデオエージェントはそれぞれ以下に示す3つの機能コンポーネントを用いることにより、各メディアの提供を行う。

同期調整コンポーネント:

マルチメディアデータの特に時間的概念のあるメディアデータの時間的概念を取り扱う。メディア内同期や、フレームレート調整機能を果たす。

データ変換コンポーネント:

メディアデータの特に空間的概念を取り扱う。ビデオ、オーディオ圧縮伸長、フォーマット変換やサイズの変更機能を果たす。

メディアフローコンポーネント:

ネットワーク上を流れるメディアデータフローのレート調整を行う。機能例としては、パケットフローレート間隔制御や回復等の機能を果たす。

4 メディアオブジェクトとQoSパラメータ

4.1 メディアオブジェクト

ビデオ、オーディオのような連続メディア通信は、メディア内同期モデルとしてとらえることができ[4][6]、本研究においてもこの連続メディアストリーム(Fig.6)の一連の離散値列に変換することのできる、1つの離散値または離散値の集合をメディアオブジェクトとして定義する。またイメージ、テキスト

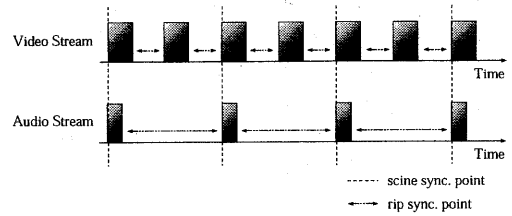


Fig.6 連続メディアストリーム

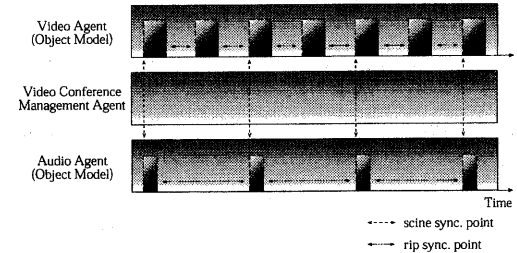


Fig.7 メディアオブジェクト

のような比連続連続メディアの通信においても同様に、実時間性を伴った通信をし、複合化メディアの一部としてとらえ、その目的とするメディアデータのセットをメディアオブジェクトとして定義する(Fig.7)。

本稿では、マルチメディア通信サービスを利用者に提供するため、メディアオブジェクトモデルを用い、そのメディアオブジェクトが実行を行いその測定値と、それらを取り扱いQoS制御を行うためのばらめーとして以下のものを定義する。

オブジェクト表示速度比:

オブジェクトの通常表示(再生)速度に対する実際の表示(再生)速度の比を表し、0から1までの値で示される。例えばフレームレート30fpsで取り込んだビデオデータをクライアント側において30fpsの設定値で再生を要求するときには、オブジェクト表示再生比は1となり、15fpsで再生する場合には0.5になる。また、非連続メディアにおいては、このパラメータは0となる。

オブジェクト利用率:

一連のオブジェクトの到着速度に対する実際の表示(再生)速度の比を表し、0から1までの値で示される。到着した一連のメディアオブジェクトが到着(設定)された間隔で実際に表示(再生)されればオブジェクト利用率は1となり、クライアント負荷や利用者要求によるオブジェクトの間引きが生じた場合には、利用率は低下する。非連続メディアにおいては、このパラメータは1となる。

オブジェクト間歪み:

n個の同期点における複数のオブジェクトの表示(再生)時間の平均誤差を表し歪みを表す単位としてはmsecを用いる。複合化すべきメディアオブジェクト間の同期点における再生誤差を表す。ビデオ、オーディオの2つのメディアオブジェクトを用いるビデオ通信において、同期点における表示(再生)の厳格さを示すために用い、歪みが0msecの場合には厳格な同期を必要とし、 10^{-3} msecの場合においては比較的緩やかな同期が良いことを示す。

許容オブジェクト内遅延:

一連のオブジェクト間の平均的なオブジェクト・ジッタ(ある特定の時点での表示(再生)誤差を表し、単位はmsecで扱う)を表し、単位としてはmsecを用いる。メディア内同期を行わなければならないビデオデータを扱う場合において、この設定レートが正常及び動作とみなされ、この許容範囲を超えたオブジェクトに関しては異常とみなされる。

最大オブジェクト遅延分散:

ある同期点のうち最も大きなオブジェクト・ジッタを表し、単位はmsecを用いる。メディア間同期を必要とする統合化メディアの提供において、ある時点で同期を取るべきメディアオブジェクト群の内、最も遅延の大きかったオブジェクトのジッタを示し、このパラメータを超えた場合には異常とみなされる。

許容パケットロス率:

ネットワークから転送されてくるパケットロス率の許容範囲を示し、0から1の値で表され、0においてはパケットロスフリーを示し、例えばTCPやパケット再送のような高信頼性のある転送処理が必要となるが、実行スループットとのトレードオフとなる。

5. ビデオ会議システムの実装

本研究におけるビデオ・オーディオ通信システムのプロトタイプは現在実装中であり、本プロトタイプでは、SunWorkStation SS-20相当のマシンとSunWorkStation SS-5上において、OSとしてSolaris2.5.1を用い、また、開発言語としてC++を用いて実装を行っている。今回のプロトタイプの実装においては、ビデオエージェントとオーディオエージェント、ビデオ会議監視エージェントの実装を行い、ビデオエージェントとオーディオエージェントはそれぞれが使用するコンポーネントと同一プロセスにて実

装を行い、各コンポーネントとエージェントの動作部は、リアルタイムスレッド[7]を用い、IPC(Inter Process Communication)としてソケット及び同一プロセス内のスレッドは共通のメモリアドレスを参照するように実装している。

ビデオエージェント、オーディオエージェントは、I/Oハンドラ、コンポーネントジェネレータ、エージェント基本モジュール、各コンポーネントオブジェクトから構成される(Fig.8)。I/Oハンドラ、コンポーネントジェネレータ、エージェントモジュールはエージェントを実現する基本プロセス(スレッド)であり、I/Oハンドラは、他のエージェントや利用者とのメッセージの入出力を行い、コンポーネントジェネレータはエージェントモジュールからの制御により、必要なコンポーネントオブジェクトの生成/終了や、設定値や属性の変更、また、プライオリティの変更を行う。

コンポーネントオブジェクトは、各コンポーネントモジュールのインスタンスである。例えば、ビデオ通信におけるデータ変換コンポーネントでは、使用する圧縮方法やメディアの属性に応じたコンポーネントがインスタンス化される。また、QoSパラメータは先に述べたメディアオブジェクトのQoSパラメータを設定変更出来るように実装を行っている。メディアオブジェクトの測定値は、常にエージェントモジュールによって監視され、許容値や設定値の範囲を超えた場合には、I/Oハンドラを通じて異常通知が行なわれる(Fig.9)。

ビデオ会議監視エージェントは、MCAの実装部分のコンポーネントに関する部分を除いた、エージェント基本モジュール、I/Oハンドラの2つのスレッドを用いて実装を行っている。

ビデオ会議エージェントと、ビデオエージェント、オーディオエージェント間におけるメッセージのやり取りは、UNIXシステムにおけるIPCを用いて実現され、互いにメッセージの受け渡しが行える

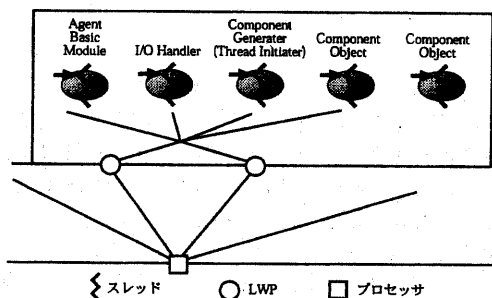


Fig.8 MCAの実装概念図

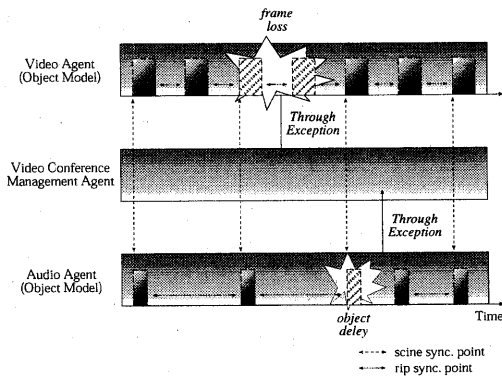


Fig.9 メディアオブジェクトの異常通知

ようになっている。

6. QoS 制御方法

ビデオエージェント、オーディオエージェント、ビデオ会議監視エージェントによるビデオ会議中のQoS制御は、現在の所、利用者の要求に応じてマッピングされたQoSパラメータを、ビデオ会議監視エージェントが知識を用いてビデオエージェントとオーディオエージェントに対してそのメディアの特性を考慮した形でメディアオブジェクトに対するQoSマッピングを行う。ビデオエージェント、オーディオエージェントは各メディアオブジェクトを常に監視を行い、現在のQoSパラメータからメディアオブジェクトの異常を発見すると、それをビデオ会議監視エージェントに異常報告を行う(Fig.10)。この異常に対し、ビデオ会議監視エージェントは、それが継続的なものか、瞬間的なものかを判断し、サービスに支障を果たす場合には、ビデオエージェント及びオーディオエージェントに対し、QoS再交渉を行い、また、それを利用者へ通知する。利用者要求、及び各エージェントからの提示されるQoSパラメータに基づきビデオ会議監視エージェントは、新たなQoSパラメータを決定し、それを新たにビデオエージェント、ビデオエージェントに通知を行い、各エージェントはそのパラメータに基づき、各コンポーネントを再配置する。

7. まとめ

計算機資源、ネットワーク資源の状況変化等の状況変化を考慮した、ビデオ会議システムを実現するために、エージェント指向アーキテクチャを用いることにより、従来のビデオ会議システムよりさらに柔軟な通信サービスを行うためのプロトタイプとして、やわらかいビデオ会議システムの設計とその実装方法について報告した。今後の課題としては、プ

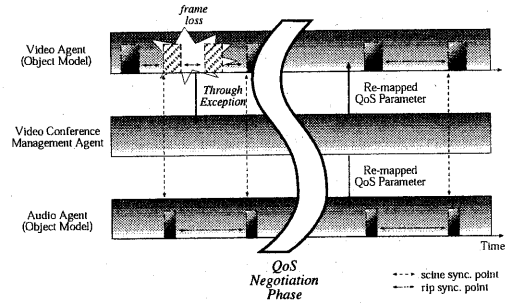


Fig.10 異常通知とQoSパラメータの変更

ロタイプの実装が完了次第、その性能/機能評価を行い、また、QoSの交渉/決定の際の明確な実現方法についてまとめ、それをプロトタイプ上で実現する予定である。

謝辞

本研究につて、多大なる貴重なコメントや資料を提示して下さった、菅原研二先生(千葉工業大学)を始め、同菅原研究室の方々に深く感謝致します。

参考文献

- [1]野村尚央他:エージェント指向に基づいたやわらかいビデオ会議システムの研究, 情報処理学会, マルチメディア通信と分散処理 81, pp.19-24,1997.
- [2]野村尚央他:エージェント指向に基づいたやわらかいマルチメディアシステムの研究, 情報処理学会, 第54回全国大会, 1997
- [3]勝本道哲:マルチメディア情報ネットワークのためのダイナミックハイパーメディアシステムの研究, 東洋大学大学院博士論文, 1996
- [4] N.Shiratori, K.Sugawara, T.Kinoshita, G.Chakraborty, Flexible Network:Basic Concepts and Architecture, IEICE Trans. Commun., E77-B, pp.1287-1294,1993.
- [5] 知念正他:パケット紛失を考慮した連続メディア転送プロトコルの研究, 情報処理学会, マルチメディア通信と分散処理ワークショップ, pp.71-78,1996.
- [6]ジョン・モース著他:分散マルチメディア技術, ソフト・リサーチ・センター
- [7]岩本信一訳:マルチスレッドプログラミング入門, アスキー出版局