近接場結合センシングを利用したフリック文字入力

陶 しょうい * 門本 淳一郎 * 入江 英嗣 * 坂井 修一 *

概要. 本研究で我々は近接場誘導結合通信をウェアラブル UI のセンシングの手段として利用し，フリック入力の行えるデータグローブのプロトタイプの作成をした．近接場誘導結合通信では Q 値の低い広帯域なコイルを用いることで高速に NRZ 信号を送信することができる．シンプルな構成で送受信を行えるオンチップコイルが作成できるため，フレキシブル基板上に搭載をすることで様々な応用の方法が考えられる．本稿ではセンシング利用のユースケースとして，VR/AR 環境においての効率の良い文字入力の課題に対し，フリック入力の行えるデータグローブを提案する．十字に配置した受信コイルの配列上で送信コイルを動かしその位置をセンシングすることでフリック入力の動作を実現している．

1 はじめに

近接場結合通信は IC チップ間や基板間を高速・低レイテンシに無線接続するための手法である [4]. 門本らは，近接場結合通信を利用したデバイス上への多数の小型計算機の搭載と、それを活用した形状変化 UI を提案している [3].

本研究では，そのうちの近接場誘導結合通信を活用したセンシングを利用し，VR/AR 環境下で用いることができるデータグローブ型のフリック入力デバイスのプロトタイプの作成を行い，その動作確認を行った.

2 関連研究

2.1 近接場誘導結合通信

近接場誘導結合通信は Q 値の低い広帯域なコイルを用いた高速な NRZ 信号を直接伝送する技術である [2]。簡素な送受信回路と抵数値が高く巻き数の少ないコイルを利用することで，高速・低レイテンシな無線通信を行うことができる．また，コイルを共振させるためのキャパシタの付加は必要ない．これまでオンチップの微細配線で形成されたコイルによるチップ間無線通信に応用されてきた.

本研究で，我々はこれをウェアラブル UI におけるセンシング手法として応用する．近接場誘導結合通信技術の活用により、フレキシブル基板上に形成した 2 巻のコイルとシンプルな送受信回路のみを組み合わせて，高速・低レイテンシなコイルの相対位置センシングを実現することができる．具体的には配列された受信コイル群上で送信コイルを動かし，どのコイルが通信を受け取っているかを測定することでフリック動作のセンシングに利用している.

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

* 東京大学

2.2 VR/AR 環境における文字入力

VR/AR 環境下での文字入力においては，様々な手段や形態が提案されている [1]. 中でもハードとしてデータグローブを用いる手法は，ポータブルさに優れることや，ハンドヘルドの必要がなく装着したまま他の媒体へのアクセスも容易であるため注目されている形態である [5].

フリック入力はスマートフォンの普及に伴い，特に日本語において入力手法の新たなスタンダードとなっている [9]. VR/AR 環境でフリック入力を用いることを試みた例はある [7, 6, 8]. しかし，いずれも仮想キーボードをフリックする設計がされており，空間知覚の難しさからフリックの動作が困難なことや物理的なフィードバックが特に欠けるという問題がある [10].

3 センシングを利用した提案システム

以上から指の節をスマートフォンにおけるソフトウェアキーボードに見立て，親指でフリック入力を行うデータグローブのシステムを提案する．親指で指の節に触れてフリック入力を行うことを想定しており，そのセンシングに 2.1 節で述べたフレキシブル基板を用いるため，物理的な感触を損なわずに動作を行うことができる.

3.1 システム構成

システムの構成について述べる．本システムは，無線通信の行えるコイルの搭載されたフレキシブル基板，データ送受信をまかなうマイクロコントローラ (ESP32, 以降マイコン)，信号の増幅を行うオペアンプ，文字入力 UI のソフトウェア (Unity) から構成されている．システムの概要を図 1 に示す．グローブの構成は親指に取り付けられた単体の送信用コイルと，指の各節に取り付けられた十字に配列された受信用コイルからなる．入力を行うユーザーは，スマートフォン上でフリック入力をする要領で親指

側のコイルを指の節にある十字に配列された受信コイル側に近づけフリックを行う．送信側のマイコンからは常に 01 交互の NRZ 信号が出力されており，送信コイルが受信コイルに近づくと信号がコイル間で通信される．受信コイルで受け取った信号はオペアンプで増幅されたあとに受信側のマイコンでセンシングの処理を行い，特定のデータをシリアル通信によって Unity に送る．Unity では受信したデータをもとに文字入力の処理を行い，ユーザーに対して入力した文字の表示や効果音を用いた視覚・聴覚的なフィードバックが行われる．

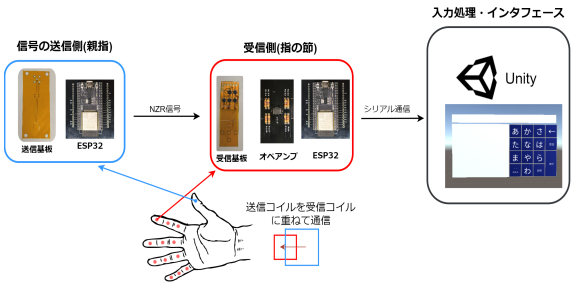
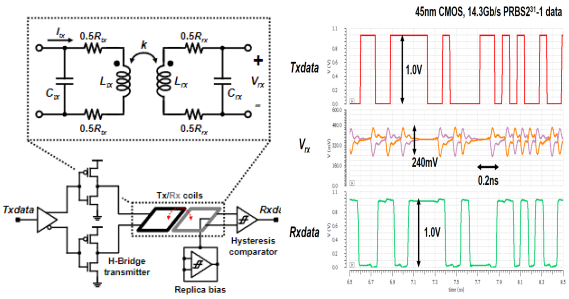


図 1. システムの概略図

3.2 センシング

センシングにはオンチップコイル同士の接近を利用している．コイル同士が一定の距離内にあるとき，送信側コイルへ印加する電流 (信号) の変化に応じた受信側コイルの電圧変換を測定することで無線通信を実現している．オンチップコイルは図 2(a) のようなモデルで表され，門本らが行った水平方向の通信シミュレーションでは図 2(b) のような信号の送受信の結果が得られている．本研究では送受信のコイルを鉛直方向に重ね合わせ，信号を観測することで特定のチップ同士の通信判定を行い位置センシングとして利用している．



(a) (b)

図 2. (a) オンチップコイルの回路モデル (b) 水平方向通信時の波形 [2]

3.3 入力処理

親指には送信側として単体のコイルが載っている基板を，指の節には受信側として 5 つのコイルを十字に配列した基板を装着する．送信側のコイルは接続されたマイコンから 01 交互の NRZ 信号が印加される．受信側のコイルもマイコンと接続されており，常にコイルからの入力を測定している．通常時，受信側コイルが接続されているマイコンの PIN からは HIGH または LOW のいずれかの固定値が出力される．そこに送信側のコイルが重なると HIGH と LOW の値が交互に出力されることになり，一定時間における HIGH と LOW の割合を求めることでコイル間の通信を判定する．通信が判定されたコイルに対応付けられている PIN からは Unity に対して特定のコードが送られ，入力の処理に利用される．ユーザーは親指の送信側コイルを十字に配列された受信側のコイルに対して，中心のコイル →5 方向のコイルのいずれかの順番で通信をさせることで対応するキーのフリック入力を行う．また，今回実装を行っていないが受信側のコイルを三角形に配置してフリック動作を測定する形式も検討している．

3.4 プロトタイプ

本稿では親指と指一本に基板を取り付けたプロトタイプのグローブを作成し，実際に動作の様子を確認した (図 3)．

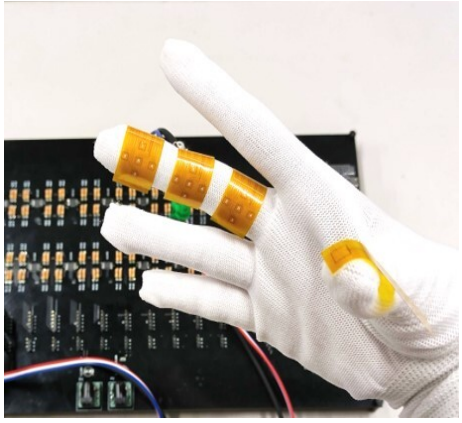


図 3. 作成したグローブのプロトタイプ

4 今後の展望

本稿では近接場誘導結合通信をウェアラブル UI のセンシングとして利用することを考え，ユースケースとしてデータグローブの作成を行った．今後はグローブの実装を進めるとともに，センシングをより広いインタラクションの手段として用いること検討していく．

謝辞

本研究の一部は JST ACT-X JPMJAX200B の助成を受けたものです.

参考文献

[1] T. J. Dube and A. S. Arif. Text Entry in Virtual Reality: A Comprehensive Review of the Literature. pp. 419–437, 2019.

[2] J. Kadomoto, H. Irie, S. Sakai, and IEEE. WiXI: An Inter-Chip Wireless Bus Interface for Shape-Changeable Chiplet-Based Computers. pp. 100–108. IEEE, 2019.

[3] J. Kadomoto, T. Sasatani, K. Narumi, N. Usami, H. Irie, S. Sakai, and Y. Kawahara. Toward Wirelessly Cooperated Shape-Changing Computing Particles. *IEEE pervasive computing*, 20(3):9–17, 2021.

[4] A. Kosuge and T. Kuroda. Proximity Wireless Communication Technologies: An Overview and Design Guidelines. *IEEE transactions on circuits and systems. I, Regular papers*, 69(11):4317–4330, 2022.

[5] E. Whitmire, M. Jain, D. Jain, G. Nelson, R. Karkar, S. Patel, and M. Goel. Digitouch: Reconfigurable thumb-to-finger input and text entry on head-mounted displays. Vol. 1, pp. 1–21, 2017.

[6] 喜多 修太郎, Bhed Bahadur 小倉 加奈代, 高田 豊雄. LeapMotion を用いた VR 上での文字入力手法の検討. 情報処理学会研究報告.

[7] 川口航平, 礒本俊弥, 志築文太郎, 高橋伸. VR 環境におけるフリック入力形式インタフェースの開発. ヒューマンインタフェースシンポジウム 2019, 2019.

[8] 大岡湧汰. HMD に適したフリック入力手法の研究. 修士論文, 2021.

[9] 長澤 直子. 大学生のスマートフォンと PC での文字入力方法. コンピュータ＆エデュケーション, 43:67–72, 2017.

[10] 清原 隆一 沢田 篤史, 野呂 昌満. VR 環境における文字入力のための触感を伴ったフリック入力方法. 日本ソフトウェア科学会第 39 回大会講演論文集, 2022.

未来ビジョン

計算機技術の発展に伴い，我々の生活する社会や環境の中の至る所にコンピュータは存在するようになってきた．しかし真なるユビキタスコンピューティングを実現するには，形態や機能に縛られない自由な計算機システムが必要となる．本研究で利用した近接場結合通信は，それを実現する上で有望とされる通信手段である．今回作成したデータグローブのプロトタイプでは通信をセンシングへと利用しフリック入力を実装しているが，より複雑な機能を持たせることも考えられる．通信機能を小型の基板やチップによって実現し身の回りのものに容易に織り込むことができるため，例えばデータグローブ間との通信を介することで日用品一つを取っても簡単な認証を取り入れたり，自動で利用履歴を記録したりとインタラクティブな利用が考えられる．他にもマイクロロボット群や複雑な形状をもつインターフェースを構築したり，現実と仮想世界間でのより相互性をもった体験の構築への利用などその応用範囲は広い．

本稿での実装を通して得られた知見から，更なる研究に繋げて行きたい．