

# 没入型仮想融合空間の遠隔共有を目的にした通信制御方式

2 Z B - 0 7

清原 聡\* 大野 寿太郎\* 守屋 俊夫\*\* 武田 晴夫\*\*, \*\*

\*通信・放送機構 奈良リサーチセンター \*\* (株) 日立製作所 システム開発研究所

## 1. はじめに

近年、複数平面の大型映像によって人間の視野全体を覆い、かつその中に入り込んだ人が映像内容や音をインタラクティブに制御できるようにするバーチャルリアリティシステムの研究が盛んになっている[1]。これは従来の HMD (Head Mounted Display) 方式によるバーチャルリアリティに対して、眼から映像までの距離が確保でき、視野角を容易に広げることができ、頭部の瞬時の動きに対しても自然な映像を見せることができるために、より没入感の高い環境を提供することができるとされている。このような環境を遠隔地で結び試みも行なわれている[2]。

本研究では、このような環境にさらに揺動体感装置を設置する[3]。揺動装置は映像内容に合わせた加速度、あるいは映像内容を補完する加速度を、操作者に与えることができる。さらに操作者の位置を予測制御することができるので、ヘッドトラッキングによる位置検出のみの場合に比べて、操作者の動きに対してリアルタイム性の高い映像、音の制御が可能になり、より高い没入感を提供できる。ここではこの環境を没入型仮想融合空間と呼ぶことにする。

本報告では、このようにリアルタイム性能への要求が高い空間を、複数の遠隔地間で共有するための通信制御方式について述べる。

## 2. ノードの構成

上記システムの1ノードの外観を図1に示す。壁3面および床面が大型映像スクリーンである。壁面スクリーンには背面から各面2台の液晶プロジェクタによって映像が投射される。床面には天井に設置された2台の液晶プロジェクタによって映像が正面投射される。各面の2台のプロジェクタは異なる偏光方向に設定されており、偏光フィルタ眼鏡によ

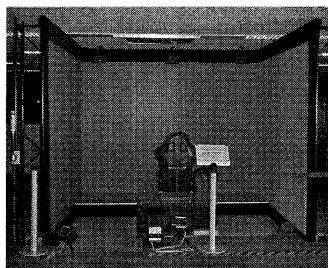


図1 1ノードの構成

Remote Sharing of an Immersive Mixed Reality Environment  
Satoshi Kiyohara\*, Jutaro Ohno\*, Toshio Moriya\*\*, Haruo Takeda\* \*\*  
\*Nara Research Center, Telecommunications Advancement  
Organization of Japan  
\*\*Systems Development Laboratory, Hitachi, Ltd.

て立体映像を提示することができる。

床面中央部には揺動体感装置が設置されている。本写真は roll, pitch, heave の 3 DOF (degrees of freedom) の電動モーションベースを利用した例である。床面映像を揺動装置より前方に投影することにより、背面投射の壁面映像との輝度差異の低減や、上方プロジェクタ設置スペースの効率化などが図られている。天井および床面には6個のスピーカが配置され、サラウンド音響のデジタル再生が可能になっている。

各プロジェクタには PC から映像が供給される。あらかじめレンダリングされた CG や、あらかじめ撮影された実写データは、圧縮されてファイルに格納され、上記 PC によって実時間で伸長されプロジェクタに送られる。またあらかじめ格納された3次元リアルタイム CG モデルデータに、視点やオブジェクトの姿勢、光源情報などが操作者から与えられると、実時間でレンダリングがなされ、インタラクティブな CG としてプロジェクタに送られる。また実写と CG を合成する仕組みが備えられている[4]。8台のプロジェクタ、モーションベース、スピーカの間で、映像、モーション、音響間の時間同期がとられる。特に揺動装置に対する操作者の視点の動きを予測制御することにより、映像や音響との同期精度の向上が図られる[3]。

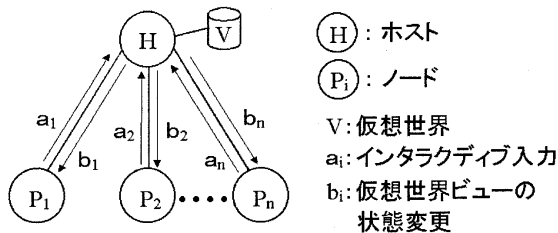
## 3. ネットワークの構成

このようなノードを複数の遠隔地点で接続し、仮想空間を共有するための第1の方法は、スタンドアロンモデルである(図2(a))。ノード  $P_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) からのアクション  $a_i$  がホスト H に送られると、ホストは自分が管理する仮想世界 V を更新し、ノード  $P_i$  に関する仮想世界の新状態を同ノードに返す。この方法は仮想世界をただ1個所で保持するために管理は容易であるが、ホストの処理負荷が大きくなり、リアルタイム性能が確保しにくくなる。

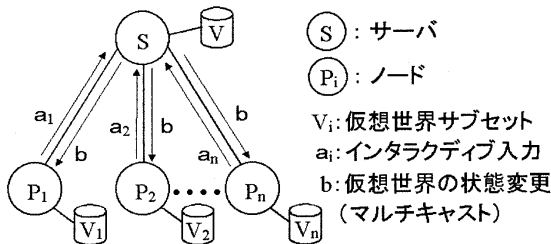
第2の仮想空間共有方法は、クライアント-サーバ型の分散モデルである(図2(b))。上記モデルと同様に、ノード  $P_i$  からのアクション  $a_i$  が送られたサーバは自分が管理する仮想世界 V を更新するが、各ノードに対して個別の更新情報を返す代わりに、全ノード共通の仮想世界更新情報を全ノードにマルチキャストする。各ノードはこのようなデータを取捨選択しながら自ノードに関する仮想世界サブセット  $V_i$  を更新する。サーバの処理負荷は小さくなるが、ノード数の増大でマルチキャストされる更新情報データの冗長度が高くなり、これに伴って各ノードでの処理を含めたリアルタイム性能の確保は困難

となる。

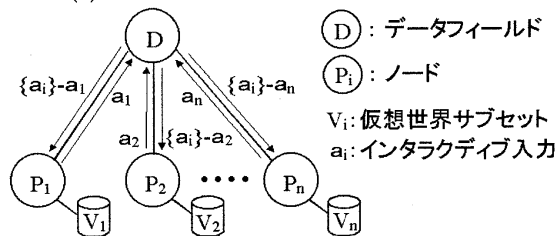
第3の方法は、自律分散モデル[5]である(図2(c))。ここでは各ノード  $P_i$  が独立に仮想世界  $V_i$  を管理する。アクション  $a_i$  はノード  $P_i$  からシステム全体(データフィールド)にマルチキャストされる。各ノードは他ノードからのアクション  $a_j$  を直接受け、自ノードの仮想世界  $V_i$  を必要に応じて更新する。上記第1の方法に対して仮想世界の状態更新を局所化でき、また上記第2の方法に対して仮想世界更新の階層化オーバーヘッドを解消できるため、リアルタイム性が確保しやすくなる。



(a) スタンドアロンモデル



(b) クライアント-サーバ型分散モデル



(c) 自律分散モデル

図2 ネットワーク構成モデル

#### 4. 自律分散モデルにおける通信制御

自律分散モデルにより没入型仮想融合空間を遠隔共有するための通信制御方式について述べる。

各ノードは仮想世界中の操作者の位置・視点に基づき、他ノードが自ノードに与える影響の大きさを測度に、ノード優先順位を動的に決定する。例えば視野から遠くはずれたノードの優先順位は低く、視野の中央付近で正に当該ノードと干渉しようとしている他ノードの優先順位は高くなる。通常自ノードの優先順位を最大とする。各ノードにおける操作者のインタラクティブ入力は、発生時刻のタイムコードが付されて、データフィールドに送出される。このとき送信先ノードは特定されず、マルチキャスト送信される(図3①)。

非同期でデータフィールドから到着するマルチキャストデータのうち、上記優先順位がある一定以上のものについては、優先順位の低いデータの到着を待たずにタイムコードに示される発生時刻からある保障時間内に処理されるようにする(図3②)。これによってリアルタイム性を可能な限り確保する。例えばウォークスルー進路の変更による映像視点の変更や、至近オブジェクトとの干渉による揺動などは、遠方オブジェクトの位置更新を待たずに行われる。

事象発生時刻と独立の上記優先度処理によって、各ノードの管理する仮の仮想世界間に通常誤差を生じる。これを解消するために、各ノードはこのようリアルタイム処理と並行して、データフィールド中のすべてのマルチキャストデータを取りこみ発生時刻順にソートする。リアルタイム処理の合間にこれら発生時刻順の処理を過去に溯って行い、真の仮想世界状態を適宜求め仮の仮想世界を置換する(図3③~⑤)。

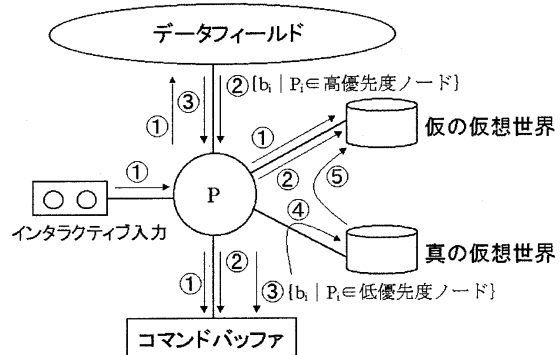


図3 自律分散モデルにおける通信制御

#### 5. おわりに

現在以上の方式をまず一般狭帯域回線を前提に実験推進中である。応用例、性能評価結果を別途報告の予定である。

#### 参考文献

- [1] C. Cruz-Neira, D.J. Sandin, and T.A. DeFanti, "Surround-screen, projection-based virtual reality: The design and implementation of the CAVE," SIGGRAPH 93, pp.135-142, 1993.
- [2] A.E. Johnson, J. Leigh, T.A. DeFanti, and D.J. Sandin, "CAVERN: the CAVE research network," Proc. of 1st International Symposium on Multimedia Virtual Laboratory, pp.15-27, 1998.
- [3] 小池, 皆川, 武田, "揺動を含む没入型仮想現実空間提示システム," 日本バーチャルリアリティ学会第4回大会, 1999. (to appear)
- [4] H. Takeda, et al., "A video-based virtual reality system," VRST99, Virtual Reality Software Technology, 1999. (to appear)
- [5] Report on Distributed Manufacturing Architecture Technical Committee, MSTC, 1998.