

招待論文 MorphKeys: スイッチ付き NFC タグを用いた形状自在キーボード

山上 航輝* 後藤 将人* 門本 淳一郎* 入江 英嗣*

概要. キーボードはコンピュータへの入力手段として広く用いられているが、その形状は固定されており、人間にとって最適化されていないことが多い。また、人間工学に基づいて設計されたキーボードであっても、個人差や用途差を吸収することはできない。そこで我々は、ユーザがキーを自由に・立体的に配置できるキーボード、MorphKeys を提案する。MorphKeys では各キーが独立したバッテリーフリーなキーユニットとなっており、これらはユーザが押下したときのみ近距離無線通信 (NFC) によって給電・読み取りが行われるため、キー入力を検知できる。また、リーダに中継共振器を用いることで、十分な読み取り範囲と高い読み取り性能を両立する。さらに、粘土と砂鉄による土台を用いることで、NFC の動作を阻害することなく、磁力によるキーの固定を可能にする。

1 はじめに

キーボードは高速な文字入力やショートカット使用などが可能なことから、コンピュータへの入力手段として広く用いられている。しかし、それらの形やキーの配置は人間にとって最適化されていないことが多い [1, 4]。また、人間工学に基づいて設計されたエルゴノミックキーボードであっても、個人の手の大きさの違いや好み、用途の差などを吸収することはできない。

この問題を解決するため、ユーザがキーの物理的な配置を自由に変更できるキーボードが提案されている [2, 3]。しかし、これらの先行研究では消費電力や通信範囲などの制限によって、一般的なキーボードとして十分なキー数 (60–100 個ほど) を実現できていない。また、これらの手法ではキーを平面上に配置する場合のみを想定しており、キーを立体的に配置する場合、キーの固定や通信などにさらなる制約がかかるため、立体配置との両立は容易ではない [5]。

そこで我々は、これらの課題を解決し、個人・用途に応じてキー配置を自由に、立体的に変更できるキーボードシステム、MorphKeys を提案する (図 1)。

2 MorphKeys

MorphKeys は主に 3 つの要素から構成される: 1) ユーザがキーを押したときのみ NFC タグとして機能するキーユニットと、2) キーユニットを磁力で固定し、ユーザが自由に形状を変更できる立体的な土台、そして 3) キーユニットを読み取るためのリーダである (図 2)。

MorphKeys は次のような原理で動作する (図 3)。

まず、ユーザがキーを押下する。これによってタグ IC とコイルが電氣的に接続され、キーユニットが NFC タグとして機能するようになる。次に、リーダが NFC のプロトコルに従ってタグを検出する。リーダがタグを発見した場合、対応するキーが押されていることを意味するため、タグのユニーク ID を適切なキー入力に変換する。複数のキーが同時に押された場合にはタグの応答が衝突してしまうが、NFC にはこれを避けて複数のタグの ID を順に読み取る方法 (アンチコリジョン) が定められているため、複数のキーが同時に押された場合でも正しく入力を取得できる。

従来の NFC を用いた手法では、立体的なキーボードを実現する上で、読み取り範囲の拡大に加え、容易な位置調整と十分な固定力を両立可能なキーの固定方法が課題となっていた。MorphKeys では、中継共振器を用いることで読み取り速度や消費電力を維持したまま、リーダの読み取り範囲を拡大する。また、砂鉄を練り込んだ土台と磁石を用いることで、容易な位置調整と十分な固定力、土台の立体形状を両立し、NFC の動作への影響を最小限に抑える。

実験の結果、キーを 30° 傾けた状態でも 20 mm–50 mm の読み取り距離を確保できることが分かった。入力レイテンシ (キー押下から USB 信号まで) を計測した結果、単一キーの場合は平均 26 ms、最大 38 ms となることが分かった。

3 おわりに

本研究では、ユーザが自由に、立体的にキーの配置を変更することができるキーボードシステム、MorphKeys を提案した。今後は、動的に形状変化するユーザインタフェースへの応用などを検討する。



図 1. MorphKeys の概要.

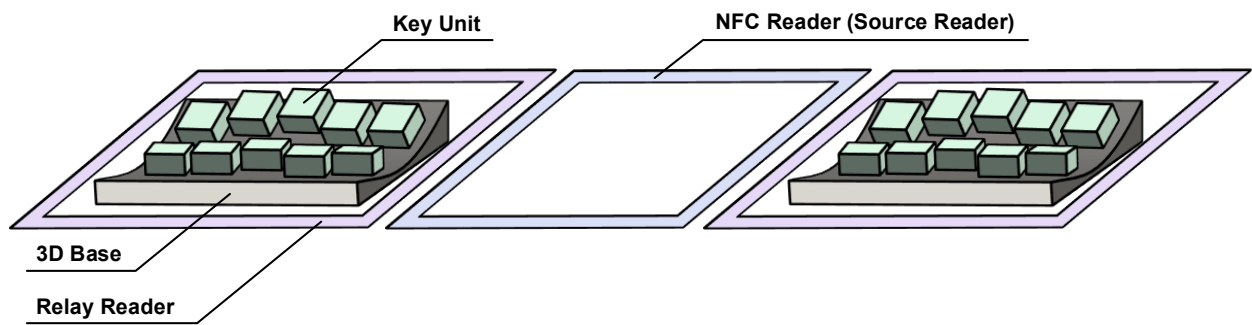


図 2. MorphKeys のシステム構成.

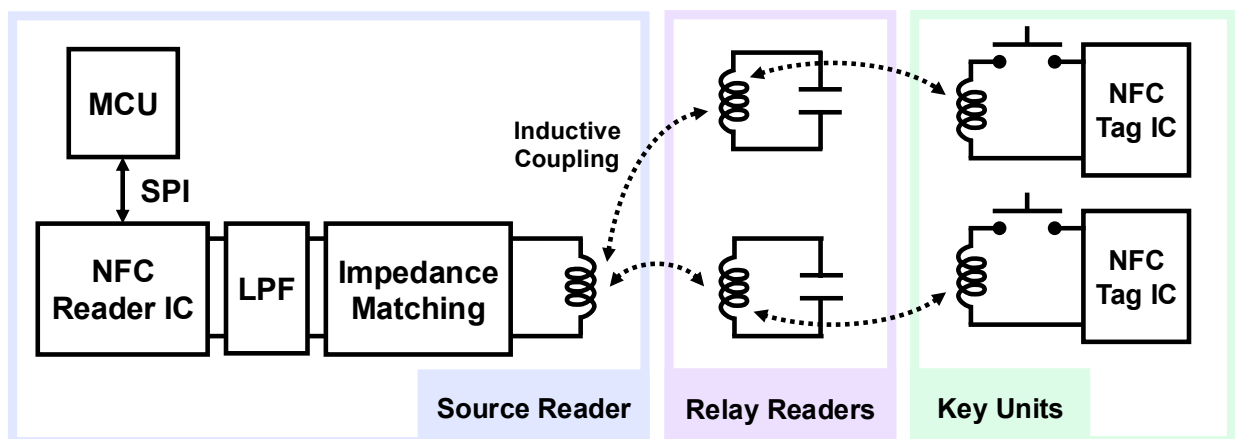


図 3. MorphKeys の回路構成.

謝辞

本研究の一部は株式会社 Premo および JSPS 科研費 JP23H00465, JP23K16857 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] G. J. Bruno and J. Young. A literature review of the effects of computer input device design on biomechanical loading and musculoskeletal outcomes during computer work. *Work*, 52:217–230, 2015.
- [2] Ergodex. The Ergodex DX1 Input System, 2005.
- [3] Shenzhen BeyondQ Technology Co., Ltd. *DU-MANG DK6 user manual*, 9 2018.
- [4] 中迫 勝. キーボードの人間工学的設計. 人間工学, 22(2):53–61, 1986.
- [5] 坂本 隼, 秋田 純一. 電力重畳通信を用いた空間配置自由度の高いキーボードシステム. In *IPSJ Interaction*, pp. 1192–1194, 2 2024.