

シームレスな複数のPC端末利用のためのスマートフォンを用いたインタフェースの開発

岩田 知^{1,a)} 大園 忠親^{2,b)} 新谷 虎松^{2,c)}

概要：複数のPC端末が存在する環境において、ある一つのPC端末を複数人のユーザが操作する場合があります。その際、マウスキーボードのような一つの操作デバイスを複数人で共有する場合、窮屈な姿勢になったり、デバイスを共有することに抵抗を感じる場合があります。また、どのPC端末に対し複数人のユーザが操作を行うか事前に判断することは困難である。本システムは、スマートフォンを用いてPC端末を操作できる機能、また、仮想マウスカーソルを搭載することで、ユーザが複数人いる場合でも一つのPC端末に対し円滑な操作が可能となる。また、複数のPC端末と通信を行うことにより、複数のPC端末での利用が可能である。

Developing an Interface with a Smart Phone for Seamless Operation of Multiple PCs

SATORU IWATA^{1,a)} TADACHIKA OZONO^{2,b)} TORAMATSU SHINTANI^{2,c)}

Abstract: Using a PC in multiple PCs causes the following three problems. The first is complicated operations for PCs. The second is enclosed operating user by other users. The third is unidentified PC operated by users. We focused a smart phone to solve these problems. We propose to use a smart phone for operating a PC. We developed an interface with a smart phone for seamless operating of multiple PCs. The interface helps users to operate Single PC in multiple PCs with virtual mouse cursor.

1. はじめに

PC 端末とそのユーザが 1 対 1 にならない場合がある。例えば、一人のユーザが一つの PC 端末で情報を参照しながら、もう一つの PC 端末でコーディングや論文執筆を行う場合がある。また、一つの PC 端末のディスプレイを複数人のユーザが共有する場合、PC 端末を操作するユーザに対し、別のユーザが、見てほしいポイントを指し示したり、交互にマウスやキーボードを操作したりするなど、一

つの PC 端末に複数人のユーザが逐次的に操作を行う場合がある。これらの場合、複数台の PC 端末間でファイルを共有する際は、USB メモリを使ったり、チャットツールやメールなどの通信を用いることが多いが、煩雑である。

また、見てほしいポイントを指し示す、一つのマウスやキーボードを複数人のユーザが使用するなどの場合は、場所についての課題と操作デバイスについての課題がある。場所についての課題は、ユーザが複数人いることで、PC 端末周りで作業を行えるスペースが不足してしまい、PC 端末のディスプレイを十分に閲覧できないユーザが出てしまったり、PC 端末を操作する際に、他のユーザを避けなければならない、窮屈な姿勢になってしまったりする。操作デバイスについての課題は、ユーザ間で操作の委託を行う場合、同じデバイスを複数人で使うことに抵抗を感じてしまったり、他のユーザが妨げとなり、操作デバイスの受け渡しが円滑に進まなかったりする。

¹ 名古屋工業大学情報工学科
Department of Computer Science, Nagoya Institute of Technology

² 名古屋工業大学大学院情報工学専攻
Department of Computer Science, Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology

a) iwasato@toralab.org

b) ozono@toralab.org

c) tora@toralab.org

本研究では、複数人のユーザが一つの PC 端末を操作する場合に焦点を当てた。先に挙げた課題は、マウスやキーボードなどの操作デバイスが一つしかない事が原因である。本研究では、スマートフォンを用いて PC 端末を操作できるインタフェースを開発する事により、課題の解決を図った。本インタフェースにより、マウスを用いなくても、一つの PC 端末に対し、円滑なポインティングやクリックなどの操作を行うことができる。また、PC 端末が複数ある場合では、複数人のユーザが、どの PC 端末に対し操作を行うのか、事前に特定するのは困難である。本インタフェースでは、複数の PC 端末に対し、操作対象となる PC 端末を自由に切り替えることができる。これらにより、複数人のユーザによる一つの PC 端末の操作を支援することができる。また、複数の PC 端末が存在する環境でも、容易に操作対象となる PC 端末を切り替えることができる。

本システムを利用するには、スマートフォンと PC 端末で本研究により開発したアプリケーションを起動する必要がある。本研究ではスマートフォン側で起動するアプリケーションをホスト側アプリケーション、PC 端末で起動するアプリケーションをクライアント側アプリケーションと呼ぶ。また、本論文の 2 章以降の構成を以下に示す。第 2 章では、関連研究について述べる。第 3 章では、本システムについて述べる。第 4 章では、現状の課題と今後の展望について述べる。最後に第 5 章で本論文についてまとめる。

2. 関連研究

本研究目的は、PC 端末のユーザが複数いる場合における、クリックなどの PC 端末の操作を支援することである。また、複数の PC 端末に対し、操作対象となる PC 端末を自由に切り替えることができる。本研究では、まず複数の計算機が存在する環境において、どのような課題が存在し、どのように解決を図っているのかについて、文献を調査した。池松ら [1]、米澤ら [2]、および Miguel ら [3] は、複数の計算機が存在する環境において、情報の共有や転送を行うために煩雑な操作が必要になってしまうことを課題としてあげている。池松らはタッチパネルを利用し、ドラッグ & ドロップをモデルとした情報をつまむような動作で端末間を移動させるインタフェースを開発した。米澤らは、スマートフォンやタブレット端末間で情報送信を行うインタラクションを開発した。これは情報を送信する操作方法に加速度センサと振動モータを利用している。また、米田ら [4] は、家庭内にさまざまな家電機器が存在することで、各機器を操作するリモコンの使い分けが複雑になってしまうことを問題視している。家電機器を PC 端末、リモコンをマウスやキーボードと捉えると、複数の PC 端末が存在する環境でも同じ問題が発生すると考えられる。彼はすべての家電機器を単一の操作デバイスで操作することが

できるシステムを開発することによって、この課題の解決を図った。また、その単一の操作デバイスとしてスマートフォンを用いている。スマートフォンのタッチパネルに対し、Swipe や Tap などのタッチ操作をすることで、機器の操作を行う。また、複数の PC 端末間でマウスキーボードを共有出来る Mac アプリケーションの teleport^{*1} がある。これは単一のマウスキーボードで二つの PC 端末を操作できるようにするものである。

米田ら、および teleport では、複数の計算機を一つのデバイスで操作することによって、操作デバイスが複数存在することで発生する煩雑性の解決を図っている。また、池松ら、米澤ら、および Miguel らは端末間の情報共有について、スマートフォンを用いて解決を図った。スマートフォンは、Wi-Fi や Bluetooth などの無線通信が可能な携帯端末である。また、タッチパネルも搭載されており、直感的な操作が行える。PC 端末のユーザが複数いる場合に、円滑な操作が困難になる原因は、マウスやキーボードなどの操作デバイスが一つしかない事が原因であると考えられる。そこで、スマートフォンを操作デバイスとして用いることで、ユーザが複数いる場合であっても、PC 端末に対し円滑な操作を行うことができると考えた。また、スマートフォンは持ち運びが容易なので、複数の PC 端末が存在する場合でも、ユーザは自由に移動でき、目的の PC 端末に対し操作を行うことができる。スマートフォンを用いてポインティングやクリックの操作を行う際の座標を決定するために、本システムは仮想マウスカーソルをディスプレイ上に表示させる。

次に、本研究では携帯端末を計算機の操作デバイスとして用いているシステムに関する文献についての調査を行った。Dominikus ら [5]、Vinayak ら [6] はシステムを使用する際の操作デバイスとしてスマートフォンを用いている。スマートフォンに搭載されたジャイロセンサーとタッチパネルによって、スマートフォンの傾きを検知し、システムを操作するインタフェースになっている。

ジャイロセンサーは少しづつ傾ければ座標の調節が可能であり、しかも操作時にスマートフォンの中心を軸に傾けるだけであるので大きなスペースを取ることもない。よって、本研究では仮想マウスカーソルの操作には加速度センサーではなくジャイロセンサーを用いることにした。また、MouseDown や MouseUp のマウスイベントの発火にはタッチパッドを用いることにした。Karlson ら [7] の調査によると、多くのユーザはスマートフォンについて、日常的に片手での操作を行いたいと回答したとされている。このことから、本システムは片手での操作が可能なインタフェースの開発を行った。

本研究目的を達成するためのシステム要件を最後にまと

*1 <http://www.abyssoft.com/software/teleport/>

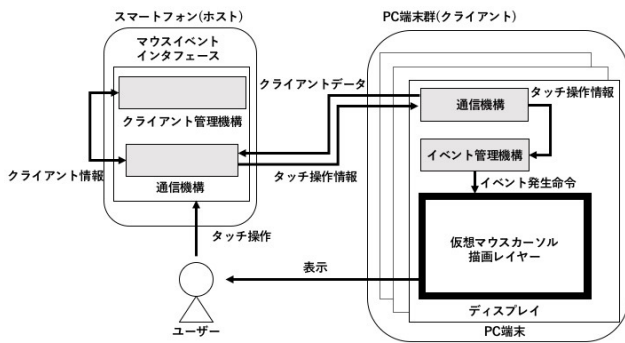


図 1 システム構成
Fig. 1 Configuration .

める．要件は，(1) 仮想マウスカーソルの表示，(2) 仮想マウスカーソルは複数の PC 端末のディスプレイ上を自由に移動できる，(3) スマートフォンにより仮想マウスカーソルの操作が行える機能である．(1) は，ポインティングやクリックをする座標を決定するために必要な機能である．(2) は，複数の PC 端末がある環境でも本システムを利用できるようにするために必要な機能である．(3) は，一つの PC 端末を，複数人のユーザが円滑に操作する際に必要な機能である．

3. システム

本節では本研究で開発したシステムについて説明する．図 1 に示すのは本システム構成図である．ホスト側アプリケーションには，クライアントと通信を行うための通信機構と，クライアントのマッピングなどを管理するクライアント管理機構が存在する．また，クライアント側アプリケーションには，ホストと通信を行うための通信機構と，その通信機構に送られたタッチ操作情報を処理するイベント管理機構，そして処理されたイベントを PC 端末に対し反映する仮想マウスカーソル管理レイヤーが存在する．まずホスト側アプリケーションとクライアント側アプリケーションを起動する．ホスト側とクライアント側の通信機構が通信を開始すると，クライアントについての情報がホスト側アプリケーションのクライアント管理機構に追加される．ユーザはタッチパネルに対しタッチ操作をすると，クライアント機構より現在通信中のクライアントの情報を取得し，そのクライアントに対しタッチ操作情報を送信する．クライアント側では，通信機構でタッチ操作情報を受け取り，その情報からマウスイベントへ変換を行い，その後そのマウスイベントを発生させる命令を仮想マウスカーソル管理レイヤーに対し送信する．クライアント管理機構ではクライアントのマッピングデータも管理している．MouseMove や MouseDrag のイベントが発生した後，もし仮想マウスカーソルが画面外へ出ていた場合，クライアントは出た方向のデータをホストに対し送信する．ホスト側

では，その出た方向のデータをクライアント管理機構へ送り，マッピングデータに従い，移動先のクライアントを取得する．現在仮想マウスカーソルが存在するクライアントを上書きし，引き続きタッチ操作情報を送信する．

本システムは，マウスイベントを発生させることによって，無線通信により接続された複数の PC 端末の中の一つを操作できる．本研究におけるマウスイベントには，MouseDown や MouseUp などの単純なものから，ウィンドウの最小化ボタンにマウスカーソルを合わせクリックなど，複数のマウスイベントを組み合わせたものについても，複合的なものではあるがマウスイベントとして扱っている．また，マウスイベントを発生させるには，操作デバイスであるスマートフォンに対しタッチ操作を行う必要がある．スマートフォンはタッチパネルやジャイロセンサーなどの入力装置が搭載された高性能計算機である．また，タッチ操作はマウス操作に比べ直感的な表現が可能である．直感的な操作は操作方法の簡略化につながり，作業の効率化につながると考えた．また，普及率の高いスマートフォンを操作デバイスに用いることにより，特別な機器を用意する必要がなく，導入が容易になると考えた．

本システムでは，スマートフォンをホスト，PC 端末をクライアントとした Peer-to-Peer による無線通信を行うことで，スマートフォンでの操作を PC 端末に伝えている．サーバ・クライアント方式と違い，サーバを建てる必要がないため，容易な導入が可能である．また，スマートフォンに標準的に搭載されている無線規格として，Wi-Fi と Bluetooth があるが，本システムでは Bluetooth を用いている．

3.1 通信手法

Wi-Fi は本来であれば百メートル以上の通信距離を持つが，遮蔽物に弱く環境によっては数十メートルとなってしまう場合もある．通信速度は Bluetooth に比べ速く，規模の大きいネットワークの構築に向いている．一方，Bluetooth は近距離無線通信を想定して作られた無線規格である．Wi-Fi と違い遮蔽物があっても通信が可能である，消費電力が小さいなどのメリットがある．本研究で想定する計算機間の距離は 10m 以内としており，Wi-Fi，Bluetooth のどちらも通信距離としては十分である．本システムは，コーディングや論文執筆など長時間にわたって行われる作業を支援することを想定しているため，Bluetooth のメリットである低消費電力は本システムに適している．また，Wi-Fi 通信を用いる場合は，同じ Wi-Fi に接続している必要があるが，Bluetooth はその必要がない．よって汎用性についても考慮し本システムの通信手法には Bluetooth を用いている．

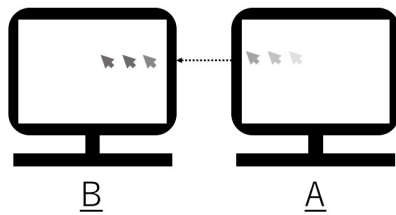


図 2 マウスカーソルの画面遷移

Fig. 2 Display Transition of Mouse Cursor .

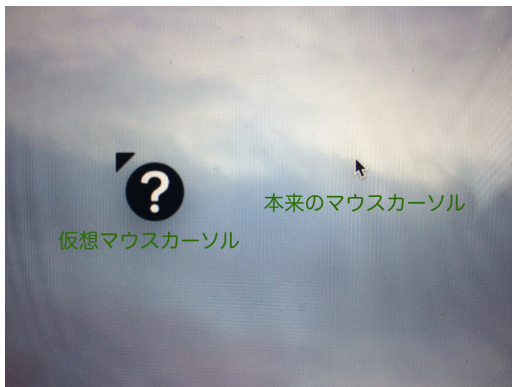


図 3 仮想マウスカーソル

Fig. 3 Virtual Mouse Cursor .

3.2 マウスカーソルの画面遷移

本システムは仮想マウスカーソルについて、複数の PC 端末上を自由に移動できる。まるで画面結合されたマルチディスプレイのように、マウスカーソルを画面外へ出すような操作をするだけで、操作する PC 端末の切り替えが行える。また、ファイルをドラッグしたまま画面外へマウスカーソルを出せば、そのまま別端末上にファイルをコピーできる。Web ブラウザについても、ウィンドウをドラッグしながらディスプレイ外へ出すことで、移動先の PC 端末へ Web ブラウザを移動させることができる。例えば 2 のように、2 つのクライアント端末 A, B があった場合、A から B へ操作端末を切り替えたい場合は、端末 A のディスプレイの左側からそこにカーソルを出すだけでよい。また、端末 B はディスプレイの右端から出るようになっている。PC 端末のディスプレイのマッピングはスマートフォン、つまりホストで管理しており、変更可能である。PC 端末の実際のディスプレイ配置と、マッピングを合わせることで、ディスプレイから出る方向と入る方向を一致させることができる。

3.3 仮想マウスカーソル

本システムでは図 3 のように仮想マウスカーソルを表示させ、これを操作する。ユーザは PC 端末について、マウスイベントを発生させることによって、操作を行う。その際の座標は、画面上の仮想マウスカーソルが位置する座標となる。仮想マウスカーソルの座標は、スマートフォンの

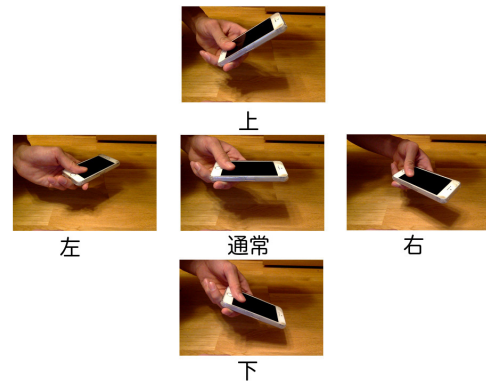


図 4 MouseMove・Drag イベント操作

Fig. 4 Operation of MouseMove and MouseDrag Event .

傾きを、スマートフォンに搭載されたジャイロセンサーによって検知することで、変更できる。

3.4 マウスイベント

MouseMove, MouseDrag などのマウスカーソルの移動に関するイベントは、スマートフォンを傾けて発生させることができる。図 4 のように、持って操作する。通常状態で仮想マウスカーソルの静止、その状態で右方向を向ければ右へ仮想マウスカーソルが移動し、左に傾ければ左に移動する。上下についても同じである。本システムはマルチディスプレイのような画面遷移を用いているが、要は大きなディスプレイを 1 つの仮想マウスカーソルが移動すると考えることができる。この場合、例えばマウスでマウスカーソルを移動させようとした場合、マウスは動かした距離でマウスカーソルを動かす距離を決めているため、何度もマウスを動かすか、大きな距離を動かさなければいけない。だが、何度も動かすことはユーザの負担となってしまう。また、大きな距離を動かすことは、物理的な作用スペースを確保しなければいけない。感度を変更すればマウスでも短い距離で大きな距離を動かすことは可能だが、PC 端末の切り替えを行うたびに感度を変更するのは手間である。本システムの、スマートフォンを傾けてのマウスカーソル移動は、傾けている間はその方向へ移動を続けるため、繰り返し操作を行う必要がない。また、マウスやトラックパッドなどと違い、3 次元空間上での操作が可能であるため、作業スペース上にノートパソコンや参考資料などが置いてあっても影響を受けない。通常は MouseMove が発生し、仮想マウスカーソルが移動するだけであるが、メインパネルをタッチした状態でスマートフォンを傾ければ、MouseDrag が発生する。

次に、MouseDown, MouseUp の単一的マウスイベントについて説明する。これらのイベントは、スマートフォンに搭載されたタッチパネルを操作することで発生させることができる。スマートフォン上の操作画面には、図 5 のように中央に大きな白い矩形が存在する。これが単一的マウ

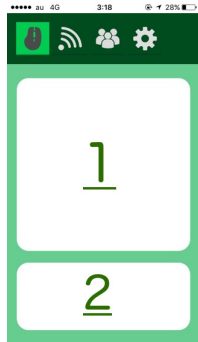


図 5 単一的・複合的マウスイベント操作

Fig. 5 Operation of Single and Multiple MouseEvents .

スイベントを発生させるためのもので、本研究ではメインタッチパネルと呼んでいる。メインタッチパネルは TouchStart, TouchEnd, TouchCancel の 3 つのタッチイベントを検知する。メインタッチパネルがそれらのイベントを検知すると、それぞれ対応するマウスイベントに変換され、操作端末上の仮想マウスカーソルが位置する座標で発生する。タッチイベントと、マウスイベントの対応については、TouchStart で MouseDown が、TouchEnd と TouchCancel で MouseUp のイベントが発生する。また、MouseDown と MouseUp には、それぞれ LeftMouseDown, RightMouseDown と RightMouseDown, RightMouseUp が存在するが、これらの区別は、タッチ時の指の本数で行っている。1 本指だと Left, 2 本指だと Right となっている。

最後に、複合的マウスイベントについて説明する。本研究における複合的マウスイベントは、単一敵マウスイベント、MouseMove, および MouseDrag を組み合わせた操作を指している。スマートフォン上の操作画面には、メインタッチパネル下にもう一つ白い矩形が存在する。複合的マウスイベントはこの白い矩形に対しタッチ操作を行った場合に、PC 端末上で発生する。本研究ではこの白い矩形をサブタッチパネルと呼んでいる。このサブタッチパネルは PinchIn, PinchOut, Flick, Tap, LongTap の操作を検知する。PinchIn, PinchOut はそれぞれ PC 端末上のウィンドウコンテンツを拡大、縮小する。Flick は、PC 端末上の Web ブラウザのタブを切り替える。ただし、これらはどれも PC 端末上でアクティブとなっているウィンドウに対し行われるため、ウィンドウをアクティブにする操作はユーザがしなければいけない。また、ウィンドウを開いているアプリケーションがコンテンツの拡大、縮小、およびタブ切り替えの操作をサポートしていなかった場合は、本システムでも操作を行うことはできない。Web ブラウザのタブ切り替えについて、本システムがサポートする Web ブラウザは、Google Chrome および Safari となっている。LongTap はクリップボードに選択中のテキストをコピーできる。Tap は PC 端末上で複合的マウスイベントを発生させるものではないが、Tap 時のスマートフォンの傾きを、

通常状態の傾きに設定することができる。

4. 課題

本システムの課題として、仮想マウスカーソルとマウスカーソルが競合してしまう点、マウス操作とは操作方法が異なる点が挙げられる。例えば仮想マウスカーソルでドラッグ中に本来のマウスカーソルを動かすと、ドラッグ範囲についておかしな挙動を起こす。また、アクティブウィンドウを切り替える程度ならウィンドウ内のどこか一部に仮想マウスカーソルの座標を合わせるだけでいいが、例えばウィンドウを動かす場合などは、ウィンドウ上部にカーソルを合わせなければいけない。本システムを用いて座標を合わせるには、マウスを用いて合わせる場合とは異なる技術が必要である。よって操作方法を使い分けなければならず、ユーザによっては思い通りの操作ができるようになるまで慣れるのに時間がかかってしまう場合がある。これを解決するためには、自動で座標を合わせてくれる機能が必要である。この機能を実装するには、本システムに用いていない Swipe などの新たなタッチ操作を登録したり、ある範囲内にカーソルが入ったら自動で合わせてくれるなどユーザが求める操作を予測する機構が必要となる。

5. おわりに

本稿では、複数人のユーザが、一つの PC 端末に対し操作を行うためのシステムを説明した。本システムは、スマートフォンによって PC 端末を操作することができる機構を搭載することにより、ユーザが複数存在する場合でも円滑な PC 端末の操作が可能となった。また、一つのスマートフォンに対し複数の PC 端末との通信を行うことによって、複数の PC 端末が存在する環境においても容易に操作対象である PC 端末の切り替えを行える。PC 端末はマウスイベントの発火により行い、発火させる座標を決定するために仮想マウスカーソルを表示させている。また、仮想マウスカーソルの位置の操作には、スマートフォンのジャイロセンサーを用いている。

参考文献

- [1] 池松香, 椎尾一郎. 記憶の石: マルチタッチを利用したデバイス間情報移動. 情報処理学会論文誌, Vol.55, No.4, pp.1344-1352, 2014.
- [2] 米澤拓郎, 中澤仁, 永田智大, 徳田英幸. Vinteraction: スマート端末のための振動を利用した情報送信インタラクション. 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.4, pp.1498-1506, 2013.
- [3] Miguel Nacenta, Carl Gutwin, Dzimitri Aliakseyeu, Sri-ram Subramanian. "Object Movement in Multi-Display Environments", In Proceedings of Human-Computer Interaction, Vol.24, No.1, pp.170-229, 2009.
- [4] 米田純, 荒川豊, 玉井森彦, 安本慶一. 高精度屋内位置情報を利用した直感的な家電操作手法の提案. 情報処理学会論文誌, Vol.5, No.1, pp.30-37, 2015.

- [5] Dominikus Baur ,Sebastian Boring ,Steven Feiner . Virtual Projection: Exploring Optical Projection as a Metaphor for Multi-Device Interaction , In Proceedings of ACM , 2012 .
- [6] Vinayak ,Devarajan Ramanujan ,Cecil Piya ,Karthik Ramani . MobiSweep: Exploring Spatial Design Ideation Using a Smartphone as a Hand-held Reference Plane .
- [7] Amy K. Karlson , Benjamin B. Bederson . Understanding single-handed mobile device interaction . Technical report , 2006 .