

車載全方位カメラと無線ネットワークを用いた 実時間テレプレゼンス

山澤一誠, 石川智也, 佐藤智和, 中村豊, 藤川和利, 砂原秀樹, 横矢直和

本報告では遠隔地から車載の全方位カメラにより屋外環境を見るシステムについて報告する。我々は従来、全方位カメラとネットワークを用いた遠隔臨場感システムについて研究してきた。このシステムは固定カメラを用いて複数人がそれぞれ自由な方向を瞬時に見ることができるという特徴を持っている。本報告におけるシステムでは従来のシステムを応用し、全方位カメラを車に搭載して走行しながら無線ネットワークで画像を伝送することにより、遠隔地から屋外を見ることができるようになった。

Real-time telepresence using a wireless network and an omni-directional camera mounted on the car

K.Yamazawa, T.Ishikawa, T.Sato, Y.Nakamura, K.Fujikawa,
H.Sunahara, and N.Yokoya

This paper describes the system which enables the users to see outdoor scene at remote site by an omni-directional camera on a car. We had researched telepresence system using an omni-directional camera and the network. The system enables multiple users to see arbitrary direction using a fixed camera. This paper describes the improved system which enables the users to see outdoor scene by transmitting omni-directional video from the running car through the wireless network.

1. はじめに

現在、我々は総務省の「戦略的情報通信研究開発推進制度」において「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」を進めている。本報告ではこの研究プロジェクトの概要とこのプロジェ

クトにおいて現在実現できているシステムについて報告する。

2. プロジェクトの概要

ギガビットネットワークが現実のものとなり、将来的にはテラビットクラスのネットワークも視野に入るようになってきた次世代超高速ネットワークの実現に向けて、それを利用するための高度アプリケーション技術の確立が急務となっている。超高速ネットワークがもた

奈良先端科学技術大学院大学
情報科学研究科
Nara Institute of Science and Technology
Graduate School of Information Science

らす最も大きな影響の 1 つに通信と放送の融合があげられる。通信においては、伝送される情報は従来の文字・静止画から映像(動画像と音声)となり、放送においてはデジタル化に伴って、従来の一方方向の情報伝達から双方方向の情報伝達が期待されている。すなわち、通信と放送はいずれも双方方向の映像伝送が主流となり、技術的には 1 つの通信・放送分野を形成することになると考えられる。

このような背景のもとで、本プロジェクトでは、ギガビット級ネットワークを利用した多地点でのリアルタイム映像伝送と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ている。遠隔地の情景をインタラクティブに観察する試みは従来からテレプレゼンス(あるいはテレイグジスタンス)の研究として行なわれているが、基本的に、

(1) 回転台等に設置された制御可能な 1 台のカメラを用い、遠隔地の観察者から送られてくるカメラ制御情報(パン、チルト、ズーム等)に基づいてカメラを制御し、映像を観察者に伝送する。

(2) 観察方向の異なる複数のカメラを設置し、遠隔地の観察者から送られてくるカメラ切替え情報に基づいて利用するカメラを切替え、映像を観察者に伝送する

のいずれかの方式を採っていることが多い。通信分野では、近年、このような方式で実現されたインターネット・ライブ・ビデオが存在し、インターネットを介した遠隔モニタリング、イベント中継等に利用されている。

また、放送分野では、古くから、定点カメラを用いた同様の方式がテレビ放送等で利用されている。上記の 2 つの方式は、

(a) 映像送信・受信地点間の距離に依存した通信遅延とカメラの機械的な制御に

起因して、観察者の視線方向の指示から画像提示までに時間遅れが生じ、リアルタイムでの自然なインタラクティブ観察が困難である

(b) 1 台のカメラを同時に制御できるユーザは 1 人に限定され、複数人が同時に異なる方向を見るインタラクティブ観察は不可能である

という 2 つの根本的な問題を抱えている。

本プロジェクトでは、この 2 つの問題を同時に解決するために、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ギガビット級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画像を実時間で生成・提示することによる実時間遠隔テレプレゼンスの新方式を確立することを目的としている。このためには、以下の技術開発が必要である。

- ・全方位撮像系と全方位画像の実時間伝送・提示方式の開発
- ・送信側が移動体となる場合をも想定した全方位ビデオ映像のマルチキャスト機構の開発

本プロジェクトでは、方式の提案及びアルゴリズム開発と同時に、有線及び無線ネットワークを用いた多地点遠隔モニタリングの具体的な応用を想定したプロトタイプシステムの構築と実証実験を通して、提案方式の次世代ネットワーク・アプリケーションとしての有効性を実証しようとしている。

プロジェクトは現在進行中であり現在は車載全方位カメラと無線ネットワークを用いた実時間テレプレゼンスシステムまでが実現できている。次節ではこのシステムについて報告する。

3. 車載全方位カメラと無線ネットワークを用いたテレプレゼンスシステム

3.1. システムの概要

本システムの処理の流れを図1に示す。本システムは全方位カメラなどを搭載した車両、全方位画像を中継しマルチキャストで配信するサーバー、全方位画像を受信しパノラマ画像や透視投影画像により見回すシステム、またそれらをつなぐ無線・有線ネットワークから構成されている。各構成部について以下で説明する。

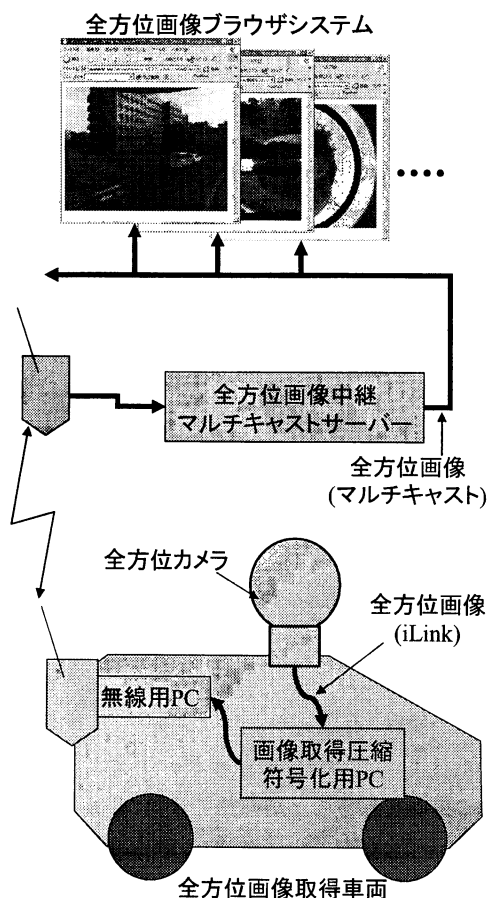


図1：処理の流れ

3.2. 全方位画像取得車両

全方位カメラを車両に搭載し走行しながら屋外のシーンを撮影する。撮影された全方位画像は無線および有線ネットワークにより中継サーバーに送られる。今回実装したシステム構成を表1に示す。全方位カメラは周囲360度をプログレッシブで撮影し、iLinkでPCに画像を送る。PCでは撮影した画像を640x480のWidows Media形式にエンコードする。エンコードされた画像は無線用PCを通じてIEEE802.11aネットワークによりTCPコネクションなどで中継サーバーに送られる。

表1：画像取得車両システム構成

全方位カメラ	SONY DCR-TRV900 + アコウル 双曲面ミラー (視野：水平より上30度)
画像取得圧縮 符号化用PC	Pentium4 2.53GHz Memory 1GB Windows XP
無線ネット ワーク	IEEE 802.11a (屋外使用免許あり)
車両	日産 ELGRAND (H9年登録) (図2, 3)



図2：全方位画像取得車両外観

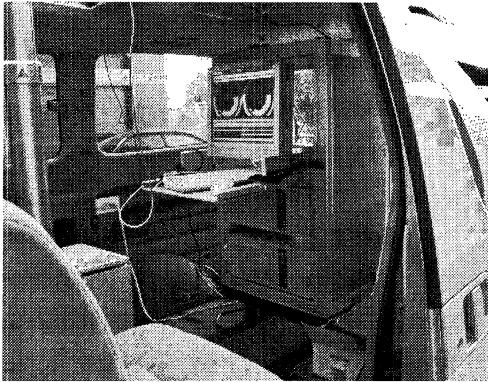


図3：全方位画像取得車両搭載システム

3.3.全方位画像中継マルチキャストサーバー

中継サーバーは画像取得車両から送られてきた全方位画像を受信しネットワークにマルチキャストで配信する。今回の実装ではマルチキャストサーバーに Windows server 2003 を利用した。中継サーバーは画像取得車両システムと TCP コネクションなどを確立し、全方位画像を取得する。その受信した全方位画像を rtsp などのプロトコルによりマルチキャストでネットワークに配信する。ユニキャストではなくマルチキャストで配信することにより受信するシステムが多数あったとしてもネットワークの負荷は増加しない。ネットワークがマルチキャストに対応していれば無数のブラウザシステムが全方位画像を受信することが出来る。

3.4.全方位画像ブラウザシステム

全方位画像ブラウザシステムは中継サーバーよりマルチキャストで配信された全方位画像を受信し、ユーザーが見たい方向の画像またはパノラマ画像を生成し画面に提示する。今回は Windows の Active-X を用いてブラウザシステムを実装した。ユーザーは Windows PC の Web ブラウザより中継サーバー上の指定されたページを開くことにより自動で Active-X

プログラムをダウンロード・実行する。ダウンロード・実行された Active-X は中継サーバーよりマルチキャストで送られてきた全方位画像を受信し、我々の既存の技術[1]により任意の方向の平面透視投影画像やパノラマ画像(円筒面)に全方位画像を変換し、提示する。

3.5.動作実験

実装したシステムを用いて動作実験を行った。全方位画像取得車両は奈良先端科学技術大学院大学の外周道路を走行した。全方位画像は学内の無線・有線ネットワークを通して横矢研究室のサブドメインネットワークにある中継サーバーに 1Mbps 送られ、そのサブドメイン内にマルチキャストで配信した。研究室内の 4 台の PC から車両で撮影した画像を見ようとしたところ、4 台ともそれぞれ任意の方向の画像を見回すことが出来た。PC 4 台それぞれの全方位画像ブラウザシステムの画面例を図 4, 5, 6, 7 に示す。このとき、中継サーバーのネットワーク負荷は送受信ともに 1Mbps であり、画像を受信するシステムの数が増えてもネットワークの負荷が増加しないことを確認した。

3.6.本テレプレゼンスシステムにおける

今後の課題

今回実装したシステムにより車載全方位カメラと無線・有線ネットワークを用い、マルチキャストにより複数のユーザーがそれぞれ任意の方向を見ることが確認できた。今後は中継サーバーも車両の中に搭載し、画像取得車両から無線ネットワークを通して直接学内にマルチキャストで画像を配信する実験を行う。また、車両に GPS や自律航法機能をもつカーナビゲーションシステムを搭載し、取得した画像とそれらのデータを同期することにより、画像がど

の位置で撮影されたものか分かるようにすることも検討中である。

4. プロジェクトのまとめと今後の課題

今回実装したシステムでは車載の全方位 NTSC カメラと無線・有線ネットワークを利用した。全方位 NTSC カメラは周囲 360 度をひとつの NTSC カメラで撮影するために解像度が低いという欠点がある。そのため、このシステムと平行して全方位 HD カメラとギガビット級ネットワークを利用してマルチキャストで全方位画像を配信するシステムについても開発中である。今後はこの 2 つのシステム

- 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モニタリングシステム
- 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モニタリングシステム

を完成させ、実システムを用いて有線及び無線ネットワーク上での全方位映像配信のフレームレート、実効的にマルチキャスト可能な受信サイト数、画像生成・提示のフレームレート及び時間遅延、提示画像の主観的画質などの評価を行なう。

参考文献

1. Y. Onoe, K. Yamazawa, H. Takemura, and N. Yokoya: "Telepresence by real-time view-dependent image generation from omnidirectional video streams," Computer Vision and Image Understanding, Vol.71, No.2, pp.399-406, 1998.



平面透視投影表示



パノラマ(円筒画像)表示



全方位画像(入力画像)表示

図 4：全方位ブラウザシステムの画面例

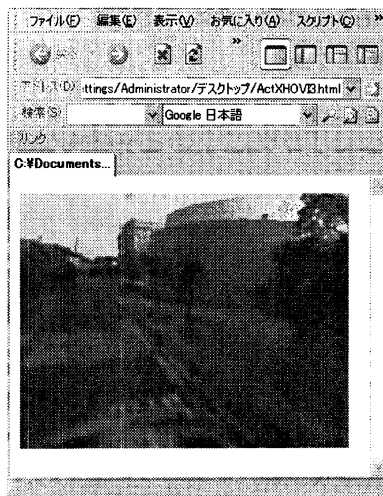


図 5：全方位ブラウザシステムの画面例（ユーザー 2）



図 6：全方位ブラウザシステムの画面例（ユーザー 3）



図 7：全方位ブラウザシステムの画面例（ユーザー 4）