

筋電分布計測によるハプティックインタフェース ー 第3報 ー

東京大学 ○牧野 泰才, 小川 修平, 篠田 裕之

Myoelectric Pattern Measurement System as Haptic Interface (3rd Report)

○Yasutoshi MAKINO, Shuhei OGAWA and Hiroyuki SHINODA, The University of Tokyo

Abstract: We have proposed a new man-machine interface that detects myoelectric signals on a forearm for estimating finger motions. One key technology of our system is the “Two Dimensional Communication (2DC)” which is used for integrating many electromyography (EMG) sensors. The sensors attached to the 2DC sheet could send their data and receive their electricity across the sheet without wires. One issue with our previous system is a standing wave in the sheet. At the electric node of the standing wave, our previous coupler could not receive enough electricity. In this paper we show our new approach based on a magnetic coupler. When we use both electric and magnetic sensitive couplers together it is considered that the receivable energy becomes uniform independent on the standing wave. This is because the nodes of the electric field are the anti-nodes of the magnetic field. We show simulation and experimental results.

1. はじめに

1.1 先行研究

これまでに我々は、筋電計測を利用した新しいマン・マシンインタフェースを提案してきた(図1) [1]。前腕部の筋電位を2次元的に高密度に計測することで、手指の動作を推定する。このシステムを用いると、手指の自然な動作によりコマンドを入力する新しいマン・マシンインタフェースが実現される。また、筋肉の活動度と筋電位信号の強度がよく対応することから、対象の把持力や把持状態を推定するなど、触力覚情報を取得するセンサシステムとしての利用も考えられる。

筋電センサを高密度に配置する際に問題となるのは配線である。多数の配線により手腕の動作が拘束されてしまうため、既存の筋電計測システムは、簡便に着脱可能なものではなかった。この問題に対し、我々は“二次元通信”技術[2]を利用し、配線を用いずに接続する方法を提案してきた。二次元通信は、シンプルな3層構造からなる二次元通信シートにより実現される。2層の導体層が誘電体を挟むという構造を持つ。この2層の導体層間に高周波の電界を印加した場合、シート内をマイクロ波が2次元的に伝搬する。この電磁波により、シート内に埋め込まれたセンサ間の通信、及び各センサへの電力の供給が実現される。導電性の層は任意の素材を利用することが出来るため、導電性の布を利用することで柔軟シート上にセンサを多数配置することも可能になる。これまでに我々は、リストバンド状の通信シートを試作し、3chのセンサユニットへの電力供給、及び各センサからのシート経由でのデータ伝送を実現している[3]。

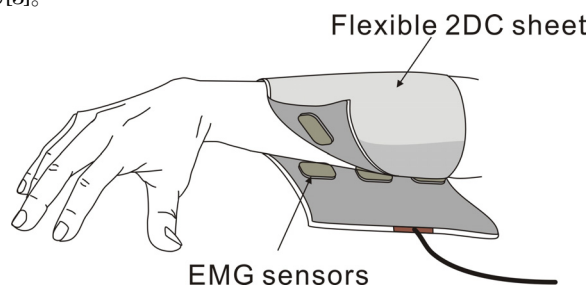


図1 前腕部の筋電分布を計測する提案システム[1]

1.2 先行研究の問題点

これまで我々が提案してきたシステムにおいては、センサ数を増やしたときに、各センサに安定に電力を供給できないという問題があった。その理由として大きく以下の2点が考えられる。1つはシート内に存在する定在波の影響である。これまでに提案してきた“近接共鳴コネクタ”は、シート内の電界と結合してシートに接続していたため、定在波の電界の節にあたる部分では十分な電力が取得できなかった。その結果、位置に依存して取得可能電力が変動していた。2つめの理由は、共鳴を利用したカプラを用いている点である。共振を利用しているために、周囲のカプラ同士で干渉が生じていた。例えば、これまで提案してきた無指向性の共振カプラを利用した場合、そのカプラがエネルギーを吸収する等価的なエリアの直径は $D = \lambda/2\pi$ で与えられる。現在想定している 2.4GHz においては、この距離 D はおよそ 2cm である。相互の干渉を避けるためには、この 2cm よりも離れた間隔でセンサを配置しなければならない。これは、高密度センサアレイを実現する上で大きな問題点となっていた。

本稿で我々は、これら問題点に対する解決法を提案する。まず定在波の影響についてだが、これには新たに磁界結合型カプラの利用を考えている。定在波においては、電界の節は磁界の腹であるため、均質なシート内であれば、定在波が生じていても両者のエネルギーの総和は常に一定である。よって、もしこの2種類のカプラを併用し、それらエネルギーを加算して利用できれば、定在波の影響を受けることなく、安定した電力取得が可能となる。

2つめの課題に対する解決策として、我々は共振を利用しないカプラを提案する。共振を利用しないことにより、相互に干渉することなく、高密度なセンサアレイが実現できると期待される。

2. シミュレーション

まず初めに、シンプルなシートモデルにおけるシミュレーションを行い、定在波の様子を確認した。その結果、想定していた通り、“電界の節が磁界の腹”、“磁界の節が電界の腹”となっていることが確認できた。

そこで磁界の腹の部分に、従来の電界結合型カプラ、及び今回提案する磁界結合型カプラをそれぞれ配置し、その受信特性を検証した。今回は磁界結合型カプラとして単純な1巻きループコイルを

採用した。シート内に平面波を印加した際に、ちょうどループ内を磁界が貫く向きにカプラを配置し、シミュレーションを行った。シミュレーションでは2~3GHzを計算したが、今回のループはこの周波数帯の波長に対して十分小さく共振のピークを持たないものである。

図2に磁界結合型カプラのSパラメータを示す。S₁₁が入力ポートに反射して戻ってきたマイクロ波の割合を、S₂₁がカプラによって取得されたマイクロ波の割合をそれぞれ電圧振幅比として示す。磁界結合型カプラの場合、2.4GHzで、5%程度電力が取得できる。一方、電界結合型カプラでも同様のシミュレーションを行い、電力にして0.5%程度の結合であることを確認した。すなわち磁界結合タイプの10分の1程度しか電力が取得できていなかった。これは、電界の節に電界結合型カプラを配置したためと考えられる。

またSパラメータの分布に目立ったピークは無く、この周波数帯域では共振が生じていないことも確認された。共振が生じていないため、従来のカプラに比べて取得される電力は小さいが、筋電回路を動作させるのに必要な電力が取得できることを確認した。

次に、実際に使用するシートと同じサイズのシートをモデル化し、定在波の様子を観察した。図3に示すのが、それぞれ電界のエネルギー(a)と、磁界のエネルギー(b)である。実際のシートに近いモデルでも、おおよそ、電界の腹が磁界の節、磁界の腹が電界の節になっていることが確認された。

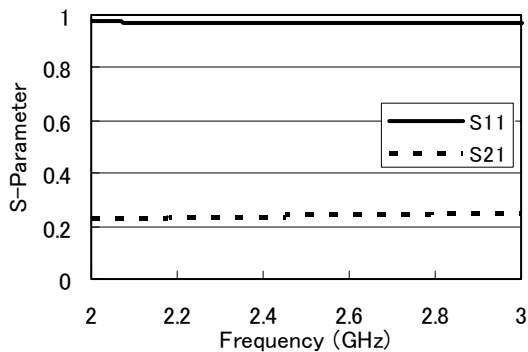


図2 磁界結合型カプラのモデル

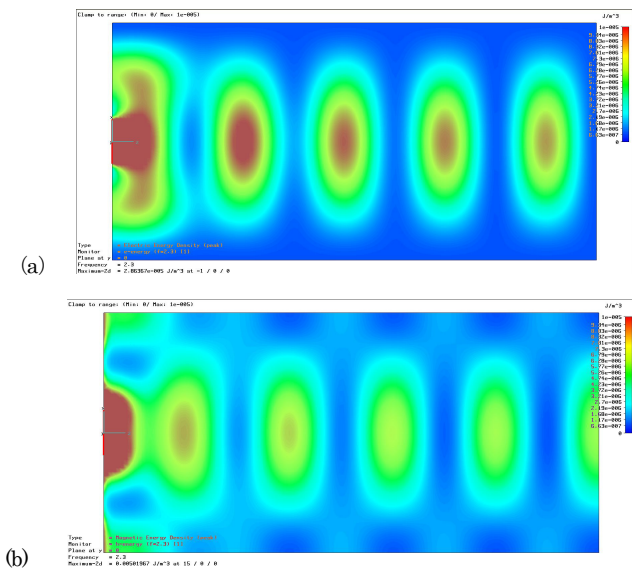


図3 実際のシートと同じサイズのモデル@2.3GHz

3. 試作システム

上記シミュレーション結果を、実際に確認するため、平面波が印加できるような単純な構造のシートを試作した。カプラはシート端部に配置し、その境界条件を開放と短絡それぞれ変えられるようにした。したがって、開放端（電界：腹、磁界：節）、短絡端（電界：節、磁界：腹）の2種類の条件に対し、電界、磁界結合型カプラをそれぞれ配置した計4条件で伝達係数を調べた。

図4,5に伝達係数S₂₁を示す。磁界結合型カプラの場合(図4)、開放端ではカプラの位置が磁界の節となるため、電力はほとんど取得されない。一方、短絡の場合には、カプラの位置が磁界の腹となるため、取得電力が増加する。これに対して電界結合型カプラの場合には(図5)、全く逆の状況になることがわかった。これは定在波の腹に対応するカプラを配置すれば、安定に電力を取得できることを示唆する結果である。

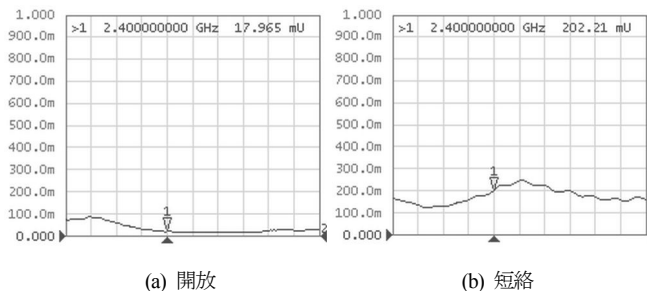


図4 磁界結合型カプラ

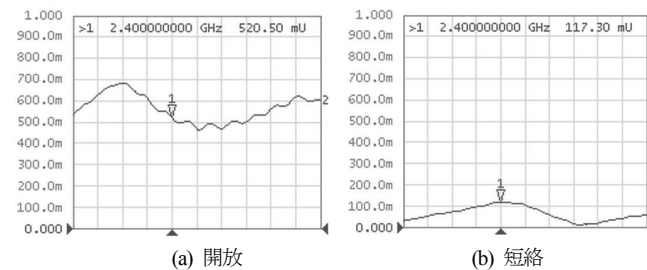


図5 電界結合型カプラ

4. まとめ

本稿で我々は、磁界検出型の新しいカプラを併用することで、定在波の影響を軽減する手法を提案した。定在波において、電界の節は磁界の腹であることから、電界・磁界結合型カプラの併用により、位置に寄らず安定に電力を取得できると期待される。シミュレーション、及び試作機によりこの原理を検証し、この提案手法の実現可能性を示した。

謝辞

本研究は日本学術振興会特別研究員奨励費(18-11193)の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Y. Makino, A. Okada, and H. Shinoda: "Measuring Myoelectric Potential Patterns Based on Two-Dimensional Signal Transmission Technology," Proc. SICE Annual Conference 2006, pp.2005-2009 (2006)
- [2] Y. Makino, K. Minamizawa and H. Shinoda, "Two Dimensional Communication Technology for Networked Sensing System," Proc. International Workshop on Networked Sensing Systems (INSS) 2005, pp. 168-173, 2005.
- [3] Y. Makino, S. Ogawa and H. Shinoda: "Flexible EMG Sensor Array for Haptic Interface," Proc. SICE Annual Conference 2008, pp.1468-1473 (2008)