

分散仮想環境における クライアント・サーバー間の通信方式

平瀨 振一郎 寺中 信行 碓崎 賢一

九州工業大学 情報工学部

我々はクライアント・サーバーシステムによる分散仮想現実システムを提案している。我々は仮想環境中での動物などの動きを重視し、利用者にとって楽しく生き生きとした環境を提供したいと考えている。提案システムでは、複数のクライアントが同じ世界を共有するため、大量の動きの情報をサーバーからクライアントに伝送する必要がある。本報告では、クライアントにおける表示の視覚的効果を利用することにより、伝送すべき動きの情報を必要十分なものに限定する通信方式を提案する。この通信方式により、帯域の狭い伝送路においても、仮想環境内の動きを十分に再現することが可能になる。

A Data Transfer Method for Distributed Virtual Environment System

Shin'ichiro HIRAHAYA, Nobuyuki JICHU and Ken'ichi KAKIZAKI

Department of Computer Science and Electronics,
Faculty of Computer Science and Systems Engineering,
Kyushu Institute of Technology, Iizuka, 820 Japan

We have been constructing a distributed virtual reality system to provide pleasant and lively virtual world for people on network. Because our system is designed as client-server model, the server must send a large amount of motion data to clients continuously. This paper proposes an efficient transfer method for motion data. In our method, a server restricts motion data to send at a time, using visual effects on client's screen. This method enables many objects to act lively on client's screen even on narrow network band width.

1 はじめに

近年ネットワーク上に構築される仮想環境が注目され、その研究と応用 [Mat96] が進められている。仮想環境の応用例としては、多人数チャットシステム [古野 95] や自動プレゼンテーションシステム [赤嶺 96] などが挙げられる。

仮想環境がネットワークを介して構築されることによって、物理的に距離を隔てた複数の利用者であっても、仮想環境内で起こる様々な出来事を同時に体験することができる。また、仮想環境内で出会う他の利用者とは会話することによって情報交換を行なうこともできるため、効果的なコミュニケーション手段として利用することができる。

我々は仮想環境内の動きに着目し、活発で生き生きとした分散仮想環境 Virtual Community [松並 95] を提案している。Virtual Community では、活発な動きのある仮想環境の一貫性を管理するために、シミュレーションをサーバーで一括して行なうクライアント・サーバー方式を採る。この方式では、仮想環境中の多数の動作物体の動作に伴う更新情報をサーバーからクライアントに時々刻々と伝送する必要がある。しかしながら、通信路には伝送帯域の制約があるため、伝送の効率化を図らなければ、仮想環境における多数の動きを十分に表現できなくなるとい問題がある。

本報告では、クライアントにおける表示の視覚的效果を利用することにより、伝送すべき動きの情報を必要十分なものに限定する通信方式を提案する。この通信方式により、帯域の狭い伝送路においても、仮想環境内の動きを十分に再現することが可能になる。

2 分散仮想現実システム

2.1 クライアント・サーバー方式

我々の提案する仮想環境内では、多くの利用者が同じ環境を共有して活動する。そのため、仮想環境内の様子はどの利用者にとっても同一でなければならず、一貫性を一箇所で集中的に管理する必要がある。このため、図 1 に示すクライアント・サーバーモデルを用いて一貫性を集中管理することができる仮想環境の構成を採る。

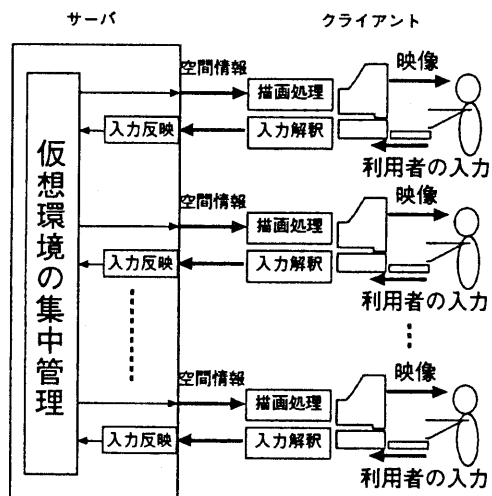


図 1: システム構成

サーバーは仮想環境中に存在する全ての物体情報の管理を集中的に行なう。また、仮想環境内における全物体の動きのシミュレーションも行なう。

クライアントは利用者と仮想環境の間のインターフェースとしての役割を持ち、図 1 に示すように複数の利用者がクライアントを利用してサーバー上の仮想環境を利用することができる。クライアントは利用者の操作をサーバーへ伝送すると共に、サーバーから仮想環境内の情報を受信することによって仮想環境を視覚化する。

2.2 伝送方式

仮想環境の視覚化のために、サーバーは仮想環境内の物体の形状情報やシミュレーションによる変化の情報をクライアントに送る必要がある。仮想環境を構成する物体としては、建物や机のように動きがない静的物体と、人や車のように動きがある動的物体が挙げられる。静的物体と動的物体はその特性が異なっているため、効率の良い伝送を行なうためには、それぞれに適した方式を用いる必要がある。

2.3 要求伝送方式

本報告で述べる動的な物体についての伝送方式との比較のため、我々が提案している静的な物体

に関する効率的な伝送方式 [碓崎 96] について示す。

クライアント・サーバー型の分散仮想環境を構築する場合、クライアントが画面に表示するために必要な仮想環境情報はサーバーから伝送される。サーバーの保持している仮想環境情報の全てをクライアントへ伝送することは、通信路の帯域の問題により困難である。したがって、伝送する仮想環境情報の要求をクライアントが必要なものだけに厳選し、仮想環境情報を段階的に逐次クライアントに伝送する方式を考える。

この方式を用いる場合、伝送すべき情報の選出をどこで行なうかという問題がある。この処理は、仮想環境内の静的三次元オブジェクトのすべての情報を管理・保持しているサーバーで行うのが自然であると考えられる。しかしながら、サーバーでこの処理を行う場合、各クライアントによって視点が異なるため必要とする情報が異なる。このため、接続されている全てのクライアントに対して、サーバーはそれぞれ個別に形状情報の選出処理を行わなければならない。多数のクライアントがサーバーに接続されている場合には、サーバーの部品選出処理による計算量は膨大なものになる。また、仮想環境内のシミュレーションのために多くの処理を行なうサーバーにとって、このような処理を新たに追加されることは大きな負担となり、システム全体の運行に支障を来す。

ここで、クライアントの処理に注目すると、クライアントは、仮想環境の様子を視点の変化に応じて視覚化するために、保持している形状情報の階層構造を絶えず走査している。その過程で、描画に必要な対象物の形状情報がサーバーから伝送されておらず、転送の必要があるものは容易に判定できる。したがって、伝送すべき形状情報の選出処理は、クライアントの描画処理に簡単な処理を追加することにより、若干の処理負荷の増加だけで実現できる。

以上のことから我々は、クライアント側の表示機能を利用して、伝送対象となる形状情報の選択を行ない、それをサーバーに依頼して伝送する要求伝送方式を提案している。要求伝送方式の概要を図2に示す。この方式により、優先度の高い形状情報の選択による伝送効率の向上と、選択処理の分散を効率良く実現している。

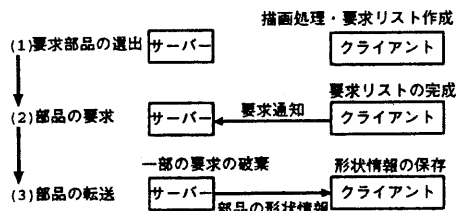


図 2: 要求伝送方式

3 動的情報の伝送方式

3.1 動的情報の伝送における問題点

動物や自動車など仮想環境における様々な動くものを動作体と呼ぶことにする。我々は仮想環境内に動作体が多数存在する、活発で生き生きとした分散仮想環境の構築を提案している。我々の提案する分散仮想環境は、仮想環境内の一貫性の管理のために、シミュレーションをサーバー側で行ない、クライアントにその情報を提供し表示を行なうクライアント・サーバー方式を用いている。

サーバーにおけるシミュレーションは、クライアントにおける十分なフレームレートを実現するために、10分の1秒を単位時間として継続的に実行される。この単位時間をティックと呼んでいる。仮想環境中の動作体は、このティック毎に状態を変える可能性があるため、その多量の状態情報をサーバーからクライアントに実時間で継続的に伝送する必要がある。このため、帯域に制限のある通信路を利用する場合、伝送量の大きさが大きな問題となる。

3.2 伝送すべき動的情報の削減

多数の動作体を含む分散仮想環境を構築するためには、動的情報の伝送で通信路が飽和することや、それにより十分な動的情報が伝送されなくなることを防止できる通信方式が必要である。このためには、サーバーがシミュレートする動的情報の中から、各クライアントにおける仮想環境の表示に支配的な要因となる情報を抽出し、選択された小量の情報だけを伝送する通信方式が必要になる。

このような目的を満たすために、以下に示す観点から動的情報の抽出と除去を行ない、少ない伝送量で十分な視覚表現が得られる動的情報の通信

方式を提案する。

- 動きのあった部分の情報のみを抽出
- クライアントの表示視野内と表示される可能性の高い至近の情報のみを抽出
- 表示システムの分解能以下の情報の除去
- 視覚的な変化量の大きな情報の優先

3.3 サーバー主体の処理

サーバーからクライアントに伝送すべき情報として静的物体の3次元情報がある。これについては、クライアントの表示システムによって必要な情報を抽出し、その伝送をサーバーに要求する要求伝送方式を提案しており、通信路の伝送容量が低い場合でも表示に重要な情報を効果的に伝送する方式が得られている。

一方仮想環境内における動的な情報は、動作のシミュレーションをサーバーが行なっているため、静的情報のようにクライアント側では伝送すべき情報を特定できない。このため、動的情報に関しては、伝送すべき情報の抽出をサーバー側で主体的に行なう方式を採る。サーバーは、仮想空間における各クライアントの利用者の視点位置と視線方向を管理し、その情報と仮想環境における動作体の関係から伝送すべき動的情報を選択し伝送を行なう。

3.4 動的情報の抽出

仮想環境中に多くの動作体が存在する場合、仮想環境中の動作体の状態の全てをクライアントに伝送しようとする、各ティック毎に膨大な情報を伝送する必要が生じる。提案方式では、動作体の全ての情報を伝送するのではなく、変化のあった状態だけを抽出し、その情報を選択的に伝送する差分伝送方式をとる。例えば、動作体である人間の情報を伝送する場合には、人間の各部の情報を全て伝送するのではなく、肘や手首などの動きのあった部分だけの情報を抽出し伝送する。動きがなければ何ら伝送を行なわない。これにより、変化のあった対象のみに限定して、小さな帯域で情報の伝送を行なうことができるようになる。

このような選択的な伝送を行なうためには、変化のあった部分を効率良く抽出する必要がある。サー

バーにおけるシミュレーション処理では、動作体に動きがある場合には、その動きに関連した情報をシミュレーションシステムが操作することになる。このため、シミュレーションシステムは、どの動作体のどの部分がどのように変化したかという事柄をシミュレーション処理の中で付加的なコストなしに全て把握することができる。提案システムでは、シミュレーションシステムが動作体に対する何らかの動作処理を行なった場合に、その操作対象を伝送すべき動的情報の候補としてリストに登録していく方式をとる。リストに登録された動的情報は、以降の節で述べる評価法に基づき、各クライアント毎に表示に重要なものが選択され、各クライアントに伝送されることになる。

3.5 視界に基づく動作情報の絞り込み

各クライアントにおいて、サーバーから取得する必要のある動作情報は、利用者の視界に存在する動作体に関するものだけである。したがって、前述の伝送すべき動作情報の候補リストから、利用者の視界にある動作体の動作情報のみを抽出して伝送することにより、伝送すべき動作情報を大幅に削減させることができる。

サーバーがこの候補の抽出を行なうためには、クライアントにおける利用者の視界を把握する必要がある。この調査は、クライアントの視点が仮想環境中にどこにあり、視線がどちらに向いているかという情報により行なうことができる。このような情報は、利用者の3次元モデルを仮想環境に表示しシミュレートするために、サーバーに既に保持されておりそれを利用することができる。

また、視界の中に伝送すべき動作情報があるか否かを確認するために、動作の発生した位置を確認する必要がある。このために、前章で述べた伝送すべき動作情報の候補を記録する際に、その対象の位置情報も含めてリストに記録する。この情報により視界を調査し、伝送すべき動作情報の候補から視界内に存在するものだけを抽出し伝送することになる。

クライアントの利用者は、仮想環境を観察するために、視線を頻繁に動かすことが一般的であると考えられる。このため、現時点での視界に基づく動作情報の絞り込みだけでは、視界が変化した

時に、新しく視界に入った領域の動作情報が伝送されてきていないために、表示が適切に行なわれない可能性が生じる。このような問題に対処するため、動作情報の抽出は図3に示すように、現在の視界の少し外側と利用者の視点の至近距離を含めた領域を対象に行なう。

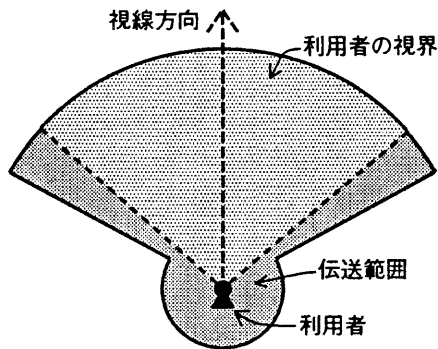


図3: 動的な情報の伝送範囲

3.6 表示システムの分解能に基づく情報の除去

クライアントの表示システムは、ピクセル数と処理能力の2つの制限から、表示できる対象の分解能が制約を受ける。この制約を伝送する必要がない動作情報の除去に利用することができる。

例えば、遠くにある小さな物体は、数ピクセル程度の表示面積しか持たなくなるため、その構成要素の動きを画面上に表現することができなくなる。このため、その構成要素の動作情報の伝送を表示系への影響なしに除去することができる。また、3次元グラフィックス表示では、表示システムの能力が十分ではない場合に、各物体の詳細部分を簡略化して表示する LOD (Level Of Detail) 機能が利用される。LODにより省略された詳細部分に含まれる構成要素の動作情報も、表示系への影響なしにその伝送を除去することができる。

サーバーが表示系に影響のない動的情報を除去するためには、クライアントの表示性能を把握する必要がある。このため、サーバーは各クライアントから以下の情報を取得する。

- 表示領域のピクセル数

- 視野角
- LODによる簡略化が行なわれるピクセル数

サーバーは上記の情報を元に、伝送候補となっている動的情報のうちクライアントの表示に寄与しない情報の除去を行なう。この除去処理を行なうためには、画面上での表示の大きさを評価するため、上記の情報と共に、候補となっている動作体の次のような情報を利用する。

- 視点からの距離
- 大きさ
- 移動量もしくは変化量

これらの情報は、サーバー内部で管理されているものである。

3.7 変化量による動作情報の優先度

これまで示した、伝送すべき動作情報の絞り込みと、不必要な動作情報の除去により、動作情報の伝送量を大幅に削減することができる。しかしながら、これらの絞り込みを行なった後も通信路の帯域がまだ不十分な場合には、動作情報の優先度を考慮し、重要なものを優先的に伝送する方法を採る。

表示における動作情報の重要性を考慮した場合、優先度が高いものは次のようになると考えられる。

- 視点の近くにある注目度の高いもの
- 画面上での変化量が大きく識別しやすいもの

利用者の近くにある物体については少しの移動量でも利用者への視覚的な影響が大きく、遠くにある物体については移動しても影響が小さい。これは、利用者の近くにある物体ほど、利用者の視界に占める視角が大きくなるからである。したがって、近くにある物体の動作情報の伝送は優先させ、遠くにあり変化量の少ない物体の動作情報の伝送頻度を低下させる。

同じ動きが発生した場合でも、利用者の視線方向と動きの方向により、動きの視覚的な効果が異なる。視線に対して直角方向の動きは視覚的な効果が大きい。視線に対して平行方向の動きは視覚的に与える影響が少ない。この性質を利用し、視線に対する角度による効果を考慮した上で、それ

自体が比較的大きな動きであっても視覚的に効果が少ないものは伝送対象から除去する。具体的には、利用者から移動する物体へ向かうベクトルと物体の移動ベクトルのなす角度により、物体の動きが利用者の画面上における変化の影響を知ることができる。

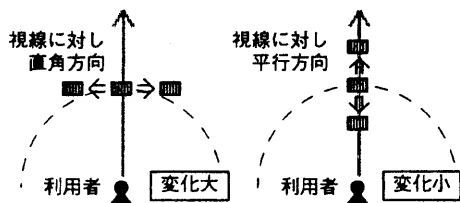


図 4: 物体の移動方向による影響

上記のような視覚に対する効果の大小に着目し、効果の小さなものの伝送頻度を低下させると、画面上での動作が厳密には更新されなくなる。しかしながら、視覚的な効果の少ないものを対象としているために、表示に与える影響は少ないものと考えられる。このような方式により、十分な表示品質を保ったままで伝送容量を削減することができる。

3.8 クライアントによる予測処理

動作体による動作の多くは、短い期間を取ると、同じ変化量の動作が続くものと考えられる。このような動作に関しては、変化量をクライアントに伝送しておき、その変化量に基づきクライアントに定期的に状態の更新を行なわせることにより、サーバーからクライアントに伝送する状態変化の情報を削減することができる。

この処理のため、動きの変化が少ない対象に関しては、サーバーからクライアントに動作情報を伝送する際に、その対象に関する次の情報を伝送する。

- 現時点での状態
- 変化量
- タイムスタンプ

クライアントは、サーバーから新たな情報が伝送されない限り、これらの情報に基づき、動作体

の動作更新を行なう。サーバー側での変化量などの状態が変化した場合には、サーバーとクライアントとの間で食い違いが生じるため、改めて上記の情報が伝送されることになる。

この方式により、一定の動作を行なっている対象に対しては、動作情報の伝送頻度を大幅に削減することが可能となる。

4 まとめ

本報告では仮想環境内の動きの情報の効率的な通信方式について提案した。動く物体がもたらす利用者への視覚的效果を利用することによって、サーバーから各クライアントへの動作情報の伝送量が削減可能なことを示した。

本方式により、帯域の狭い伝送路においても我々の提案している活気のある生き生きとした仮想環境内の動きを再現することができる。

参考文献

- [Mat96] Matsuda, K., Lea, R. and Honda, Y.: "Realizing multi-user interactive shared space using VRML", オーディオビジュアル複合情報処理研究会資料 96-AVM-15-2, 情報処理学会 (1996).
- [古野 95] 古野文一, 松並勝, 碓崎賢一: "多人数チャットシステムにおける人物モデルのジェスチャー機能", グループウェア研究会資料 95-GW-13-6, 情報処理学会 (1995).
- [松並 95] 松並勝, 碓崎賢一: "Virtual Communityの提案", グループウェア研究会資料 95-GW-13-5, 情報処理学会 (1995).
- [赤嶺 96] 赤嶺義寿, 碓崎賢一: "仮想環境における自動プレゼンテーションシステム", マルチメディア通信と分散処理研究会資料 96-DPS-74-16, 情報処理学会 (1996).
- [碓崎 96] 碓崎賢一: "ネットワーク型仮想現実環境における三次元オブジェクト情報の通信方式", マルチメディアと分散処理研究会資料 96-DPS-74-11, 情報処理学会 (1996).