

ダイナミックハイパーメディアシステムへの 時間的同期機能の導入

勝本道哲 瀬田直也 柴田義孝
東洋大学工学部情報工学科

e-mail {katsu, seta, shibata}@sb.cs.toyo.ac.jp

筆者らは、マルチメディア情報ネットワークシステムを構築するためのプラットフォームとしてダイナミックハイパーメディアシステムを提唱し、そのシステムアーキテクチャ、プロトコルハイアラキ、ヒューマンインタフェイスなどの研究を行い、そのプロトタイプを構築し、End-to-Endの性能評価などを行ってきた。しかし、これまでのシステムではテキストや静止画像などの静的なメディアが主であり、時間的な同期やシナリオに基づくプレゼンテーションが考慮されてなかった。そこで、ハイパーメディアの発想的なナビゲーション機能を保ちつつ、かつ連続メディアを時間的な同期を取りながらネットワークを介して情報を提供するハイパーメディアマネージャを考案したので報告する。

1. はじめに

筆者らは、マルチメディア情報ネットワークシステムを構築するため、そのプロトタイプを構築し、システムアーキテクチャ、プロトコルハイアラキ、ヒューマンインタフェイス、アプリケーション、そしてEnd-to-End性能評価などの研究を行ってきた[1,2]。その中で、ネットワーク上で自由で発想的な情報検索を可能とするためのプラットフォームとしてハイパーテキストに着目し、動的なリンクを提供するシステムを設計し、ユーザの要求に適合するハイパーテキスト空間の構築を可能とするダイナミックハイパーメディアシステムを開発した。しかし、このシステムでは、メディア間の時間的同期、及びプレゼンテーションのための時間的シナリオに関しては考慮されていなかった。

本来、情報の意味的な関係において情報空間をリンク構造をハイパーテキスト構造で表現する方法が有効であると考えられ、これに時間概念を含むマルチメディア構造を導入するにあたって、多くの場合マルチメディア、あるいはハイパーメディアなどの用語の定義が曖昧となっている。文献[3]ではハイパーテキストは単純ノードのリンク構造

モデルとし、またマルチメディアは1つのシナリオから構成される集合モデル、さらにハイパーメディアはマルチメディアをノードとしたリンク構造モデルと定義している。しかし、本研究においても時間、及び空間的な表現をより具体化するためのハイパーメディア空間を構築することを目的としており、これらの定義を発想的な情報検索のための構造と、時間概念を含むシナリオ構造を含めることにより、それらをより明確に定義した。また、文献[4]では、ハイパーメディア構造でのコンテキストスイッチングについて述べられているが、それらを実現する具体的な方法論については述べていない。また、ハイパーメディアシステムに動画像と時間の概念を導入する研究は、Harmony[5]やAmsterdam Hypermedia Model[4]に代表されるように活発に行われていが、文献[3]の定義から考察すると、マルチメディアシステムにとどまっていると考えられる。また、ネットワーク転送を考慮したアーキテクチャが不十分であった。

そこで、この本稿ではハイパーテキストの発想的な空間を失うことなく、時間的同期とシナリオを持つマルチメディア情報を提供するためのネットワーク指向のプラットフォームとして、ハイパー

Dynamic Hypermedia System with Temporal Synchronisation Method

Michiaki Katsumoto, Naoya Seta and Yoshitaka Shibata

Toyo University

メディア空間に時間的同期制御機能を導入した新しいダイナミックハイパーメディアシステムを提唱する。

2. ダイナミックハイパーメディアシステム

マルチメディア情報を提供するためのインタフェースとして、ハイパーメディア構造を基本としたダイナミックハイパーメディアシステム(DHS: Dynamic Hypermedia System)を提案する。DHSはマルチメディア構造であるメタノード、及びフラス[1]をダイナミックリンク法により、ユーザの要求に適合するハイパーメディア空間を動的に構築するシステムアーキテクチャである。そのシステムアーキテクチャは、ユーザステーションにおいて、マルチメディア情報のプレゼンテーションを行うクライアントエージェント、ダイナミックリンクのための知識の管理、及びマルチメディア情報の統一的管理と提供を行う知識エージェント、マルチメディア情報を格納するマルチメディアデータベース、の3つのコンポーネントから構成されている(図1)。

2.1 ダイナミックハイパーメディア構造

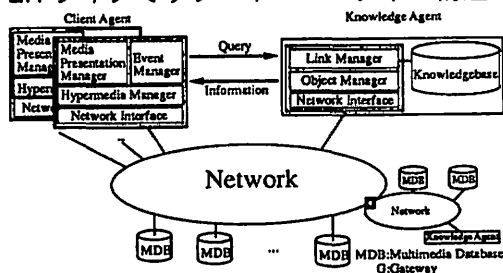


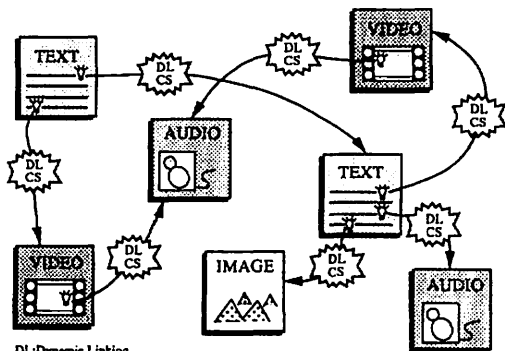
図1 マルチメディア情報ネットワーク

長い間、ハイパーテキスト構造はユーザやオーサの発想的な情報空間を表現し、リンクを辿ることによってその情報空間へのナビゲーションを提供し、World-Wide Web(W3)[6]のように大きな成果をあげつつある。しかし、リンクをたどることが、逆に固定的な情報空間を構築し、リンク先を知らなければ、必要な情報が得られない場合が発生し、発想的な情報検索の妨げになっていると考えられる。そこで、我々のハイパーテキスト構造ではユーザの発想時に情報を提供できる構造と定義している(図2(a))。つまり、図2(a)に示されてい

るように、リンクを辿るのではなく、ユーザが新しい情報の要求を発行したとき、そのユーザの要求に適合する情報を検索し、その結果をリンク先と決定し、その要求に適したハイパーテキスト空間を構築する構造である。基本的なノードは、テキストやイメージなどの単一のメディアデータから構成されている。

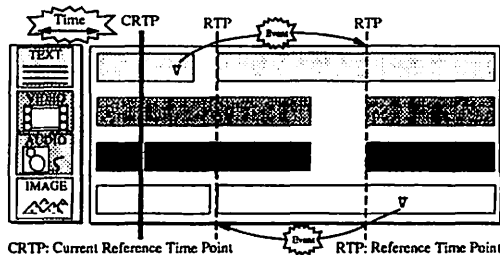
一方、マルチメディア構造ではシナリオを基づいた、電子新聞や電子ブック、ビデオ・オン・デマンドなどに代表されるインタラクティブなプレゼンテーションが行われている。マルチメディア構造では、ハイパーテキスト構造には存在しなかった、メディア間の時間的同期機能を有し、複数のメディアデータから構成される。本研究での時間的同期には、シナリオを構成するメディア間の"coarse grained"な同期関係であるシーン同期と、メディア間での"fine grained"な同期関係であるリップ同期が存在し、これらを表現し、提供できる構造をマルチメディア構造と定義している(図2(b))。ここでのシーン同期とは、シナリオにそってメディアを開始する開始点同期であり、リップ同期とは動画像と音声間の同期のみならず、密接な時間関係を持つ複数のメディア間の同期をも意味する。また、マルチメディアでのナビゲーションには2種類準備されている。一つは、プレゼンテーション中の現在参照時刻CRTP(Current Reference Time Point)を制御する方法であり、CRTPを"stop"、"start"、"rew"、"ff"などのメッセージにより変更し、シナリオ中を時間軸に沿ってナビゲーションを行う。もう一つは、ハイパーテキストのリンクと同様に、オーサが設定した任意の参照時刻RTP(Reference Time Point)に、時間軸とは関係無くナビゲーションする方法である。

そして、マルチメディアのプレゼンテーション機能を備え、かつハイパーテキストでの発想的な情報空間を構築するための構造をハイパーメディア構造と定義し(図2(c))、この構造における情報空間をダイナミックハイパーメディア空間と呼ぶことにする。ハイパーメディア空間では、複数の時間軸の異なるマルチメディア構造が存在するため、この空間を移動する場合は、マルチメディア構造間のプレゼンテーションのコンテキストスイッチング制御が必要となる。



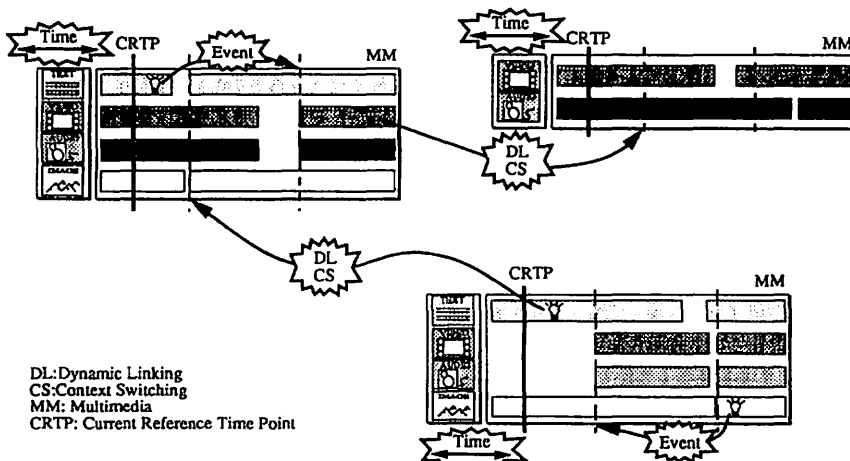
DL: Dynamic Linking
CS: Context Switching

(a) ハイパーテキスト構造



CRTP: Current Reference Time Point RTP: Reference Time Point

(b) マルチメディア構造



DL: Dynamic Linking
CS: Context Switching
MM: Multimedia
CRTP: Current Reference Time Point

(c) ハイパーメディア構造

図2 ハイパーテキスト、マルチメディア、ハイパーメディア構造

2.2 コンテキストスイッチング

ハイパーテキスト構造での単純なコンテキストスイッチングとは異なり、マルチメディア構造、及びハイパーメディア構造のコンテキストスイッチングでは、時間的同期を含む連続メディアを処理できなければならない。本研究では、ハイパーメディアコンテキストとして、プレゼンテーション中のハイパーメディア構造に対して“一時停止”、“継続”、“終了”の3つを定義している。

一時停止

図3(a)に示すように、マルチメディアAが時刻t1で情報提供を開始し、その提供途中の時刻t2で、マルチメディアBへの要求が発生した場合のコンテキストスイッチングは、マルチメディアAはそのプレゼン

テーションを一時停止し、マルチメディアBのプレゼンテーションが開始する。そして、マルチメディアBのプレゼンテーションが終了すると、マルチメディアAのプレゼンテーションが再開される。このようなコンテキストスイッチングは、辞書や百科辞典を参照するような場合に効果的である。

継続

図3(b)に示すように、マルチメディアAのプレゼンテーション中に、マルチメディアBへの要求が発生した場合のコンテキストスイッチングは、マルチメディアAのプレゼンテーションは停止せずにそのまま継続し、同時にマルチメディアBのプレゼンテーションも平行して行われる。このよう

なコンテキストスイッチングは、物語などを読み進んでいる場合、その場面での出来事をドラマ風に説明するような場合に効果的である。

終了

図3(c)に示すように、マルチメディアAのプレゼンテーション中に、時刻t2においてマルチメディアBへの要求が発生した場合のコンテキストスイッチングは、マルチメディアAのプレゼンテーションは終了し、その後、マルチメディアBのプレゼンテーションが新たに開始する。最も一般的なコンテキストスイッチングであり、新しい情報空間に移行する場合に使用される。

これら3つのコンテキストスイッチングの設定は、基本的にはダイナミックハイパーメディア空間を構築するオーサがシナリオ中に埋め込み、5.2.1で述べるハイパーメディアコントローラの管理の基に切り替えられる。

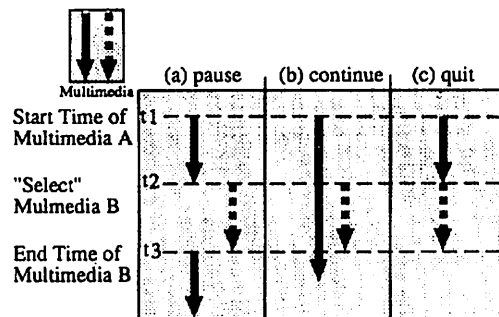


図3 ハイパーメディアコンテキスト

2.3 プレゼンテーションシナリオ

マルチメディア構造では、それを構成するメディアデータ間に相対的時間関係、及び空間関係が存在する。これらの要素はプレゼンテーションにおいて、重要な役割を果たしていると考えられる。本研究でのプレゼンテーションシナリオは、マルチメディア構造を構成し、時間的関連と空間的関連を表現するための、“Scenario ID”、“Media Object ID”、“Output Coordination”、“Presentation Attributes”、“Media Portion”、“Temporal Relation”から構成されるマルチメディアシナリオと、ダイナミックハイパーメディア空間でのコンテキスト

スイッチングとイベント発生ポイントを示す、“Hypermeida Context”、“Action Marker”から構成されるハイパーメディアシナリオで構成されている。プレゼンテーションシナリオとハイパーメディアシナリオに分けることにより、ハイパーメディアシステム以外で、マルチメディア単体でのプレゼンテーションも可能となる。

Scenario ID

シナリオ識別子でありシナリオの検索キーとしても利用される。リンク先の情報としての役割を果たしており一元的に知識エージェントにおいて管理される。

Media Object ID

シナリオを構成する各メディアオブジェクトの識別子であり、シナリオを構成する全てのメディアオブジェクトIDを記述する。

Temporal Relation

各メディアオブジェクトの時間的關係を、開始点や終了点からの相対時刻で定義し、記述する。

Output Coordination

各メディアオブジェクトのプレゼンテーション時の表示座標位置を記述する。

Presentation Attributes

各メディアのプレゼンテーション時の属性の設定。例えば、256色表示で、ADPCM再生などを記述する。ただし、この設定はデフォルト設定であり、ユーザの指定がある場合は、その設定が有効になる。

Media Portion

マルチメディアデータベースに格納されている全てのメディアデータの一部を、シナリオ固有のプレゼンテーションに使用する場合、各メディアの部分指定を記述する。

Hypermeida Context

ハイパーメディアコンテキストスイッチング時の振舞を記述する。

Action Marker

リンク先指定、あるいはイベント起動位置を明示的に表現する場合のアンカポイントを記述する。

3. DHSのデータモデル

ここでは、ダイナミックハイパーメディアシステムのデータモデルであるメディアオブジェクト、メタノード、及びフラスについて述べる。

3.1 メディアオブジェクト

マルチメディア構造には、直接的に時間概念を含まない、テキスト、イメージ、グラフィックスと、時間概念をもつ、音声、オーディオ、動画像などのメディアデータが存在する。しかし、各メディアデータ間にリップ同期関係がある場合、例えば動画像と音声リップ同期が取られている場合、それらを一つのメディアとして扱った方が自然である。逆に、シーン同期関係、例えばイメージ、あるいはテキストが動画像のある時点で表示されるようなシーン同期の場合、それぞれを個別

で管理した方が細かい操作が可能となり、効果的なプレゼンテーションが期待できる。また、個々のメディアデータは、例えばイメージデータの場合、使用色数や格納フォーマット、動画像では異なる圧縮方法がそれぞれ存在し、個々にそれらの処理を行わなければならない。

そこで、リップ同期関係を持つ、メディアデータを一つのグループとみなし、メディアグループと定義する。さらに、メディアグループとそのリップ同期メソッド、及び各メディアのフォーマット変換メソッドを含めてカプセル化したものを、メディアオブジェクトと定義する(図4(a))。つまり、メディアオブジェクトは1つのメディアデータあるいは、1つのメディアグループと、メディアフロー制御、フォーマット変換、リップ同期を行う同期モジュールから構成され、メディアデータ、あるいはメディアグループが、メディアオブジェクト内を流れると、フォーマット変換、及び同期が取られて出力される。メディアオブジェクトは一時停止、再生などのメッセージを受けることにより、グループに属する全てを時間関係を維持しながら提供が可能となる。さらに、ネットワーク上で連続メディアの提供中には、メディアオブジェクトはストリームとして存在し、一般的なインタラクションである、“stop”、“resume”などのメッセージをクライアント側のメディアオブジェクトが受けると、エージェント側のメディアオブジェクトに、制御データとして送信され、ストリームのフロー制御を行うことによりインタラクティブにメディアオブジェクトを提供できるようになる(図4(b))。リップ同期法とフォーマット変換をカプセル化し、メッセージでのリップ同期をとることにより、シーン同期の処理が容易になり、よりきめの細かいプレゼンテーションが可能となる。

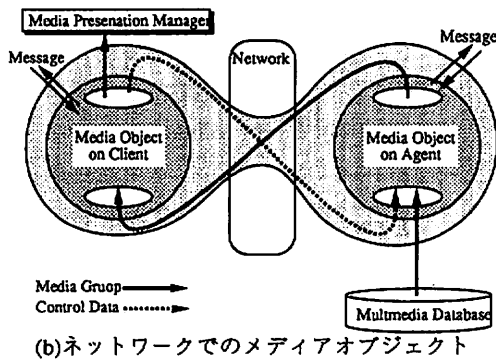
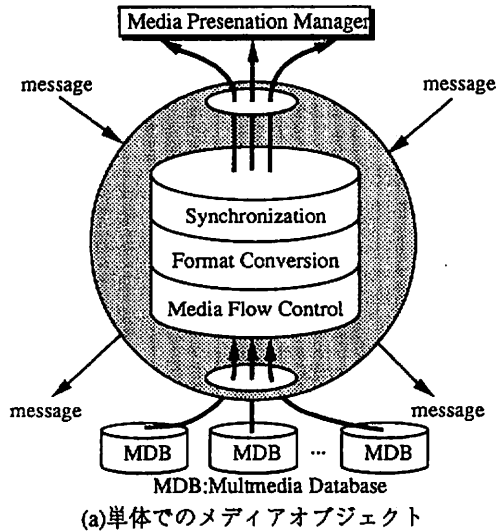


図4 メディアオブジェクト

3.2 メタノード

ある事柄を表現するために複数のメディアオブジェクトを用い、それを表現するためのモデルとして、メタノードの構成要素をメディアオブジェクトとプレゼンテーションとし、シナリオを含むように拡張した。メタノードとは、一つの事柄を表現するための複数のメディアオブジェクトIDとプレゼンテーションクラスから構成される意

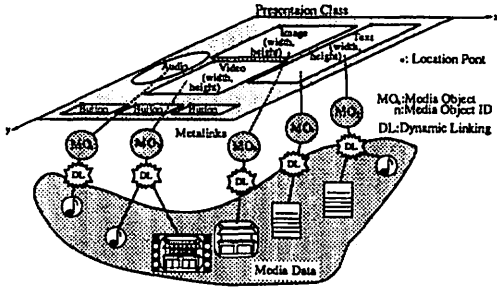


図5 メタノード

味的に統合された情報群である(図5)。メタノードは、格納時はメタノード中のメディアオブジェクトIDだけを格納し、プレゼンテーション時に実際のメディアオブジェクトが割り当てられる。プレゼンテーションクラスは、メディアオブジェクトを表示するための座標を示す空間的關係を、及び時間關係を示すシナリオから構成される。つまり、メタノードはマルチメディア構造を具体化したものである。

3.3 フラス

フラス(Frame with Class)は、意味的に統合できる複数のメタノードを1つのメタノードのように扱うことが可能な枠組みである(図6)。例えば、具体的な川越の蔵造りについて、学術的に説明したり、観光客向けに説明したりする場合を考える。このとき、蔵造り「大沢家」を説明するための、メタノードは双方とも「大沢家」で表されるが、ユーザの興味によってメディアオブジェクトに含まれるメディアデータの内容が異なるり、その内容の異なるメディアオブジェクトの關係を格納するのがフラスである。フラスは、知識ベース

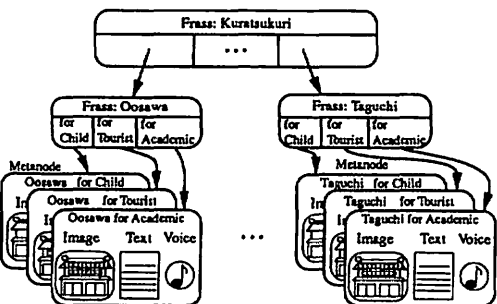


図6 フラス

のフレームをオブジェクト指向のクラスのように扱うことにより、知識表現とマルチメディア構造の表現を可能としているのが特徴である。

4. DHSのシステムアーキテクチャ

この節では、DHSのシステムアーキテクチャについて述べる。DHSは、クライアント-エージェント-サーバアーキテクチャを持ち、クライアントエージェント、知識エージェント、マルチメディアデータベースにより構築されている。

4.1 クライアントエージェント

ユーザステーション上にあるクライアントエージェントは、一方においてユーザとのインタラクションを行い、知識エージェントからメタノードとフラスを受取り、それらのプレゼンテーションを行う機能を果たしており、ユーザとのインタラクションを行うイベントマネージャ、メディアオブジェクトのプレゼンテーションを行うメディアプレゼンテーションマネージャ、ハイパーメディア空間を制御するハイパーメディアマネージャ、そしてネットワークインターフェイス[1]から構成されている(図7)。

イベントマネージャは、ユーザからの情報要求メッセージを知識エージェントのリンクマネージャへの転送し、メディアオブジェクトに対する、"stop"や"pause"などのインタラクションをメディアプレゼンテーションマネージャに転送する。

メディアプレゼンテーションマネージャは、リップ同期とシーン同期を提供しながらメディアオブジェクトのプレゼンテーションを行う。

ハイパーメディアマネージャは、ハイパーメ

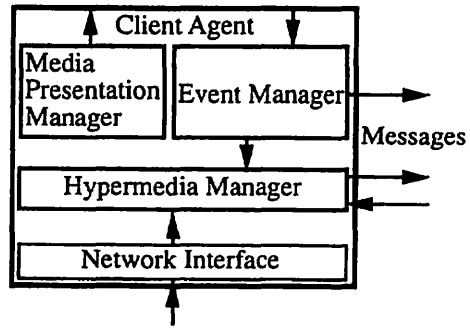


図7 クライアントエージェントの構造

ディアにおけるコンテキストスイッチングを行いながら、各メディアオブジェクトの同期を取りながらプレゼンテーションマネージャにメタノードを提供する。これについては、セクション5.1で詳しく述べる。

4.2 知識エージェント

ネットワーク上に自律分散して存在する知識エージェントは、管理下にあるマルチメディアデータベース内に格納されている情報に関する専門的な知識を管理し、その知識を用いてユーザの要求に適合するリンク先を決定し、マルチメディアデータベースからメディアオブジェクトを取得し、メタノードとフラスを生成して、クライアントエージェントへそれらを提供する。また、知識エージェントはネットワーク上に分散しているマルチメディアデータベースの統合的な管理とアクセスを提供している。

知識エージェントは、リンク先を決定するリンクマネージャ、メディアオブジェクトからメタノードとフラスを生成するオブジェクトマネージャ、そしてネットワークインターフェイスから構成されている(図8)。

リンクマネージャは、知識ベースに管理されている、知識とユーザモデルを利用して、ユーザの要求に適合するリンク先を要求が発生するごとに決定する。

オブジェクトマネージャは、リンクマネージャで決定されたリンク先情報を基に、ネットワーク上に分散格納されているメディアデータを取得しながら、クライアントエージェントのハイパーメディアマネージャと連動してメディアオブジェクトを時間的同期を保ちながら転送する。

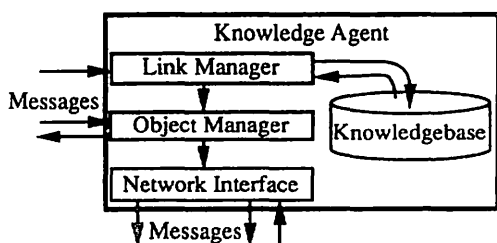


図8 知識エージェントの構造

4.3 マルチメディアデータベース

知識エージェントに管理されているマルチメディアデータベースには、静的なメディアが中心である画像データベースなどでは水平分散データベース[7]、一方で、電子博物館やビデオ・オン・デマンドのような連続メディアが中心のシステムでは垂直分散データベース[7]を採用し、ビデオサーバ的な時間を考慮した構造を持たせている。知識エージェント、マルチメディアデータベース間のクエリ発行と結果の取得については、現在、マルチキャストを基本とする方式を研究中である。

4.4 ダイナミックリンクング

ダイナミックリンクングのリンク機能の概要を図9に示し、リンク機構の大きな流れについて述べる。クライアントステーション上でユーザから情報要求を受けたクライアントエージェントのイベントマネージャは、その要求を知識エージェントのリンクマネージャにメッセージとして送信する。そのメッセージを受けたリンクマネージャは、知識ベースを利用しその要求に適合するフラスとメタノードを生成し、ダイナミックハイパーメディア空間(DH空間)を形成する。リンク先と決定されたメタノードは、オブジェクトマネージャにメッセージとして送られ、ネットワーク上に分散されたMDBに格納されている各メディアオブジェクトを検索してメディアオブジェクト群を生成し、クライアントエージェントのハイパーメディアマネージャへ転送する。メタノードを受信したハイパーメディアマネージャは、その要求を発行した時点のリンク先としDH空間を構築し、同期を取りながらプレゼンテーションマネージャにメタノードを提供し、プレゼンテーションを行う。ここでは、専門知識などにより構築されるDH空間を知的情報空間[1]、ユーザの要求に対するレ

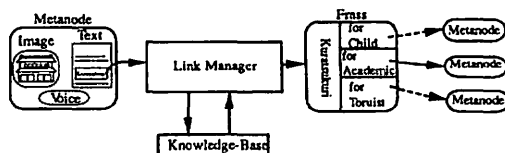


図9 ダイナミックリンクング

ベルや、感性に適合できるDH空間を感性情報空間[8]と定義し、この2つのDH空間を目的に応じて構築することにより柔軟で効果的なマルチメディア情報の提供を可能にしている。

5. 同期のためのアーキテクチャ

この章では、ダイナミックハイパーメディアシステムでの連続メディアに対する、つまりメディアグループ内におけるメディアデータ間のリップ同期、及びシナリオに基づいたシーン同期のためのアーキテクチャについて述べる。ここで、リップ同期方法の詳細に関して本研究グループの文献[9,10]を参考にして頂くことにより、そのシステムで開発した方法を利用することにより、容易にリップ同期が実現できる。従って、本稿では、シーン同期のアーキテクチャについて述べる。さらに、DH空間におけるコンテキストスイッチングの制御アーキテクチャについても述べる。

5.1 メタノード内の同期

複数のメディアオブジェクトから構成されるメタノードでは、個々のメディアオブジェクトに対する同期、つまりシナリオに基づいたシーン同期を行う。本研究では、メディアオブジェクトをマルチメディアコントローラにより制御することによって、シーン同期を実現する。

5.1.1 マルチメディアコントローラ

マルチメディアコントローラ(MMC: Multimedia Controller)(図10)はクライアントエージェントのハイパーメディアマネージャモジュールと知識エージェントのオブジェクトマネージャモジュールの

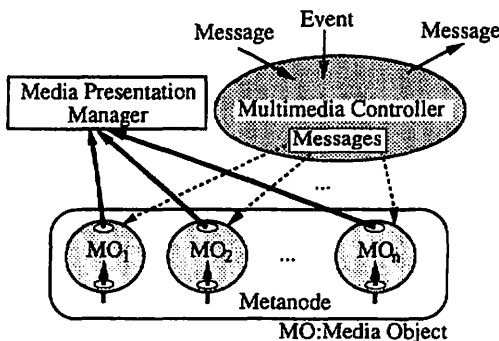


図10 マルチメディアコントローラ

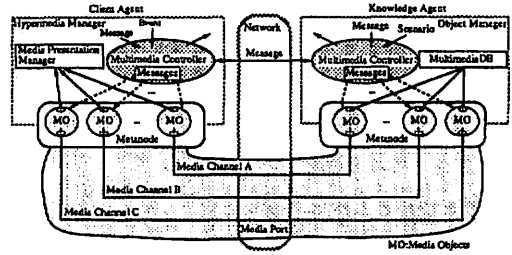


図11 シーン同期のネットワークシステムモデル

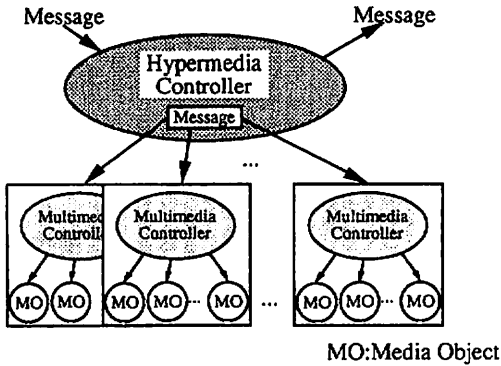
プロセスとして起動し、シナリオによるCRTPの変更点、及びユーザのインタラクションに応じたメッセージを個々のメディアオブジェクトに発行することにより、シーン同期を実現する。MMCは、メタノード毎に生成され、メタノードのプレゼンテーションが終了すると、同時に終了する。現在、提供されているユーザインタラクション・メッセージは、"start"、"pause"、"resume"、"rewind"、"fast forward"、"jump"、"quit"、"select"の8種が準備されているが、シーン同期に使用されるのは、"select"以外の7つのメッセージである。メッセージを受け取ったMMCは、それぞれに対応するイベントを起動する。メディアオブジェクトが扱うメディアグループ内のメディア間では既にリップ同期が保たれているので、このようにメッセージの送信だけでシーン同期が容易に行えるようになる。

5.1.2 MMCのシステムアーキテクチャ

クライアントエージェントと知識エージェント間での、メタノードはメディアポートで接続され、各メディアオブジェクトのストリームはメディアチャンネル上での転送を可能にしている。メディアオブジェクトにはパケット・オーディオ・ビデオシステム[9]やイメージ転送などはRTCC[10]方式をそのまま利用できる(図11)。

5.2 メタノード間の同期

マルチメディア構造を持つメタノード間の同期は、プレゼンテーションシナリオの"Hypermedia Context"の記述に従った、メタノードの、"一時停止"、"継続"、"終了"のハイパーメディアコンテキストスイッチングとなり、ハイパーメディア空間を移動となり、コンテキストスイッチング管理である。



MO:Media Object

図12 ハイパーメディアコントローラ

5.2.1 ハイパーメディアコントローラ

クライアントエージェントのハイパーメディアマネージャ、及び知識エージェントのオブジェクトマネージャにおいてプロセスとして生成されるハイパーメディアマコントローラ(HMC: Hypermedia Controller)は、MMCを制御することにより、ハイパーメディアコンテキストのスイッチングを実現する(図12)。ハイパーメディアマネージャ上のHMCは、メタノード要求イベントである"select"が発行されたことを各MMCに送信すると、各MMCは、シナリオに基づき"一時停止"、"継続"、"終了"のコンテキストスイッチングを行う。また、あるメタノードプレゼンテーションが終了したときも、各MMCにそれを送信し、ハイパーメディアコンテキストをスイッチングする。

5.2.2 HMCのシステムアーキテクチャ

HMCは、ハイパーメディアコンテキストのスイッチングを制御しており、コンテキストスイッチング時のマルチメディアプレゼンテーションの処理は、MMCが行っているため、クライアントエージェントと知識エージェントでの処理は異なる。クライアントエージェント側のHMCは、イベントマネージャ、あるいはMMCからのメッセージを受け、それをMMCに発行し、ハイパーメディアコンテキストを切り替える。一方、知識エージェント側ではMMCの生成と削除を管理する。これらのモジュールは図1に示すネットワークシステムモデルに図13に示すように組み込まれ、動作する。

6. まとめ

この論文では、ユーザの発想的な情報検索を提供し、時間的同期を考慮したハイパーメディア空間を構築するための3つの構造モデル、プレゼンテーションシナリオ、ハイパーメディアコンテキストを定義し、実現のためのシステムアーキテクチャを示した。ダイナミックリンク法による発想的なリンク、MMCによるプレゼンテーション、HMCによるハイパーメディアコンテキストスイッチングが可能となった。今後の課題として、本システムの有効性を示すための実装、及び応用

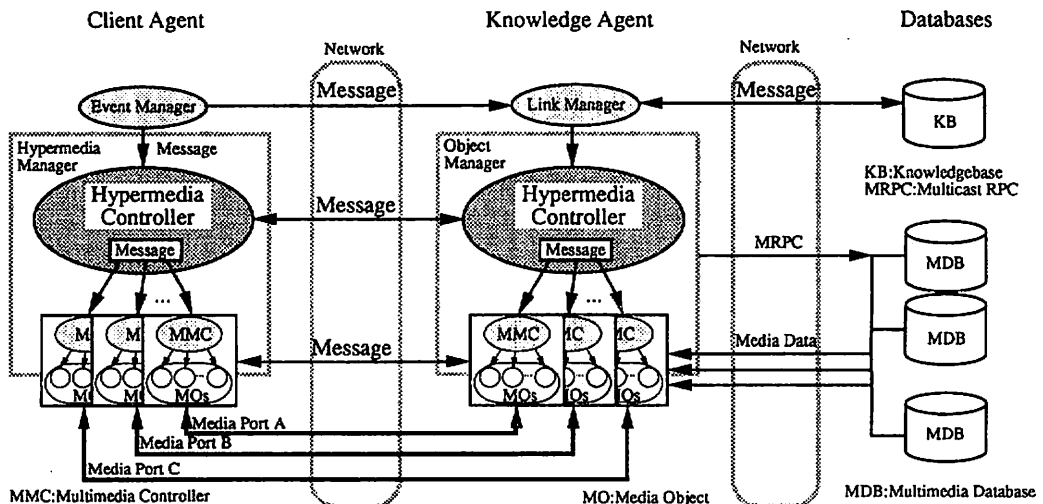


図13 ハイパーメディアメディアコンテキストスイッチングのシステムモデル

例を通しての機能、及び性能評価を行い、さらに、ハイパーメディアシステムにおけるQoSの導入について検討していく予定である。

参考文献

- [1] Y. Shibata and M. Katsumoto, "Dynamic Hypertext and Knowledge Agent Systems for Multimedia Information Networks", ACM Proc. of Hypertext'93, pp.82-93, Nov. 1993.
- [2] M. Katsumoto and Y. Shibata, "Dynamic Hypermedia System Using Knowledge Agent for Multimedia Information Networks", Proc. of JWCC-8, p.C2-2 pp.1-8, Dec. 1993.
- [3] L. Hardman, D. C.A. Bulterman and G. Van Rossum, "Links in Hypermedia: the Requirement for Context", ACM Hypertext'93, pp.183-191, Nov. 1993.
- [4] L. Hardman, D. C.A. Bulterman and G. Van Rossum, "The AMSTERDAM Hypermedia Model: Adding Time and Context to the Dexter Model", Comm.ACM, Vol.37, No.2, pp.50-62, Feb. 1994.
- [5] 藤川, 下條, 松浦, 西尾, 宮原: 分散型ハイパーメディアシステムHarmonyにおける情報間同期機構の実現, 信学論 D-I, Vol.J76-D-I, No.9, pp.437-483, Sept. 1993.
- [6] T. Berners-Lee, R. Cailliau, A. Luotonen, H.F. Nielsen and A. Secret, "The World-Wide Web", C. ACM, Vol. 37, No.8, pp.76-82, Aug. 1994.
- [7] S. Ceri and G. Pelagatti, "DISTRIBUTED DATABASES Principles and Systems", McGraw-Hill Book Company, 1984.
- [8] 勝本道哲, 入江直之, 柴田義孝: デザイン画像データベースにおけるヒューマンインタフェイスの研究, 情報処理第48回全大, 2E-6, May1994.
- [9] 瀬田直也, 清水省悟, 柴田義孝: パケットオーディオ・ビデオシステムの同期方法, 情処研報 DPS-64-4, Vol.94, No.19, pp.19-24, Mar. 1994.
- [10] 瀬田直也, 柴田義孝: マルチメディア情報ネットワークにおけるリアルタイムカラーモード変換, 1993年信学会春季大会, A-233, p.1-233, Mar. 1993.