

二次元通信における位置計測法

○中妻 啓, 牧野 泰才, 篠田 裕之 (東京大学)

Measuring Position in Two-Dimensional Communication

○Kei NAKATSUMA, Yasutoshi MAKINO, and Hiroyuki SHINODA (The University of Tokyo)

Abstract: Our group has proposed a novel communication technology named “Two-Dimensional Communication” for a room-sized sensor network. In this paper, we propose a method for a ubiquitous sensor to detect position of sensor nodes on the Two-Dimensional Signal Transmission (2DST) sheet. Position information is coded as a mesh pattern, and the sensor nodes detect it by electrical field pattern sensing.

1. はじめに

我々のグループは近年、部屋規模の高密度センサネットワークのための“二次元通信技術”を提案してきた[1]。この技術は、導体層と誘電体層から構成される二次元通信シート(Two Dimensional Signal Transmission sheet, 2DST シート、図 1)内を伝搬するマイクロ波がシート近傍に形成するエバネッセント波を用い、シート上に配置したセンサノードやデバイス間で電氣的接触なしに通信を実現する。また、2DST シートを介し、センサノードやデバイスへのワイヤレス給電も可能である。

センサネットワークでは分散したセンサノードの位置同定が必要である。本稿では、2DST シート上に形成したセンサネットワークのノード位置の検出手法を提案する。提案手法は、センサネットワークだけでなく、シート上に置かれた PC や携帯電話デバイスへの位置に応じた機能の提供、特定のセンサノード、デバイスへの効率的な給電などへの応用も考えられる。

2DST シート上のノードの位置計測を実現する手法としては、ビジョンを用いる方法(Pin&Play[2], Microsoft Surface[3])や、RFID タグをシートに埋め込む方法(DataTiles[4])などが考えられる。しかし、前者は遮蔽の問題に弱く、後者はシートにタグを埋め込むことによる通信特性への影響が懸念される。

そこで我々は、より簡易で、二次元通信の特徴を活かした方法として、シート上部の電磁場を用いる新たな位置計測手法を提案する。この手法では、通信・給電に利用しているマイクロ波を用いるためシートに加える変更はわずかですみ、検出デバイスとシートの間紙などの薄い遮蔽物を挟むことも可能である。

本稿では、我々の提案する位置検出手法の概要と有効性、および測定原理の検証実験について報告する。

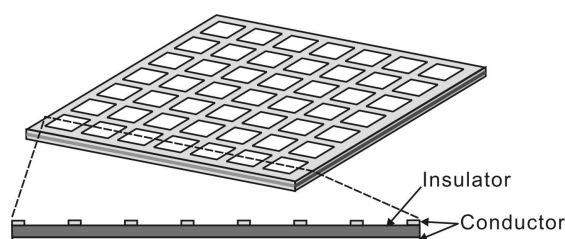


図 1. 二次元通信シートの構造。2 層の導体層が誘電体層を挟む。上部導体層はメッシュ構造を有し、シート内を伝搬するマイクロ波がメッシュを介してシート近傍にエバネッセント波を形成する。

2. 位置計測手法の概要

我々の提案手法は、Anoto[5] のデジタルペンから着想を得ている。Anoto では紙面に印刷した位置に応じたドットパターンを、ペン内蔵のカメラで検出し、ペン先の位置を取得する。

提案手法では、2DST シートに位置に応じたパターンを付与する。そのパターンを電磁場パターンとして読み取り、位置を計測する。2DST シートは導体層の一方がメッシュ構造を有しており(図 1)、シートにマイクロ波が印加されると、このメッシュ形状に応じた電磁場パターンがシート近傍に形成される。メッシュ形状を位置に応じたパターンに変形することで、シート近傍の電磁場は位置に応じたパターンを示す。これを測定することで位置計測が可能となる。なお、メッシュ形状は巨視的なシートインダクタンスが変化しない範囲で自由に変形してもよいことが分かっている [1]。

我々は、部屋規模のセンサネットワークを実現するという立場から、以下の設計仕様を目標として目指す。

- $10 \times 10 \text{ m}^2$ の 2DST シート上での一意の位置同定が可能
- 1 mm の位置検出精度を持つ
- 検出器のサイズは $10 \times 10 \text{ cm}$ 以下

まず、第一の仕様を満たすため、我々は図 2 に示すようにメッシュの格子の 1 マスで 1 bit の情報をコードし、この並べ方により位置情報をシートに付与する位置コーディング法を考案した。この手法では、1 組の(x, y)

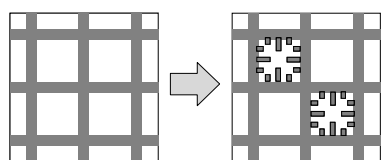


図 2. 2DST シートへの位置情報コーディングのための 1 bit の表現。右図のようにメッシュにより構成されるマスの 4 辺に楕円形突起を付与し、この有無で 1 マスにつき 1 bit の情報を表す。この配列により、位置コードを可能にする。

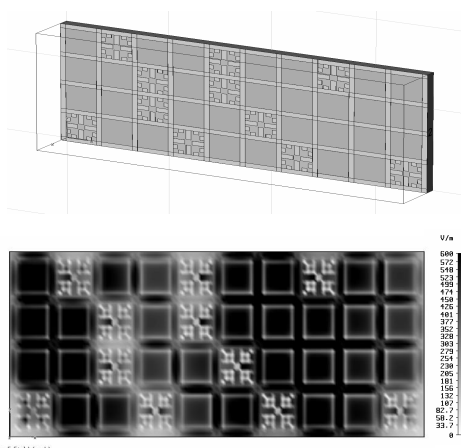


図 3. シミュレーションのための 2DST シートモデル(上図)と、シート表面から 2.5 mm での電場の垂直成分強度の時間平均結果(下図)。1 マス 1 bit の情報が電場強度の大小により読み取れることが示唆される。

座標値のコードには 32 マスが使用され、我々が通常用いている 7 mm 間隔のメッシュを用いた場合、 $560 \times 560 \text{ m}^2$ のシート上で一意に位置の同定が可能である。また、1 組の(x, y)座標値は 1 辺 8 マス($4.2 \times 4.2 \text{ cm}^2$)の正方形領域(Unit)にコードされ、検出器を目標の仕様を満たすサイズに設計するのに十分な小ささである。さらに、検出器と、この Unit との相対的位置関係から高精度の位置検出が可能であり、第 3 の仕様も達成できると期待される。なお、位置コーディング法については [6] に詳細の報告がある。

3. 位置パターン測定原理

提案手法では、位置パターンを検出するために測定する物理量として、シート上部の垂直方向の電場を用いる手法について報告する。

図 3 に示す 2DST シートモデルを用いて電磁界シミュレーションを行った。シート側面から 2.4 GHz のマイクロ波を入力しシート上部の電磁場を観察した。位置コードのための 1 bit の表現として、メッシュの格子のマスの四辺に楕円形の導体突起を付与し、この有無を用いる。このとき、シート表面 2.5 mm 上方の電場の垂直方向成分は、楕円形突起の有無により強度が異なる。この強度差を測定することで、シートに付与したパターンの配列を読み取ることが可能であることが示唆される。

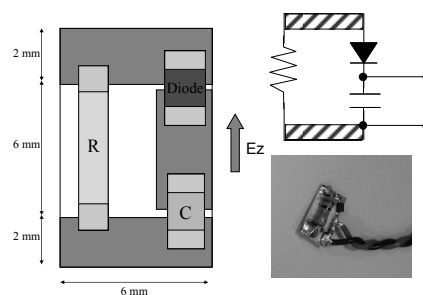


図 4. 垂直電場読み取りのためのセンサの構造(左、右上)と、試作器(右下)。垂直方向電場により生じる電極間電位差を整流して測定する。

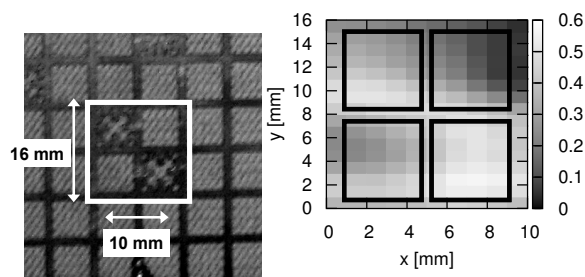


図 5. 測定範囲(左)と、測定結果。楕円形突起を付与した 2 マスを含む 4 マス(左図)を試作したセンサにより 1mm 間隔でスキャンした。結果(右図)より、マスごとの 1 bit の違いの傾向は見えた。

4. 原理検証実験

シミュレーションで確認されたシート上の垂直電場を測定するセンサとして、図 4 に示す構造を持つ電極対を試作した。図 5 に実験条件と結果を示す。これより、1 マス 1 bit を見分けるための閾値を決定できることを確認したが、広範囲のスキャンでは明確な違いを測定できないことが分かった。これは、1 bit の表現のための楕円形突起形状を最適化していないため、マイクロ波の反射などにより場が乱れたためと考えている。

5. おわりに

本稿では二次元通信シート上の位置検出手法について説明した。今後は、より原理検証を進め、位置パターンを検出可能なデバイスの製作を行う予定である。

参考文献

- [1] H. Shinoda, Y. Makino, N. Yamahira, and H. Itai, "Surface Sensor Network Using Inductive Signal Transmission Layer," *Proc. INSS 2007*, pp. 201-206 (2007)
- [2] Y. Kishino, T. Terada, S. Nishio, N. Villar, and H. Gllersen: "A Position Detection Mechanism for Location-aware Pin&Play", *Proc. ICHIT 2006*, pp.308-317 (2006)
- [3] Microsoft Surface: <http://www.microsoft.com/surface/>
- [4] T. Rekimoto, B. Ullmer, and H. Oba: "DataTiles: A Modular Platform for Mixed Physical and Graphical Interactions", *Proc. CHI 2001*, pp.269-276 (2001)
- [5] Anoto: <http://www.anoto.com>.
- [6] K. Nakatsuma, Y. Monnai, Y. Makino, and H. Shinoda: "Position Detection on Two Dimensional Signal Transmission Sheet by Magnetic Field Pattern Sensing", *Proc. The 24th Sensor Symposium*, pp.68-72 (2007)