

# 高速ネットワークを介した遠隔動環境の全周型実時間テレプレゼンスに関する研究 (0211031)

## Research on Omni-directional Real-time Telepresence for Remote Dynamic Environments through a High-speed Network

横矢直和 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科

Naokazu Yokoya Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology

山澤一誠<sup>†</sup> 神原誠之<sup>†</sup> 佐藤智和<sup>†</sup> 砂原秀樹<sup>††</sup> 藤川和利<sup>††</sup> 中村 豊<sup>††</sup> 垣内正年<sup>††</sup>

Kazumasa Yamazawa<sup>†</sup> Masayuki Kanbara<sup>†</sup> Tomokazu Sato<sup>†</sup>

Hideki Sunahara<sup>††</sup> Kazutoshi Fujikawa<sup>††</sup> Yutaka Nakamura<sup>††</sup> Masatoshi Kakiuchi<sup>††</sup>

<sup>†</sup>奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科 <sup>††</sup>奈良先端科学技術大学院大学情報科学センター

<sup>†</sup>Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology

<sup>††</sup>Information Technology Center, Nara Institute of Science and Technology

**研究期間** 平成 14 年度～平成 16 年度

### 概要

本研究開発では、ギガビット級ネットワークを利用した全方位ビデオ映像のインタラクティブ視聴を特徴とする次世代ネットワーク・アプリケーション技術の確立を目的とした。このために、遠隔地の情景を全方位ビデオカメラでとらえた全方位ビデオ映像をネットワークを介して多地点に実時間伝送し、受信側で見たい方向の透視投影映像を実時間生成することにより、遠隔動環境のインタラクティブ観察が可能な全周型実時間テレプレゼンスの新方式を提案し、プロトタイプシステムを用いた実証実験を通して、その有効性を検証した。本研究開発の成果は、ユーザが 360 度の視野から自分が見たい方向を自由に見渡すという意味での映像視聴のインタラクティブ性を超高速ネットワーク上のアプリケーションとして実現でき、遠隔監視・遠隔会議・テレロボティクス・インタラクティブテレビなどの分野での実利用が期待できる。

### Abstract

The purpose of this research is to realize a next-generation network application which enables users to look around an omni-directional video interactively via a gigabit network. Integrating omni-directional imaging, geometric image transformation, and network technologies, we have established a new method of omni-directional real-time telepresence which enables multiple users to look around a remote dynamic scene interactively and have experimentally demonstrated the proposed method.

### 研究内容

本研究開発では、ギガビット級ネットワークを利用した全方位ビデオ映像のインタラクティブ視聴を特徴とする次世代ネットワーク・アプリケーション技術の確立するために、遠隔地の情景を全方位ビデオカメラでとらえた側方視野 360 度の全方位ビデオ映像をネットワークを介して多地点に実時間伝送し、受信側で見たい方向の透視投影映像を実時間で生成・提示することにより、遠隔動環境のインタラクティブ観察が可能な全周型実時間テレプレゼンスの新方式を確立し、実証実験を実施した。具体的に以下の研究項目を設定し、研究開発を行った。

- (1) 全方位撮像系と実時間画像生成・提示に関する研究
- (2) 全方位ビデオ映像のマルチキャストに関する研究
- (3) プロトタイプシステムの開発と評価に関する研究

このうち、研究項目(3)のプロトタイプシステム開発では、全方位画像センシングとマルチキャスト配信による実時間遠隔テレプレゼンスの具体的な実現例として、以下に示す 2 種類のシステムを開発した。

- A. 移動体からの無線ネットワークを介した全方位ビデオストリーム(NTSC クラス)のマルチキャストに基づく屋外動環境の実時間テレプレゼンス
- B. 学内有線ネットワークを介した全方位ビデオストリーム(ハイビジョンクラス)のマルチキャストに基づく屋内動環境の実時間テレプレゼンス

### 研究成果

- (1) 全方位撮像系と実時間画像生成・提示に関する研究

全方位カメラ HyperOmni Vision を用いて取得した NTSC クラスの全方位映像について、100Mbps のネットワークと一般の PC を用いて、映像入力、画像変換・提示のそれぞれのプロセスをビデオレート(約 30 フレーム/秒)で実現した。また、ユーザの視線指示から画像提示までの時間遅延は、人間が違和感を感じないとされる 100 ミリ秒以下で実現した。

ハイビジョンクラスの高品位映像については、高精細全方位ビデオカメラ HyperOmni Vision HD と 1Gbps の学内基幹ネットワーク及びグラフィックスワークステーションを用いて、映像入力、画像変換・提示のそれぞれのプロセスを約 10 フレーム/秒で実現した。また、ユーザの視線指示から画像提示までの時間遅延は約 100 ミリ秒で実現した。

- (2) 全方位ビデオ映像のマルチキャストに関する研究

無線 LAN 環境を含むネットワーク上でパケットロスをするだけ少なく映像をマルチキャスト配信する機構の実現を目指し、冗長経路を有するマルチキャスト配送機構を開発し、送信側が移動体の場合の影響等を分析した。無線 LAN 環境において IEEE802.11b/g を利用し、Windows Media 形式(WMT9)の映像をマルチキャスト配信した場合、複数の受

信端末と1台の送信端末が異なるアクセスポイントを利用した時には転送ビットレートが約600Kbpsとなった。また、パケットロスの特性は、パケットサイズによって大きく異なることが明らかになり、WMT9の通常のサイズ10,600byteでは30%程度のパケットロスがあったが、パケットサイズを1,432byteにした場合、2%程度に抑えることができた。

ハイビジョンクラスの全方位ビデオ映像をマルチキャスト配信する機構の開発に関しては、学内LANにおいて1Gbpsで接続される複数の計算機間でのマルチキャスト機構の実験を行い、その特性および問題点を見極めることに主眼を置いた。画像をYUV422フォーマットに変換し、これを256個の packets に分割してマルチキャスト送信した。このとき、送信フレームレートは13.4フレーム/秒、受信フレームレートは11.5フレーム/秒であった。

### (3) プロトタイプシステムの開発と評価に関する研究

全方位カメラHyperOmni Vision及び全方位映像の取得・符号化・マルチキャスト配信用PCを搭載した実験車両、全方位映像視聴用PC、有線ネットワーク(100Mbps)、無線ネットワーク(IEEE802.11g)からなるプロトタイプシステムを構築した(図1参照)。本システムでは、本学キャンパス内を走行しながら全方位カメラで撮影した360度のビデオ映像をマルチキャストプロトコルによって無線ネットワークに配信する。ネットワーク配信された全方位映像は、視聴用PC上で動作するwebブラウザを用いた全方位動画ビューアあるいは利用者の姿勢計測機能つきHMDにより視聴することができる。

実験では、5台のPCで独立に全方位映像のインタラクティブ視聴が可能であることを確認し、違和感のない視聴が可能であることが確認できた。また、本システムは以下のイベントにおいて一般公開実験も行った。

- ・ 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2004)(2004年7月、はこだて未来大学)：インターネットを介して、はこだて未来大学から奈良先端科学技術大学院大学の様子を見る遠隔実時間テレプレゼンスの実験を実施。ただし、実験車両からははこだて未来大学の受信サーバまではユニキャスト配信。
- ・ 21世紀COEプログラム・ユビキタスフェスティバル2005(2005年3月、奈良先端科学技術大学院大学)：上記の実験車両に加えて、セグウェイを用いた移動体からのマルチキャスト配信の実験も実施。

また、ハイビジョンクラスの高品位映像に関しては、学内のフロア間基幹ネットワーク(1Gbps)で接続された3台のグラフィックスワークステーション(SGI Onyx3000シリーズ)からなる限定的なシステムを構築した。本システムでは、全方位撮影部に高精細全方位カメラHyperOmni Vision HDを用い、映像提示部には没入型球面ディスプレイを使用した。実験では、1台のグラフィックスワークステーションから他の2台に11.5フレーム/秒でマルチキャスト配信できた。

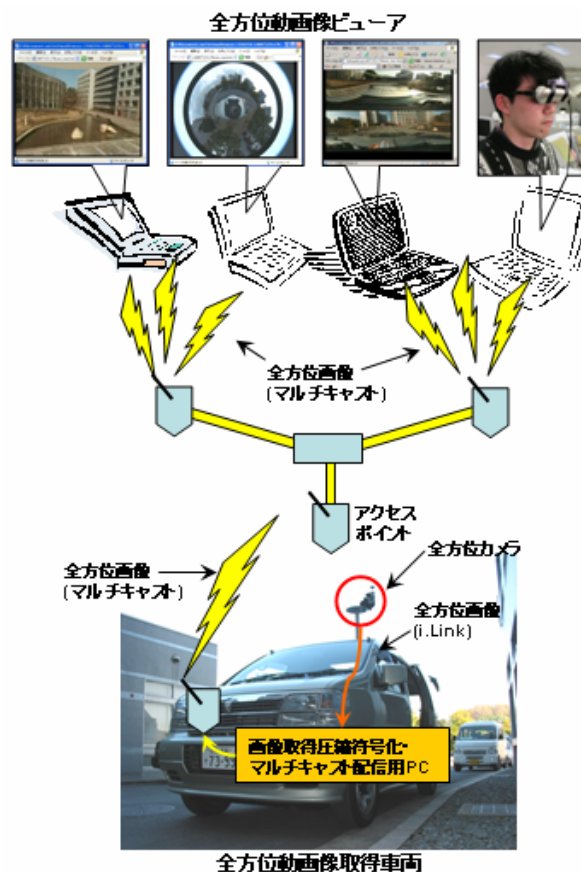


図1 移動体からのマルチキャスト送信による実時間テレプレゼンスシステムの構成

### 誌上発表リスト

- [1]池田聖, 佐藤智和, 横矢直和: “全方位マルチカメラシステムを用いた高解像度な全天球パノラマ動画の生成とテレプレゼンスへの応用”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.8, No.4, pp.443-450, 2003年12月.
- [2]森田真司, 山澤一誠, 寺沢征彦, 横矢直和: “全方位画像センサを用いたネットワーク対応型遠隔監視システム”, 電子情報通信学会論文誌(D-II), Vol.J88-D-II, No.5, pp.864-875, 2005年5月.
- [3]山澤一誠, 石川智也, 中村豊, 藤川和利, 横矢直和, 砂原秀樹: “Webブラウザと全方位動画をを用いたテレプレゼンスシステム”, 電子情報通信学会論文誌(D-II), Vol.J88-D-II, No.8, 2005年8月(採録決定).

他1編

### 報道発表リスト

- [1]“カメラ一台で全方位監視 — 奈良先端大がシステム”, 日本経済新聞, 2003年1月17日朝刊.
- [2]“全方位カメラを使い、移動物体を追跡表示可能な遠隔監視システムを開発”, O plus E NEWS, O plus E, Vol.25, No.3, pp.263-264, 2003年2月.
- [3]“スーパーサイエンスセミナー「360度パノラマ映像の世界を体験してみよう」”, ケーブルテレビ・キネット2ch, 2004年3月29日-31日.

他1発表

### ホームページによる情報提供

<http://yokoya.aist-nara.ac.jp/index-j.html>