

## 広域ネットワークにおけるマルチメディアの 同期機構に関する研究

クスタルト ウイドヨ†、杉浦 一憲†、村井 純‡  
†慶應義塾大学政策・メディア研究科  
‡慶應義塾大学環境情報学部  
‡通信・放送機構麻布台リサーチセンター

本論文ではマルチメディアシステムの同期に関して、特に広域ネットワークでマルチメディア通信のメディア間の同期機構の研究について述べる。多種多様な回線やシステムからなる広域ネットワークではパケットの損失や遅延や遅延の変動は避けられない状態である。複数メディアをこのような広域ネットワークで伝送する場合は、実在する問題を、いかに各々メディアのデータ受信側に許容時間内に届けさせ、かつアプリケーションで表現する際にも同期がとれることが重要となる。ここでは、立体映像を映像のメディアとして広域ネットワークを用いて伝送するための同期機構について検討し提案する。

キーワード: 同期機構、マルチメディア、3D 映像、音声、広域ネットワーク。

## Multimedia Synchronization in Wide Area Network

Kustarto Widoyo†, Kazunori Sugiura†, Jun Murai‡  
†Graduate School of Media and Governance, Keio University  
‡Faculty of Environmental Information, Keio University  
‡Azabudai Research Center, Telecommunications Advancement Organization

In this paper, we will discuss about synchronization between media especially on wide area network. Since there is heterogeneity of lines and systems in the current wide area network, causes lost packet, delay, and delay jitter for data transmission. This is essential problems in multimedia communication. The solution is to discover the means to transfer media in the time-constraint period and to make media synchronization on application layer. In here, we proposed and considered synchronization system model using 3 dimension video as image media.

Keywords: synchronization, multimedia, 3D video, audio, wide are network.

## 1 はじめに

計算機ネットワークの普及によって、この十年間で様々な計算機の利用形態が生まれてきた。特にインターネット技術の進歩によって、研究者や技術者だけでなく、幅広い層の人々が広域的なネットワーク上で国境を意識せずコンピュータの利用で情報の発信や収集や通信することが当たり前になっている。

近年はインターネット上での情報が文字や図形、画像等の静的なメディアから動画、音声等の時間軸に依存するメディアの利用へと移りつつ、あらゆるメディアを利用し、より個人のニーズにあったクリエイティブな通信が可能になった。また、遠隔会議やライブコンサートなど、実時間的なアプリケーションがインターネット上でも珍しくない。VRMLや立体映像の技術進歩により、インタラクティブでダイナミックな臨場感のあるアプリケーションも利用され始めている。これらを踏まえ、本研究では伝送する映像のメディアとして立体映像を採用する。具体的に採用される立体映像は右目用の映像と左目用の映像からなる映像のことである。

インターネットのような多種多様な回線やシステムからなる広域ネットワークでは、パケット交換方式により、情報が伝達される。このようなシステムでは分割化された情報が異なった経路によって伝送され、正しい順番で目的地に届かない場合がある。また、このような広域ネットワークではパケットの損失、パケット遅延やパケットの遅延の変動（ジッター）という欠点に加わる。従って、マルチメディア情報の転送の場合に、メディアの同期が送信側で保証されても、必ずしも受信側ではメディアの同期がとれるとは限らない。マルチメディア通信においてメディア間とメディア内の同期を修正するためには、受信側の同期歩調機構を実装する必要性が生じる。

本論文では広域ネットワークにおけるマルチメディアの転送の同期についてそれらの問題や機構のモデルの提案を述べる。第2章ではマルチメディアの同期及び同期の種類を述べる。第3章では広域ネットワークにおけるマルチメディアの同期に関する問題を述べ、それらの問題に踏まえ、同期問題の対策について第4章で述べる。第5章では本研究で取り上げるマルチメディアの同期機構の

提案を説明する。第6ではその同期機構のシステムの構成を述べる。最後に結論として本研究のまとめを述べる。

## 2 マルチメディアの同期

### 2.1 マルチメディアシステムの定義

マルチメディアシステムは三つの特性から特徴づけることができる。第一にメディアの数、第二に支援するメディアのタイプ、そして第三はメディア間の統合性である[2]。第一の特性から考えると、二つ以上のメディアを利用するアプリケーションはマルチメディアシステムと定義することができる。例えば、テキストやグラフィクスをサポートするアプリケーションがマルチメディアシステムとして扱うことができる。

第二の特性によると、マルチメディアシステムでは扱っているメディアが少なくても一つの時間に依存するメディアが含まれている。最後に第三の特性によると、メディア間の統合性によるマルチメディアシステムとは扱っているメディアがお互いに独立するが、一緒に処理したり表現したりすることができる場合である。

以上の特性により、本論文で扱うマルチメディアシステムは複数メディアにおいて少なくとも一つの時間に依存するメディアの統合処理を提供するアプリケーションやシステムである。本論文では少なくとも立体映像と音声の二つの連続メディアを扱う。

マルチメディアシステムではメディア間の統合は重要な課題である。理由として取り上げられることは、各メディアのオブジェクトにおいて符合化された情報間の統合処理を行う際に、その内在的な依存性があるためである。この場合の統合処理は蓄積・制御・通信・キャプチャリング・メディアオブジェクトの表現処理などがある。

### 2.2 同期の分類

メディア統合の要点としてはメディアデータにおけるデジタル表現や複数メディア及びデータの同期が挙げられる。マルチメディア同期は一般的にはメディアオブジェクト、データエンティティまたはメディアストリムの間における内容や空間

や時間的に深く関連している際に用いられる [6]。内容的な依存や空間的な依存の同期はデータベースやスプレッドシート・グラフィクスツールなど出版の世界で利用されている。一方、時間的な依存の同期は特にマルチメディア通信で利用されている。

マルチメディア通信の分野では二つの時間的な依存の同期に分割することができる。一つはメディア内の同期である。メディア内の同期は時間に依存するメディアにおける多くの表現単位の間時間関係を示している。例えば、映像シーケンスの任意シングルフレーム間の時間関係がそれに相当する。10 fps の映像が各フレームに対して 100ms 以内に表示されなければならない。一方、メディア間同期はメディアとメディアとの間の同期のことである。例えば、ビデオ内の各々のフレームと関連する音声との同期である。

また、同期は時間的な関係の決定方法によりライブ同期とシンセティック同期に分類することができる。ライブ同期はメディアがキャプチャリングするときと同様に時間的な関係を正確に表現することである。例えば、ビデオ会議におけるリップ同期や CSCW アプリケーションでのマウスポイントの同期などがその例である。シンセティック同期は時間的な関係が独立的に生成された各々のメディアに人工的に作成される [6]。

### 3 同期の問題

本論文で取り上げている同期問題はメディア間同期とメディア内同期である。広域分散環境において同期の問題が発生した主な要因としては、ネットワークの遅延や遅延の変動である。遅延だけであれば、受信側にバッファを設けることによって、適切にタイミングを取れば解決できる。しかし遅延の変動も含まれれば、メディア内同期のみならずメディア間の同期にも大きく影響する。

適切な同期アルゴリズムはメディア間同期とメディア内同期の両方を保証しなければならない。図 2 では、ビデオと音声の再生の例として取り上げて、非同期の現象を示す。この図では非同期と音声の不連続が発生していることを示す。ここで、ソースをみると二つのビデオフレームが一つの音声サンプルと同期して再生しなければならない。し

かし実際の再生例では、ビデオフレームが損失したり、同じ時間に再生すべき音声のサンプルと異なった時間に再生したりする。例としては、V2' の不存在や V3' と A2' や V5' と A3' が同時に再生しないということである。また、音声のサンプルを、A2' と A3' のように不連続的に再生されていることは、揺らぎに弱い音声にとって致命的なことである。

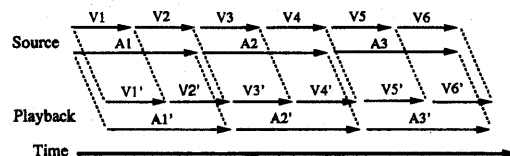


図 1: 同期の場合

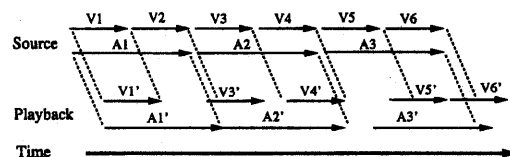


図 2: 非同期の場合

広域分散環境ではビデオフレームや音声サンプルが同時に再生できない主な理由はネットワークの遅延とパケットの損失である。生じた遅延が変動するため、メディアの同期がさらに取り難くなるのが現状である。映像の場合はある程度のフレームが失われても人間の目によって認知することができるが、音声の場合は遅延の変動で、不連続性が保持できなければ、人間の耳には感知し難くなる。これらの理由で、本論文で提案する同期機構は特定のメディアを重視して同期を行う。例えば音声が遅延の変動に弱い場合、音声を重視して同期のメカニズムを行う。

### 4 同期問題の対策

異なるメディアオブジェクトは異なる品質や蓄積方法や通信方法及び表現の要求などの性質を持っている。同期を行うときに、同期されるオブジェクトの性質によって異なる同期方法を取らないとい

けない。オブジェクトに最適な同期方法を取らなければ、オブジェクトの品質が劣化してしまう可能性もでてくる。他の同期方法は一つのオブジェクトの品質を優先して他のオブジェクトが優先するオブジェクトの都合に合わせる。

本研究で扱われるメディアが音声と立体映像という異なる性質を持っているため、いずれかを重視して行わないと、片方のメディアがネットワークの遅延や遅延の変動の影響を受けることになる。音声は映像やテキストよりも遅延変動に対してより柔軟な対応が必要であり、ここで音声重視されるオブジェクトとして選択する必要がある。しかし、本研究で扱われる立体映像も特性を持ち、受信側でも臨場感を感知できるためには右と左の画像の差分情報を受信側まで適切に伝達する必要がある。

マルチメディアアプリケーションの形態はソースがローカルにある場合とソースがネットワーク的に分散される場合がある。前者の場合は同期機構がアプリケーション層にて実装される。後者の場合はアプリケーションだけではなくネットワークトランスポート層でも同期機構を実装する必要がある。

同期問題に対する解決方法としてはアプリケーション層で実装し対処する方法とトランスポート層で行う二通りが考えられる。アプリケーション層で同期を行う場合は、アプリケーション自身がすべて同期制御を行わなければならない。これはアプリケーションに対する負担となる。しかし、アプリケーション層で同期機構を実装した場合は高度なメディア間の関係を提供することができる。

しかし、広域分散環境で実装すると、アプリケーション層だけで同期問題を解決することは困難である。しかし、トランスポート層で実装する場合は、メディアにおいて、伝達中に発生する遅延やパケットの損失やパラメータの変化などに対応しなければならないことになる。また、ネットワークトランスポート層で同期に対するサービスをサポートすることによって、アプリケーション層での設計も単純になる。

本研究では、映像メディアとして立体画像を採用し、2次元画像に対する違う取り扱いを行うため、立体映像に関する処理をアプリケーションで行い、同期に関してはネットワークトランスポート層で行う。

ト層で行う。

## 5 同期機構の提案

本論文では上述したようにあるメディアをベースにして同期を行う。ここで、ベースとなるメディアを基準メディアといい、同期がこの基準メディアを重視して、他のメディアが基準メディアに同期させて処理される。基準メディアとしては、上述したように同期機構で特別な理由により、優先したいメディアを選択する。例えば本研究では連続性の重要さを考慮した上で音声を選択した。

また、広域分散環境のネットワークではパケット損失が起き、基準メディアのデータが伝達中で無くなる可能性もある。対応手段として、基準メディアの他に基準時間を定義する。基準時間は基準メディアが受信されない場合のタイムアウト時間である。タイムアウト時間は、少なくとも基準メディアのパケットが受信されない場合と全てのメディアのパケットが受信されない際のタイムアウト時間の二種類がある。ここで、タイムアウトはメディアのデータが受信されないときの待ち時間のことである。

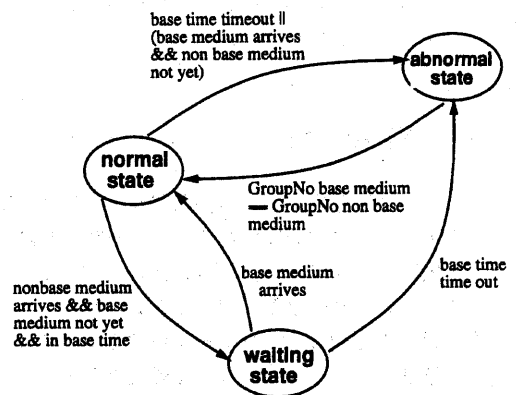


図 3: 同期機構の状態遷移

本研究で提案する同期機構では図3で示すように三つの状態がある。第一の状態は平常状態で、第二の状態は待ち状態、そして第三の状態は異常状態である。

システムが正常に作動し、各メディアのパケットが許容時間内に受信側に届く場合は平常状態に

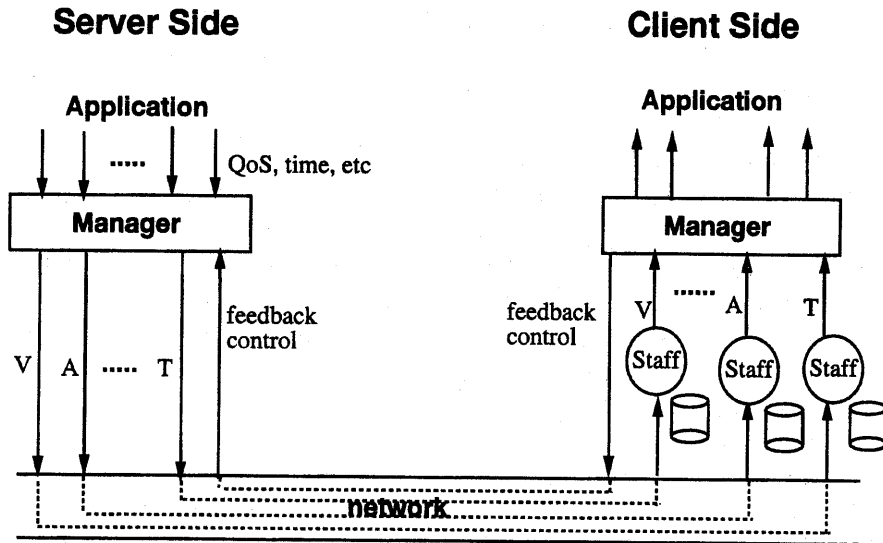


図 4: 同期機構の構成

ある。すべてのメディアデータが受信された後、次の処理のためにアプリケーションへ譲渡する。しかし、基準メディアではないメディアが既に受信され、基準メディアがまだ届いてない場合、尚かつ、基準時間内にあるときは待ち状態に移る。待ち状態にあるときに基準メディアが受信された場合、再び平常状態に移り、受信されたメディアがアプリケーションに譲渡する。しかし、待ち状態にあるときに基準時間がタイムアウトになる場合は、待ち状態から異常状態に移り、受信されたメディアがアプリケーションに譲渡する。

平常状態では、基準時間がタイムアウトになるまたは基準メディアが受信され、他のメディアがまだ受信されないときは、異常状態に移る。異常状態から平常状態に移ることができるのは受信される基準メディアのグループ番号が受信される他のメディアのグループ番号と同じになるときである。各メディアのデータのグループ番号は送信側で指定される。同じグループ番号のメディアは同じ時間で発生したことを前提にする。

アプリケーションに譲渡することができる状態とは平常状態と異常状態のときである。しかし、平常状態と異常状態の違いは平常状態ではアプリケーションに譲渡する際に全てのメディアを譲渡する。一方、異常状態の場合は少なくとも

一つのメディアがまだ受信されていない状態であるため、アプリケーションに譲渡する際に、受信できていないメディアにおいては前のデータを利用して譲渡する。すなわち、履歴をたどって、受信すべきメディアのデータの代わりに過去の最新のデータを利用する。異常状態になる場合は遅れてきたメディアのデータがそのまま削除される。

## 6 システムの実現

本モデルはサーバ・クライアントモデルによって成立し、クライアントを中心にマルチメディアの同期を実現する。また、クライアント側は同期の処理を行うために、サーバ側は各パケットに情報を付加して提供する。本システムの構成は図4で示す。

サーバ側では、管理者 (manager) が本システムの管理を行う。管理者の役割の一つはアプリケーション層から映像のフレームや音声のサンプル、ユーザ側から要求される QoS などを制御することである。二つ目はサーバとクライアントの接続を成立することである。その他には、サーバ側の管理者が送信するメディアのデータを圧縮して符号化し、パケット化するという役割を持つ。パケット化するときにはクライアント側で同期を行うと

き必要とする情報を付加する。本システムで必要とする情報はグループ番号と順番号である。サーバは以上の仕事を行ってクライアントとの接続を保持する。最後にサーバはユーザやシステムからの要求によってクライアントとの接続を切断する。

前章で述べた同期の処理はクライアント側の管理者が制御を行う。各メディアの担当は複数のスレッド (staff) が独立的に行う。各々のメディアデータを処理するために別々のスレッドで管理することによって、負荷を分散し平行性を図る。サーバ側は各々の担当スレッドと別々の回線で接続され、メディアのデータを転送する。各スレッドは受信したメディアのデータパケットや制御パケットを受け取って処理する。ここで行われる処理はパケットを受け取り、そのデータパケットと制御パケットを識別する。担当スレッドが制御パケットのデータを受信し、利用する。一方、データパケットの場合は受信して受信バッファに置く。この受信バッファは管理者と担当スレッドの共有バッファである。ここで、メディアデータ毎に共有バッファがある。共有バッファの状況と基準時間によって管理者がどのようなタイミングでアプリケーションに譲渡するかを決める。

最初の基準時間はサーバからの情報に基づいて設定され、これはデフォルト基準時間とする。クライアントが定期的にサーバ側にクライアントとサーバの間の回線の状況を調べるために、確認パケットを投げる。確認の結果に基づいてバッファサイズとタイムアウト値を調整する。これによりネットワークの状況に応じる同期処理を行うことができる。

## 7 おわりに

広域ネットワークにおけるマルチメディアの同期や同期問題の解説を行い、そのフレームワークで開発されている同期機構システムについて述べた。本システムの特徴は、基準メディアや基準時間を導入することによって、メディアの特徴を尊重し、全てのメディアを犠牲にせずに同期が取れるマルチメディアアプリケーションを実現することができる。また、動的なバッファサイズとタイムアウト値を設けることにより、ネットワーク状況に応じた同期機構を実現できる。現在、本シス

テムはマイクロソフト Windows95 で実装し、パフォーマンスの測定・評価をしている。

## 謝辞

本研究は通信・放送機構と共同研究である。これまでの研究と本稿の執筆するに当たって多大なる御助言と御協力を頂いた慶應義塾大学環境情報学部の中村修博士、峯尾淳一氏、また徳田村井楠本中村研究室のメンバー各位に心から感謝する。

## 参考文献

- [1] G. Blakowski, "The MODE-FLOW-GRAPH A Processing Model Objects of Distributed Multimedia Applications", in *Proc. International Symposium of Communication*, 1994, pp. 646-649.
- [2] G. Blakowski, R. Steinmetz, "A Media Survey: Reference Model, Specification, and Case", *IEEE J. Selected Areas in Comm.*, vol. 14, no. 1, Jan. 1996.
- [3] Heinrich J.S. , "Multimedia Networking", *IEEE Multimedia*, vol. 12, no. 3, 1995.
- [4] J. Gecsei, "Adaptation in Distributed Multimedia Systems", *IEEE Multimedia*, April-June 1997, pp. 58-66.
- [5] R. Steinmetz, "Synchronization Properties in Multimedia System", *IEEE J. Selected Areas Comm.*, vol. 8, no. 3, April 1990, pp. 401-412.
- [6] R. Steinmetz and K. Nahrstedt, *Multimedia: Communications & Applications*, Prentice Hall, 1995.
- [7] S. Bagai, M. Farrukh, Miae Woo, S. Shinkai, A. Khokhar, "Quality-Based Evaluation of Multimedia Synchronization Protocols for Distributed Multimedia Information Systems", *IEEE J. Selected Areas in Comm.*, vol. 14, no. 7, Sept. 1996, pp. 1388-1403.