

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 27 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330225

研究課題名(和文) 装着型全周囲カメラと携帯端末を利用した仮想共同外出インタラクションシステムの開発

研究課題名(英文) An interaction system that enables outing together virtually utilizing a wearable 360-degree camera and devices

研究代表者

高橋 伸 (Takahashi, Shin)

筑波大学・システム情報系・准教授

研究者番号：00272691

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：室内の利用者が遠隔地の外出者と一緒に周囲を見回しながら会話をしているような体験(「仮想共同外出」)を実現するシステムの設計を複数回の試作を通して検討した。初期型試作では室内ユーザの実映像を光学透過型HMDに表示するように設計した。これにより互いのジェスチャを共有することはできたが、外出側ユーザの共同外出感は不十分であった。そこで、後期型では室内ユーザのアバタをビデオ透過型HMDを利用して表示することでインタラクションするシステムの実装を行った。

研究成果の概要(英文)：In this research, we have examined the design of remote communication system that enables outing together virtually. In this system, a pair of distant users can communicate with looking around together. We have developed several prototypes. The first one uses optical see-through HMD for the outdoor user to share the gesture of each other. However, they do not feel the same outing together feelings as the indoor user. Our second prototype uses video see-through HMD so that an avatar of the indoor user can be displayed on it.

研究分野：ユーザインタフェースソフトウェア

キーワード：遠隔コミュニケーション

1 . 研究開始当初の背景

モバイルネットワークの発展により、モバイル環境におけるビデオ通信が気軽に利用できるようになった。しかし、そのメリットは十分に生かされていない。その理由の一つは、一般的にビデオ通信機能を提供するのは「テレビ電話」であり、そのインタフェースが「対面型」、つまり、相手の顔を見ながら会話するためのものだからである。例えば、屋外で散歩しながら、遠隔地の人と、ビデオ通信で周囲の風景を一緒に見たり、対象を指さしたりして、それを話題にして会話をするといったことは現在の「テレビ電話」では難しい。代表者らの先行研究において、そのような状況を設定した実験を行ったところ、既存のテレビ電話では一緒に外出しているようにコミュニケーションを取ることは難しいことが明らかであった。実際には、テレビ電話は音声電話とはほぼ変わらない役目しか果たしていなかった。

この実験結果を踏まえ、我々は室内にいる利用者が、遠隔地の外出者とあたかも一緒に外出しているようにコミュニケーションが取れるインタフェース（仮想共同外出インタフェース）の設計および実装を行ってきた。これまでの研究において、実際に外出した二人がどのようにコミュニケーションを取るかを分析した結果によると、常に対面しているわけではなく、むしろ同じ方向を向いて歩いているのが基本である。その上で、お互いに呼び掛けや指差しなどによって相手の注目を引き、対象について会話をしたりする。そこで、我々の試作システムでは、お互いが自由に周囲を見回すことができ、その上で上記インタラクションが行えるように設計した。つまり、それぞれが（外出者側の）周囲を自由に見られる、互いにどこを見ているかが分かることで一緒に注目できる、指差しによる方向の指示を伝達できる、という機能を実現している。

本システムは、外出者側装置と室内利用者側装置とからなる。外出者側の装置は、パンチルト可能なカメラを搭載し、そのカメラ映像を室内側装置へ送る。カメラの方向は室内利用者の頭部方向に応じて回転するので、室内利用者は頭の向きを変えるだけで、外出者周囲の映像が見られる。これまでの外出者側装置の試作では、これらは、市販のウェブカメラやサーボモータ、またゲーム用リモコンのセンサ等を利用して作成したため、大きくて実用的ではなかった。

2 . 研究の目的

本研究の目的は、室内の利用者が遠隔地の外出者と一緒に周囲を見回しながら会話をしているような体験（「仮想共同外出」）を実現することである。これまでの研究での試作や実験の結果を踏まえて、仮想共同外出を実

現する外出者側装置を小型高性能化し、実運用可能な設計・実装を行なう。また、拡張として複数での仮想共同外出インタラクション手法を開発する。本研究の特色は、従来の対面型ではない「共在型」のコミュニケーションをモバイル環境における必要最低限の仕組みで実現しようとしていることである。仮想共同外出は、モバイル高速通信の新たな応用であり、実用的な価値も高い。

3 . 研究の方法

本研究で実現するシステムは、基本的には、外出者側システムと室内側システムとをネットワーク接続したものである。このシステムによって、室内側利用者が外出者の周囲を自由に見ることができ、両方で音声会話ができる、互いにどの方向を見ているか分かり、注目方向を伝えることができる、という基本的な機能を実現する。これまでの研究で試作をしているが、外出側システムと室内側システムを、それぞれ以下のように設計検討を行なう。

外出者側システム：本研究では、小型カメラを複数台外出者の周囲に向けて複数設置し、それらの映像を合成することで全周の映像を取得する。そしてこの全周映像の一部を室内利用者が見るようにして、仮想パンチルトを実現する。外出者側システムでは外出者の首回りにカメラを複数搭載している。また、携帯端末を利用して室内側利用者の情報を得ている。このように首回りにカメラを配置すると外出者と同様の視点で周囲を見回すことができる。また、外出者の指差し等の身振り手振りをカメラで捉えることが可能になると期待できる。また、Google Glass等の常時装着を想定したHMDの普及も今後期待されるが、外出者側でのHMD利用も検討課題である。特に室内側に複数人がいる場合には、それぞれの注視方向を示すなどのために有効であると考えられるため、その利用を検討する。

室内側システム：室内側システムは、ヘッドマウントディスプレイ（HMD）による没入空間に、外出者側から送られてきた映像を投影するのが基本である。本研究では、全周囲カメラを構成するので、外出者の全周囲映像を得ることができる。この映像をどのように室内利用者に見せるか、検討する。例えば、室内利用者の頭部方向に応じたパンチルトを擬似的に再現する方法であれば、表示装置の視野角は狭くても大丈夫であるが、全体を見回す際の遅延などの影響がある。あるいは、より広い視野範囲の映像（理想的には全周映像）を表示すれば、全体を見回すのは容易になるが、HMDで実現するのは難しく、装置としてはプロジェクタで比較的大規模になってしまう。視野角や遅延などの影響を検討して、それぞれの方式の検討を行なう。

4. 研究成果

本研究のシステムは大きく分けて外出側システムと室内側システムとの2つになるが、それぞれについて設計検討を行い、試作を行った。

まず、外出側システムでは、180度撮影できる広角カメラ2台を外出者の肩に設置し、それらの映像を合成することで全周の映像を取得するようにした。そしてこの全周映像の一部を室内利用者が見られるようにして、仮想的なパンチルト操作を実現した。このように設置することで、周囲の状況を得ることができるだけでなく、外出者の横顔やジェスチャも合わせて取得することができるようになった。また、外出者にもシースルータイプのヘッドマウントディスプレイ(HMD)を装着させて室内利用者の顔映像などの情報を提示するようにした。

一方、室内側システムでは、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)による没入空間に、外出側から送られてきた映像を投影している。また、外出者もHMDを装着するようにしたので、室内利用者の映像を撮影するためのカメラを設置した。これにより、室内利用者の身振り手振りを外出者側に送ることができるようになった。

また、このシステムの利用実験を行い、外出側/室内側双方の利用者が共同外出感を感じるかどうかを調査した。その結果、広角カメラによる仮想パンチルトのおかげで従来の物理的なパンチルトよりもなめらかに向きを変えることができ、周囲を見回す機能は好評価であった。また、室内側のジェスチャが伝達できることは、共同作業に有益である評価が得られたが、室内側の利用者がHMDをつけているため顔の表情がわかりにくく、改善が必要であることがわかった。

さらに、ハードウェアデバイスとしては、外出側の装置の小型化、簡素化を検討した。これまでノート型PCにUSBカメラを接続するという形でプロトタイプシステムを実装していた。これは、我々が目指すインタラクション形態の設計を試すための装置としては適当であり、実際に外出実験を行うことができた。しかし、より実用的に望ましい小型化を図るため、バッテリー駆動が可能な小型コンピュータ(Raspberry Pi)による試作を行った。その結果、これらにカメラを繋いで映像の送信を行うことは可能であったが、複数カメラの映像処理やさらに映像の加工を行うとなるとやや非力であった。しかし、その後発売されたRaspberry Pi2及びリコー社のデジタルカメラTheta Sを用いることで周囲360度の映像をバッテリー駆動で送信することが可能であることが分かったため、これを元にシステムを再実装した。

一方、室内側の装置の改良としては、自動回転雲台にプロジェクタを載せる形で、利用者

が向いた方向に、投影する装置の試作を行った。利用者の頭部位置と回転角度はモーションキャプチャ装置(OptiTrack)によって取得した。また、その情報に応じてプロジェクタを十分な速度で回転させることができた。今後外出側システムと連携させHMDによる実装システムと比較する予定である。

最終年度であるH27年度には、CGによるアバタを用いる手法を検討し、実装した。これは、外出側のユーザにとって室内側ユーザの情報が少なく疎外感を感じるということに対処して室内側ユーザのアバタを表示するというものである。アバタは、自然に相手がどこを見ているかを示すことができ、また外出側ユーザの疎外感を軽減することができると考えて導入した。また、当初の目的である

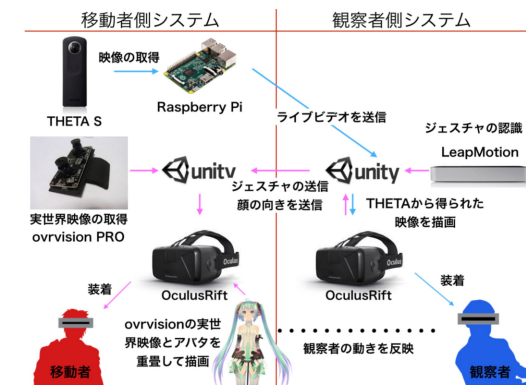


図 1:最終年度の実装の構成



図 2: デバイスを装着した外出者

複数ユーザ対応にも自然に拡張できると思われるが、今後実装していく予定である。最終年度に実装したシステムの構成は図1の通りである。今回はアバタを表示するために外出側でもビデオ透過型HMDをOculusRiftおよびOvrvision PROを利用して実装した。外出側(移動者側)の映像はTHETA SをRaspberryPi2に接続して室内側(観察者側)に送る。外出側では室内側ユーザの動きが送られてくるのでそれが反映したアバタを外出側ユーザのビデオ透過型HMDに表示する。図2は、外出者がデバイスを装着した様子の写真である。一方、室内側ユーザの動きは頭部の動きをやはりOculusRiftのセンサーで取得し、手の動きはジェスチャ入力デバイスであるLeapMotionで取得する。これによ

り，室内側ユーザの動きをアバタの動きとして外出側ユーザに提示することができ，また実際に確認することができた．予備的な実験として，アバタの位置や大きさをどう設定するのが良いかを調べたところ，外出側ユーザのカメラ装着位置の近くに等身大程度の大きさのアバタを配置することが良いことがわかった．今後アバタの動作等の設計の検討をより進めていきたい．なお，本実装に関する成果は学会発表 において発表され，発表者の高木は学生奨励賞を受賞した．

5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

Ching Tzun Chang, Shin Takahashi and Jiro Tanaka, A Remote Communication System to Provide "Out Together Feeling", Journal of Information Processing, 査読有, Vol.22, No.1, 2014, pp.76-87, <http://doi.org/10.2197/ipsjjip.22.76>

〔学会発表〕(計2件)

高木友稀，張慶椿，高橋伸，田中二郎，TogetherWithAvatar: アバタを利用した外出感の共有手法，情報処理学会第78回大会，2016年3月11日，慶應義塾大学矢上キャンパス（神奈川県横浜市）

Ching Tzun Chang, Shin Takahashi and Jiro Tanaka, Provide "Out Together Feeling" by Sharing Panorama Live Image Between Outdoor and Indoor Users, 22nd International Symposium on Human Factors in Telecommunication (HFT 2013), Dec.4 ,2013, Berlin(Germany), 査読有, pp.12-19

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.iplab.cs.tsukuba.ac.jp/team-ubiq/project/withyou/>

6．研究組織

(1)研究代表者

高橋 伸 (TAKAHASHI, Shin)

筑波大学・システム情報系・准教授

研究者番号：00272691