

指にてなぞることにより入力可能な単一結線識別子の検討

小林 孝基^{†1} 八箇 恭平^{†2} 船越 南斗^{†3} 志築 文太郎^{†4}筑波大学 コンピュータサイエンス専攻^{†1} 筑波大学 情報科学類^{†2} 筑波大学 情報メディア創成学類^{†3}
筑波大学 システム情報系^{†4}

1 はじめに

我々は、導電性インクを用いて紙に印刷され、ユーザが指によってなぞることにより入力可能な単一結線識別子の実現を目指している(図1a)。すなわち、提案識別子はバーコード状の電極であり、紙上に印刷された複数のバーから構成される。識別子のID(データ)はバーによって1ビット単位で表される。全てのバーは導電性インクによって印刷された配線によって結線され、さらにそれらは静電容量計測に基づく識別モジュールにも結線される。なお、1個の識別モジュールには複数の識別子が結線され得る(図1b)。ユーザがバーを指によって連続的になぞると、識別モジュールは指がバーに触れているか否かを検出し、その結果からなぞられたビット列を復号することによってどの識別子がなぞられたのかを識別する。

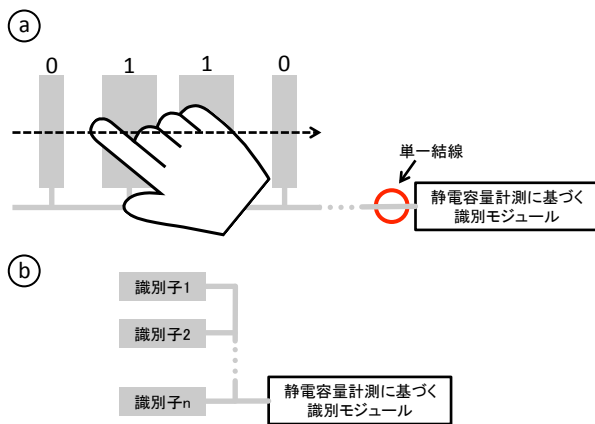


図1: 提案識別子のコンセプト

提案識別子には次のふたつの特徴がある。1) 導電性インクを用いて紙に印刷されるため、作製が容易である。2) 識別子と識別モジュールとの間に要する結線数は1であり(単一結線)、かつ1本の結線を複数の識別子が共有できるため、識別子を増やしやすい。

ただし、我々がこれまでに設計してきた識別子では、バーの太さの違いあるいは間隔の違いによって1ピッ

トが表現されていた[7]。このため、なぞりの速度が途中で変わると識別子の認識が失敗するという課題を抱えていた。そこで、今回、0を表すバーに指が触れている(状態0)、1を表すバーに触れている(状態1)、触れていない(状態N)という3状態を識別可能とすることによって、提案識別子の特徴を維持しながら上記の課題を解決するバーの形成方法の検討を行ったので、本稿において検討結果を報告する。

2 関連研究

本研究と同様に、導電性インクによる印刷により、紙上に複数のデータを埋め込むことを可能とするタッチインタフェース技術が開発されている。まず、紙への配線を2本に抑えつつ複数のタッチ電極を紙上に形成する技術として[3, 5, 2]がある。これらに対して我々は紙および識別子への配線も1本に抑えつつ紙上に複数の識別子を形成する。また、紙への配線を1本に抑えつつ複数のタッチ電極を紙上に形成する技術[4]も開発されている。我々は紙および識別子への配線を1本に抑えつつバーコード状のパターンによって紙上に複数の識別子を形成することを試みる。

バーコード状の識別子も提案されている。Acoustic Barcodes [1]は、実物体上に付けられた凹凸により形成される。この識別子はマイクが内蔵された物(例:スマートフォン)によってなぞられる際に生じる音を解析することによって読み取られる。一方、本研究の識別子は指によってなぞられる際に生じる静電容量の変化を解析することによって読み取られる。

3 単一結線識別子の検討

今回、3状態の識別に基づく識別子を実現するために、2枚の紙(以降、上部および下部)を重ねて用いること、そして両面印刷を用いることにした。まず、1枚の紙の両面への印刷の仕方が図2に示される4通りある。したがって2枚の紙を重ねることによってバーを形成する方法は16通り存在することになる。2枚の紙にどのようにバーを印刷すれば3状態の識別を実現できるかどうかを確かめるために、今回は図3に示す4通りのバー(a-d)からなる試験パターンを作製した。す

Exploring single-line connected identification tags inputted by swiping with a finger

^{†1} Koki Kobayashi, ^{†2} Kyohei Hakka, ^{†3} Funakoshi Minto, ^{†4} Buntarou Shizuki

^{†1} Department of Computer Science, University of Tsukuba

^{†2} College of Information Science, University of Tsukuba

^{†3} College of Media Arts, Science and Technology, University of Tsukuba

^{†4} Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

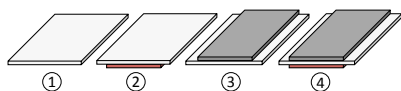


図 2: 1 枚の紙の両面への印刷の仕方

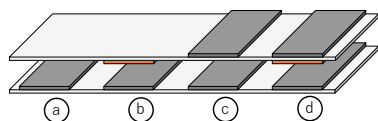


図 3: 3 状態の識別を検討するための試験パタン

なわち，上部には図 2 に示される 4 通りを，下部には図 2 の第 3 番目のものを印刷した．

4 予備実験

試験パタンを導電性インク（三菱製紙社，銀ナノ粒子インク NBSIJ-MU01）を用いて A4 紙（コクヨ S&T，KJ-G23A4）に印刷した．また識別モジュールとして [6] に示されている静電容量計測回路を実装した．印刷した試験パタンを識別モジュールに接続し，我々がなぞった際に識別モジュールにおいて得られた静電容量の計測結果を図 4 に示す．このグラフの横軸は時間を，縦軸は静電容量（実際には識別モジュールから得られる，静電容量に相当するデジタル値）を表す．

結果として，c，d が触られた状態での静電容量が，a，b，何も触れていない状態よりも大きく，かつ c，d の差が大きい．そのため図 3 に示す 4 通りのバーを使って 3 状態の識別を行うには c を状態 0，d を状態 1 として用いれば良いことが分かった．

また，a と b が，c と d よりも小さいことは，a か b を配線に用いれば，たとえ配線部分が触られたとしても状態 0 もしくは状態 1 と区別できることを意味する．すなわち a と b を配線に用いることができることも分かった．

この観測結果に基づいて c を状態 0，d を状態 1，何も印刷されていない場合を状態 N として用い，印刷した識別子を図 5 に示す．これを第一著者が研究室において試験したところ，ビット列の読み取りに成功した．

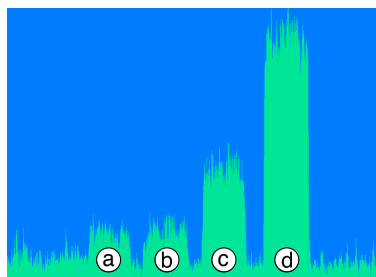


図 4: 静電容量計測結果

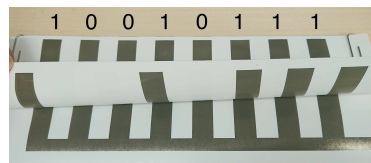


図 5: 3 状態の識別に基づく識別子の例

5 まとめと今後の課題

導電性インクを用いて紙に印刷され，ユーザが指によってなぞることにより入力可能な単一結線識別子を構成するための検討を行った．提案識別子はバーコード状の電極であり，紙上に印刷された複数のバーから構成される．今回，なぞりの速度が途中で変わると識別子の認識が失敗するという課題を解決するために，0 を表すバーに指が触れている，1 を表すバーに触れている，触れていないという 3 状態を識別可能とするバーとして，2 枚の紙の両面を用いたバーを検討，試験した．

今後は，今回作製した識別子も含めて様々な識別子を作製し，それらをなぞった際になぞりの速度を途中で変えても識別子の認識が行えるかどうか，また速くもしくは遅くもなぞっても認識が行えるかどうかを被験者実験を通じて調査する．また，今回試験対象としなかった組合せでのバー，あるいは様々なバーの太さ，および，バーの間隔を試すことによって，高密度化を試みるとともに認識率との関係を調査する．

なお，試験をしている際，導電性インクが手につくという現象がみられた．また今回我々が導電性インクとして用いた銀ナノ粒子インクは銀であるために時間経過と共に錆びる．今後は，これらが原因となる劣化を避けるために，表面にフィルムを貼るという対策を取ることを考えている．

参考文献

- [1] C. Harrison, R. Xiao, and S. Hudson. Acoustic Barcodes: Passive, durable and inexpensive notched identification tags. *UIST '12*, pp. 563–568. ACM, 2012.
- [2] Ç. Karataş and M. Gruteser. Printing multi-key touch interfaces. *UbiComp '15*, pp. 169–179. ACM, 2015.
- [3] H. Manabe and W. Yamada. A capacitive touch sensing technique with series-connected sensing electrodes. *UIST '17*, pp. 645–654. ACM, 2017.
- [4] M. Tsuruta, S. Nakamae, and B. Shizuki. RootCap: Touch detection on multi-electrodes using single-line connected capacitive sensing. *ISS '16*, pp. 23–32. ACM, 2016.
- [5] B. Wang, J. Long, and K. H. Teo. Multi-channel capacitive sensor arrays. *Sensors*, 16(2):12 pages, 2016.
- [6] 真鍋, 稲村. 1 つのタッチセンサを用いたマルチタッチジェスチャ認識手法. *情報処理学会論文誌*, 56(4):1193–1202, 2015.
- [7] 杉山. 指でなぞることにより入力する単一結線識別子の設計. Master's thesis, 筑波大学, 2017.