

FlashTouch: タッチスクリーンを用いた双方向通信

尾形 正泰^{†1,2} 山本 裕貴^{†1} 今井 倫太^{†1}

概要: FlashTouch[3]はタッチスクリーンを搭載したモバイル端末と双方向通信を実現する通信方式および技術である。タッチスクリーンは光を放出する液晶パネルと、静電容量によって指の接触を認識するデジタイザーで構成されているため、この2つをインプット・アウトプットとして用いる。スタイラス型の FlashTouch 端末により、投影型静電容量タッチスクリーンを有するすべてのデバイスで使用する事ができ、ユーザ間のデータの受け渡しやデバイス間のシームレスなデータの移動といった、実世界でのデバイスに即した情報共有が可能になる。そのため、無線通信やユーザアカウントを用いたデータの移動といった知識がなくても使用できるインタフェースを実現できる。最後に、ユーザ間のデータ共有や、スマートフォンを経由した決済のアプリケーション例を示す。

FlashTouch: Data Communication through Touchscreens

MASA OGATA^{†1} YUKI YAMAMOTO^{†2} MICHITA IMAI^{†2}

Abstract: FlashTouch [3] is a new transmission method and technology that enables data communication between touchscreen-based mobile devices and digital peripheral devices. Touchscreen can be used as communication media using visible light and capacitive touch. In this paper, by a stylus prototype of FlashTouch, users can easily transfer data from one mobile device to another. It eliminates the complexity associated with data sharing among mobile users, which is currently achieved by online data sharing service or wireless connection for data sharing that needs pairing operation to establish connections between devices. Therefore, it can prove to be of particular significance to people who are not adept at current software service and hardware function.

1. はじめに

モバイル端末に関わる技術の進歩と市場の成長によって、モバイルは多機能の方向性と複雑な操作の方向に成長している。それにもかかわらず、すべてのユーザが端末に組み込まれた機能やアプリケーションを使いこなしているわけではない。例えば、中間的な知識レベルのユーザであれば写真や個人情報といったデータの交換を容易に行うことができるが、初心者や端末についての知識が未熟なユーザには難しい。モバイル端末で情報を移動する方法の多くは無線通信であり、その原理とアルゴリズムをユーザがすべて理解するのは困難である。また、オンラインサービスを用いたデータの移動の操作はユーザを困惑させる場合がある。無線通信はデータの移動をブラックボックス化して、ユーザの視界から隠してしまうという副作用がある。

FlashTouch はタッチスクリーンを利用したデータ通信というハードウェアによる解決策を用いることで、モバイル端末およびその他のデバイス間の操作におけるユーザ体験を向上させることができる。我々は FlashTouch 端末をスタイラス型のプロトタイプに実装することにより、図1に示すスポイトのような操作で FlashTouch 端末がモバイル端末からデータを吸い取り、別のモバイル端末に載せることで

データを押し出すインタラクションを可能にした。

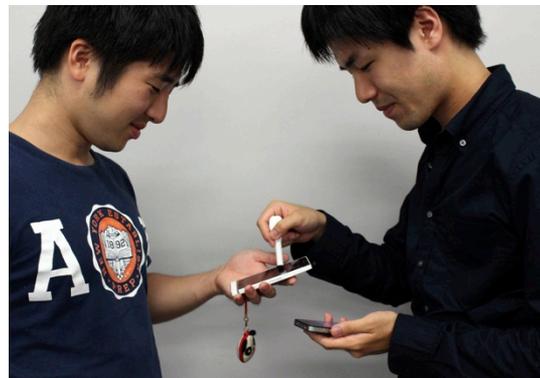


図1 FlashTouch 端末を用いてモバイル端末間でデータを移動する。

Figure 1 Using the stylus prototype to capture data displayed on a touchscreen.

データを移動する際に FlashTouch 端末は、タッチスクリーンに表示された情報を格納するための外部ストレージとして機能する。FlashTouch 技術を搭載した外部デバイスは、ユーザにとってモバイル端末のための USB メモリのような存在である。ユーザは吸い出したい情報の上にデバイスを置き、それを別の端末などの空白スペースに載せることでデータの移動が完了する。そのため、ユーザは画面上の情報をタンジブルなオブジェクトとして扱いながら、モバイル端末を操作することが可能になる。FlashTouch 端末の中にリリーススイッチを埋め込むことで、静電容量タッチパ

^{†1} 慶應義塾大学大学院理工学研究科 / 日本学術振興会特別研究員 DC1
Keio University, Graduate school of Science and Technology / JSPS DC1

^{†2} 慶應義塾大学理工学部
Keio University, Faculty of Science and Technology

ネルによるタッチセンシングの判定を電子的に変更することができる。また、光センサによって液晶パネルからの信号をデジタルデータに変換することができる。FlashTouchの通信速度は他の主流な無線通信方式に比べて低速であるが、本技術はモバイル端末を使用するユーザに対して、すべてのスマートフォン端末が搭載しているタッチスクリーンの特性を活かした通信方式を提供することで、直感的なインタラクションを提供するものである。加えて、実装はマイコン、光センサおよびメカニカルスイッチという安価で簡素な要素で構成される。

FlashTouchを用いたアプリケーションは以下のユーザ体験を実現する。

- 未認証な端末との通信を避けるためのペアリングとその操作時間を必要とする方式に対して、FlashTouchは実世界での位置関係およびユーザ同士の身体的操作によってデータの移動を行う。
- 複数の無線によるデータ転送方法に対して、通信経路を視覚化し、ユーザが外部デバイスを手でつかみ、スポイトのように移動できるインタラクションによりデータの移動についての理解が容易なユーザ体験を提供する。
- 複雑になったデータの移動やデバイス間での転送について、スポイト操作によってユーザが直感的な操作ができるよう、FlashTouchによるデータの入出力を定義したUI設計を定義して、データ通信時にはユーザの視覚体験には影響のないUIを提供する。

2. 関連研究

FlashTouchで実現されるユーザ体験に関連した研究は、すでに複数行われている。Pick-and-drop[4]ではIDを付与したスタイラスペンを用いた操作によって複数のコンピュータ間で画面上のデータ移動するコンセプトが提案された。FlashTouchでは特定のネットワーク領域に接続していないモバイル端末同士でも通信を可能にし、ペン内部へのデータの入出力も可能である。SPARSH[2]は複数のコンピュータや端末間でデータを共有するための自然なインタフェースを提供するアイデアである。SPARSHを使うには、ユーザはデータ共有の前にそれぞれのデバイスを一意のパターンを画面に描くことで認証する必要がある。対してFlashTouchではデバイスの事前認証をする必要はなく、タッチスクリーンへのデータの入出力は、例えばセンサモジュールやロボットデバイスなどのモバイル端末以外から行うことができる。

FlashTouchで実現できるインタラクションは、他の解決策と比較していくつかの点で効果的である。例えば、モバイル端末に付属しているオーディオプラグから外部端末に信号を入出力することで通信する方法[6]が存在するが、この方法ではオーディオプラグを塞いでしまったり、オーデ

ィオプラグへのジャックの抜き差しが必要になる。また、FlashTouchではスタイラスのような外部デバイスにIDを格納する方法を用いてデータ移動を行う。TUIC[7]は同様の方法でタッチスクリーンに向けてデータを移動する方法を提案した。タッチスクリーンに指を触れるのと同じ効果を与えるデバイスを作成し、リレースイッチによって接触と非接触の状態を時間分割で作り返す。それに対して、FlashTouchは双方向通信のうち、静電容量による通信をTUICと同様の方法で行っているが、光と静電容量の通信部分を統一するなど、TUICとは異なる。CapStone and ZebraWidgets[1]は静電容量が変化する物理的なオブジェクトをタッチスクリーン上で用いることで、複数レイヤーのタンジブルインタラクションを提供する。静電容量を利用する点では同じだが、タッチ情報をデジタル化することで移動可能な情報にする点でFlashTouchと異なる。

可視光通信を用いたディスプレイベースドコンピュータ(DBC)[5]はディスプレイからの光を情報としてロボットなどの制御を行う。ディスプレイから情報を取得する点でFlashTouchに共有するが、FlashTouchではスタイラスなどの外部デバイスが接触する位置でプログラマブルに光を出すため、ユーザには物理てきな通信が隠蔽されているデザインを行っている。

3. FlashTouch

FlashTouchは液晶パネルによる光を光センサでバイナリ化する手法と、リレースイッチを用いて投影式静電容量タッチスクリーンに対するタッチ情報を生成する方法を組み合わせた技術である。FlashTouchは2つの異なる通信媒体をまとめて使用することで、タッチスクリーン上での双方向通信を実現する。FlashTouchを使うことで、投影式静電容量タッチスクリーンを持つモバイル端末がFlashTouchの方式を実装したどのような形態の端末とも双方向通信を行うことができる。AppleのiPhoneを始めとして、多くのタッチスクリーンはユーザの指に反応するように静電容量の値を調整してあるため、ソフトスイッチよりも多くの電力を消費するが、リレースイッチを用いることで解決した。

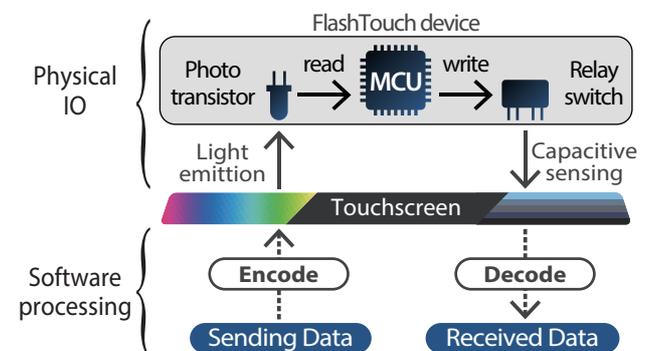


図 2. タッチスクリーンを用いた双方向通信の概要。

Figure 2. Concept of data communication through touchscreens.

3.1 技術的詳細

FlashTouch は iPhone4 と iPad3 を用いて開発とテストを行った。その際、タッチスクリーンの液晶パネルからの光信号のスイッチング速度は最短で 0.02 秒であり、静電容量方式によるタッチセンシングの速度は最短で 0.03 秒であった。すべての送受信に関わるバイトコードは ASCII コードに変換される。例えば” A” という文字を送信する際には 0x41 に変換され、光と静電容量の物理層を通過する際にはバイナリとして 01000001 として転送される。ここでは、ディスプレイでの黒が 0、白が 1 として表現される。また、タッチパネルでのセンシングでは、接触状態が 1、非接触が 0 として認識される。この通信文字の規定は、例えばスタイラス型のデバイスをタッチスクリーンに載せる場合、画面が黒い状態もしくはペン先が離れて光が取得できない状態、およびペン先が離れてタッチ情報が取得できない状態を、終端状態として認識できるようにするためである。さらに高速な通信を行うには通信チャネルを複数にする方法や、光の RGB のレベルを多重化する方法が考えられるが、今回は双方向のデータ単位を揃えるためにどちらもバイナリ信号を用いた。なお、iPad を使用すれば 11 本までの指の認識が可能のため、理論上は 366bps まで高速化することができる。

3.2 通信方式

FlashTouch 技術を搭載した端末とモバイル端末の間で転送されるデータのフォーマットは図 3 のようになっている。まず先頭の 4 ビットは初期化コードして送信され、ノイズや他の信号と送信するデータとの区別を行っている。この 4 ビットは送受信を指定するコマンドになっており、初期化コードの後に送られるデータを格納することを指示する RECV は 1010、逆に初期化コードを送る端末にデータを送信することを指示する場合には SEND として 1011 を送信する。バイナリデータの送信間隔時間は決められているため、先頭の 3bit で初期化を行い、送信か受信可を次の 1bit で判断する。初期化コードの次の 8bit はデータ形式もしくはデータ長を格納することで、決められた長さのデータを受信できない場合にはエラーとみなすことができる。また、バリディチェックのためのコードも付加できる。なお、その後のデータ内容部分には、終端文字 ‘¥0’ 以外のバイナリデータを格納することができ、基本的には ASCII コードを想定している。

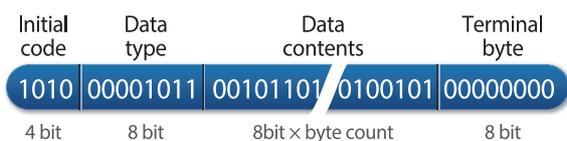


図 3. 送受信データのフォーマット。

Figure3. Data format.

通信プロトコルは図 4 に示したオートマトンで表現される。4bit の初期化コードによって送受信の判定を行い([init1] ~

[init3]), ここで以降の受信データの時間分割のタイミングを調整する。5bit 目からのデータはバイトコードしてアプリケーション側に渡されるか、外部デバイスに格納される。終端文字である ‘¥0’ を受信した段階で受信を終了し、待機状態[wait]に戻る。データ長などに問題がある場合には、アプリケーション層でデータの正確性が判定される。

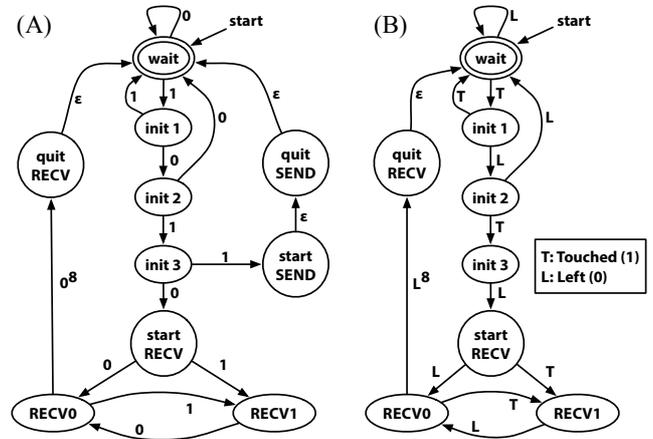


図 4. 非決定性オートマトンを用いたプロトコルの説明図。ダイアグラムはそれぞれ(A)タッチスクリーンからの光のセンシングと、(B)モバイル端末へのタッチ情報である。

Figure4. Protocol written in NFA (Nondeterministic Finite Automaton). Diagram represents reception design of (A) reading light on FlashTouch device and (B) sensing touch on mobile application.

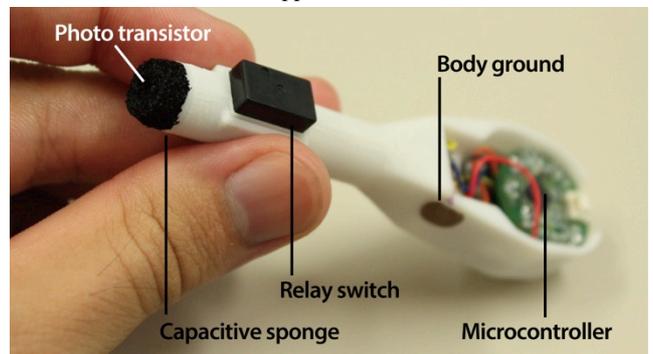


図 5. スタイラス型のハードウェア設計。

Figure 5. Hardware design of stylus type.

4. プロトタイプデザイン

4.1 スタイラス型 FlashTouch 端末

FlashTouch のプロトタイプとして図 5 に示すスタイラス型のデバイスを設計した。スタイラス内に生じる内部キャパシタンスを低くするために、スタイラス先端の画面に接触する部分と、リレースイッチとの距離を短くしている。先端には導電性スポンジを用いており、その中央には画面からの光を取得する光センサを配置している。フォトトランジスタには新日本無線の NJL7502L を、リレースイッチには HSIN DA PRECISION Co., Ltd. の Y14H-1C-3DS を用いた。光センサからの値を A/D 変換し、またデータを格納す

るためのマイコンには AVR チップ ATmega328p と Arduino を使用した。

4.2 ソフトウェアインタフェース

モバイルアプリケーションを FlashTouch に対応するために、ユーザフレンドリーな UI の設計を行った。FlashTouch で用いられる UI では、画面上で情報を持つビューと情報を持たないビューに分けられる。情報を持つとは、写真やテキストなどの情報を表示している領域を意味する。逆に情報がないとは、リストなどのマージンや UI コンポーネントの空白部分を意味する。実際の使用手順は図 6 に示してある。情報の表示されている部分にスタイラスを置いた場合には、画面から送信されるデータは先端が 1010 (RECV) で始まるものであり、スタイラスは送られたデータを受信する操作を行う。逆に、空白の領域にスタイラスを置いた場合には先端が 1011 (SEND)で始まるデータがスクリーンから送られ、それを受け取ったスタイラスは格納されたデータをタッチ情報として送信し始めるこの時、画面上で表示される 2 値の光はスタイラスの下に隠されているため、ユーザは実際の通信を見ることはない。ユーザがデータの送受信の完了を理解するために、音とインジゲータによるフィードバックを行っている。以上のように、FlashTouch の送受信の機能に対応するための画面の設計を行うことで、ユーザはスポイトによってデータを吸い出し、また吐き出すという操作をスタイラスを移動させる動作で実現するというインタラクションを提供する。

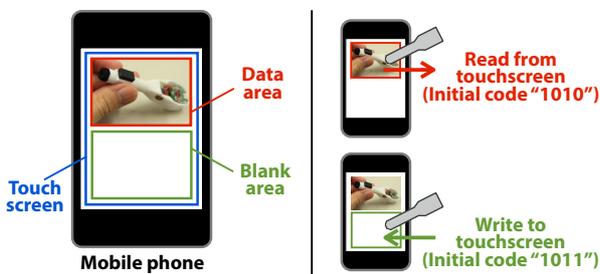


図 6. 送受信の実行はユーザがスタイラスを置く位置によって決定される。

Figure 6. UI works as selective view area depends on content when stylus is put.

5. アプリケーション

ユーザ間でデータを共有する iPhone/iPad アプリを開発した。使用シーンは図 1 を想定している。はじめに転送したいファイルに割り当てられたキーを FlashTouch 端末で移動する事により、同じキーを受け取った端末側がサーバ経由でファイルをダウンロードできる。実際には図 7 のようにスタイラス型の FlashTouch 端末がキーを移動させた後、専用のストレージサーバを紹介することで、スタイラスに格納されたファイル ID を別のユーザの端末に渡して、セキュアに且つ確実にデータをわたすことが可能になった。

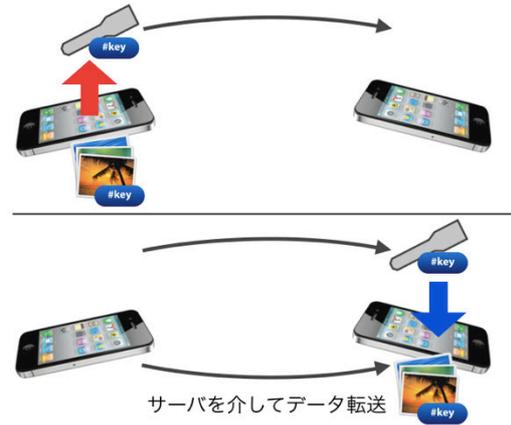


図 7. iPhone アプリにおけるデータ転送のイメージ。
Figure 7. Concept of data transmission between iPhone apps.

6. 結論

現行のスマートフォンに搭載されているタッチスクリーンの特性を用いることで、ユーザ間および複数デバイス間でのデータ共有を可能にする技術と手法を提案した。FlashTouch は実装が簡易で安価な上、データの移動や通信についてハードルのあるユーザが身体動作を用いてデータを移行できる点が特徴である。

謝辞 FlashTouch の作成と動作検証にご協力頂いた皆様に、謹んで感謝の意を表する。

参考文献

- 1) Chan, L., Müller, S., Roudaut, A., and Baudisch, P. CapStones and ZebraWidgets: sensing stacks of building blocks, dials and sliders on capacitive touch screens. In Proc. CHI (2012), 2189–2192.
- 2) Mistry, P., Nanayakkara, S., and Maes, P. SPARSH: passing data using the body as a medium. In Proc. CSCW (2011), 689–692.
- 3) Ogata, M., Sugiura, Y., Osawa, H., Imai, M. FlashTouch: Data Communication through Touchscreens. In Proc. CHI (2013), 2321-2324.
- 4) Rekimoto, J. Pick-and-drop: a direct manipulation technique for multiple computer environments. In Proc. UIST (1997), 31–39.
- 5) Sugimoto, M., Kodama, K., Nakamura, A., Kojima, M., and Inami, M. A Display-Based Tracking System: Display-Based Computing for Measurement Systems. In Proc. ICAT (2007), 31–38.
- 6) Verma, S., Robinson, A., and Dutta, P. AudioDAQ: Turning the Mobile Phone's Ubiquitous Headset Port into a Universal Data Acquisition Interface. In Proc. SenSys (2012), 151–152.
- 7) Yu, N.H., Chan, L.W., Lau, S.Y., Tsai, S.S., Hsiao, I.C., Tsai, D.J., Hsiao, F.I., Cheng, L.P., Chen, M., Huang, P., and Hung, Y.P. TUIC: enabling tangible interaction on capacitive multi-touch displays. In Proc. CHI (2011), 2995–3004.