

電力と信号の 2 次元伝送法

Two-dimensional transmission of power and signal

篠田裕之
Hiroyuki Shinoda

東京大学 大学院情報理工学系研究科
Department of Information Physics and Computing, The University of Tokyo

1. まえがき

本稿では二次元通信、すなわち薄いシート状媒体や物体の表面に沿って 2 次元伝播する電磁波を用いて信号と電力を送る技術 [1] を紹介する。通信媒体の任意個所にコネクタを近接することで密に結合し、高速に信号を送る。信号と同時に、媒体に近接する機器の動作電力も安全に伝送する。本稿では特にマイクロ波帯域を中心に行われている最近の開発状況を報告する。

2. 二次元通信の基本構造と特徴

電磁波を面内に閉じ込める方法としてはいくつかの方法が考えられるが [1]、波長よりも著しく薄いシート内に電磁エネルギーの大半を局在させることができ、かつ表面での近接結合が可能なのは図 1 (a) の 3 層構造である [2]。図中 inductive layer と書かれている層は図 1 (b) のような良導体のメッシュで容易に実現することができる。

これまでに 2.4 GHz のマイクロ波を低損失で 2 次元波動に変換する図 2 のような近接コネクタが実現されている。図 3 に示すのはこれらを利用した電力伝送実験の様子である。普段電磁波のエネルギーの大半 (典型例で 99~99.9%) は通信シートに閉じ込められており、同調するコネクタとのみ近接結合するため、電力も安全に伝送できる。図 4 では 1 m × 60 cm のシートにおいて 400 mW 程度までの電力を供給し、マウス、キーボード、スピーカ、扇風機をバッテリーレスで駆動している様子である。信号も通信シートによって伝達されている。

同様な構造を布状シートにし、マイクロ波による電力伝送を行っている様子が図 5 である。導電性の繊維に近接するだけでよいので、繊維の柔軟性を損なわずに多数の素子を実装できる。

3. 二次元通信の応用領域

例えば携帯電話は空中で通信する必要があり、無線すなわち 3 次元通信の利用が必須要件となる。二次元通信は、空中に浮いている必要はないが個別に配線はしたくない場合、また接続位置を固定したくない場合に合理的な結合形態である。無線と比べると特殊な通信層は必要であるが、その構造は簡単であり、アルミなど安価な材料を選択して実装することができる。あらかじめ机などにこの構造を組み込んで製造すれば、実質的にはわずかな付加コストで二次元通信を利用することができる。以下ではこのような二次元通信の適用領域を 1) 室内規模での通信、2) 素子集積 という二つの視点から概観する。

3.1 室内規模でのユビキタス通信と電力伝送

現在我々が身につけている情報機器はせいぜい 2, 3 個であり、その程度であればバッテリーの充電はそれほど苦にならない。しかしこの個数が 10 個になると、それらへの配線や充電は著しく不便に感じるようになる。机の表面で電力を送る二次元通信は、このように多数のユビキタス機器を現実の生活で利用するための環境を提供する。

セキュリティや省エネルギー、快適性のために多数のセンサを室内に取り付けたいという潜在的な要求は大きい。配線工事をしてまでセンサを取り付けるのは現実には困難な場合が多い。このとき壁や床にあらかじめ通信層が埋め込まれていれば、そこに張り付けるだけでセンサが実装でき、容易にセンサを分布させることができる。

もう一つの重要な特徴は、空間とは隔離された通信空間が面上に確保される点である。異なる面に属する素子に対して不要な妨害信号を伝達することはなく、また外界からの妨害電波による通信障害も受けにくい。したがって高い信頼性が要求されるために無線が使えなかった場面でも二次元通信であれば配線レスの通信が利用できる。電波法の

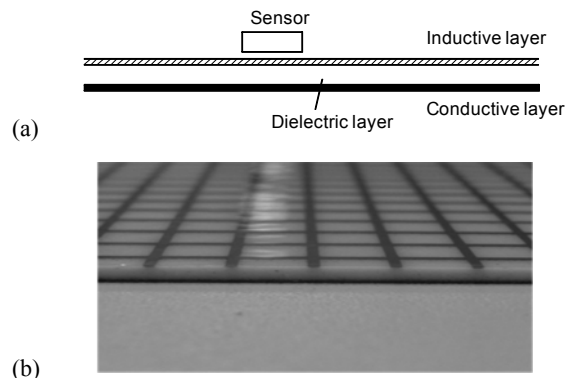


図 1: 二次元通信シートの断面図 (a) と写真 (b)

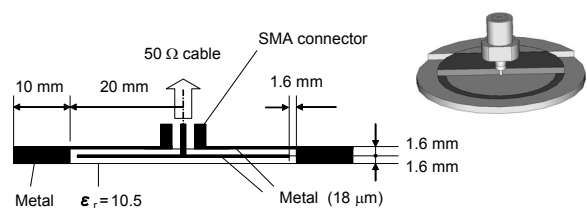


図 2: 近接結合コネクタの一例

規制を受けない広帯域通信も原理上は可能である。このような高信頼性、広帯域性だけでなく、信号伝達範囲が可視化できることを活かし、情報セキュリティ確保やアクセス制御を目的とした利用も考えられる。

図 6 は二次元通信によってパッシブタイプの RFID タグを読み取っている例である。面に触れているものであれば普通のアンテナを用いた場合よりも広い範囲のタグを読むことができるし、安全基準をみたしながらより大きい電力を投入し、さらに読み取り範囲を拡大することもできる。シートに触れていなければタグが読めないことは欠点にもなるが、それを逆に利用してタグが持ち上げられたことを検出することもできる。さらにパッシブタグに発光機能を付与し、無秩序に並んだ多くのものから目的のものを探し出すのを補助することもできる。

3.2 素子集積

二次元通信は、従来の回路実装技術を拡張する技術である。二次元通信では機能素子と通信層の間に電気的結合は必要なく、伝達媒体が面であるためその部分的欠陥は相当程度許容することができる。したがって電子部品のそれぞれが共通に二次元通信のインターフェースを備えていれば、従回路実装できなかった多様な素材にそれらを実装することができるようになる。すなわち資源循環の観点や機械的特性の面からより好適な基板素材を選択することが可能になる。特に導電性繊維など柔軟な素材への素子実装は、期待の大きい適用分野であると思われる。

例えば衣服にヘルスケアセンサなどの素子を実装したいというニーズは大きいですが、配線がネックとなって実用化は限定的である。衣服に導線を張りめぐらせるとそれによって柔軟性が損なわれるし、素子を固定した個所は壊れやすくなる。しかし素子を特定の繊維に対して固定せず、横ずれを許容する実装形態であれば柔らかさを保ったまま丈夫に実装できる。柔軟繊維に多数の素子を実装する新しいアプリケーションとして筋電分布を計測する柔軟デバイスや、自身の 3 次元布形状をリアルタイムに計測するシステムなども提案され始めている。

3.3 電力伝送能力の向上で広がる応用

これまでの紹介例では 1 W 以下の小電力を素子や機器に伝送することを想定していたが、その供給電力を 1 桁さらには 2 桁向上させることでさらに応用範囲は広がる。伝送電力増大のためには近接コネクタの結合効率を維持しながら通信シート外へのエバネッセント波の漏出を抑制する技術開発が鍵となる。通信シートに人体が接触した場合の安全性を確保しつつ、伝送電力をどこまで高められるかを現在検証中である。

参考文献

- [1] 篠田裕之：素材表面に形成する高速センサネットワーク、計測と制御，Vol. 46, No. 2, pp. 98-103 (2007)
- [2] H. Shinoda, Y. Makino, N. Yamahira, and H. Itai: Surface Sensor Network Using Inductive Signal Transmission Layer, Proc. INSS07, pp. 201-206 (2007)

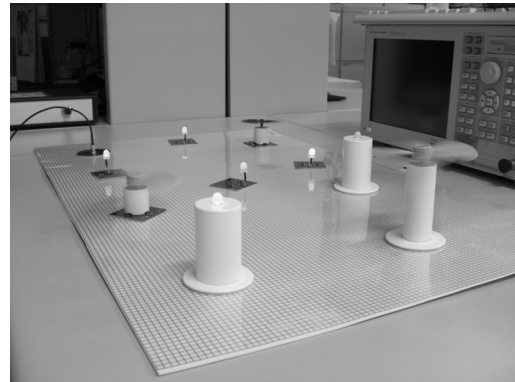


図 3: 通信シート上の接触物体に電力を伝送している様子

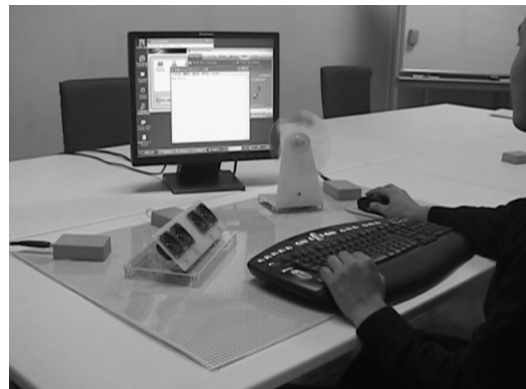


図 4: スピーカ、マウス、キーボード、扇風機はワイヤレスかつバッテリーレスで動作している

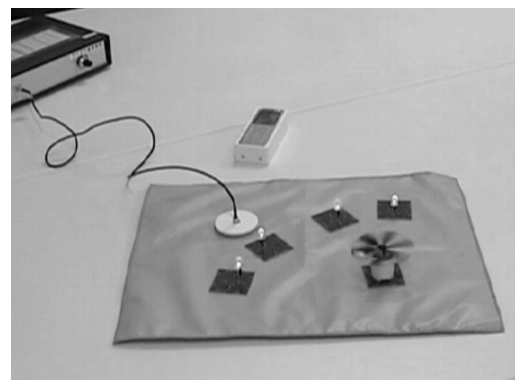


図 5: 布状二次元通信シート



図 6: シート上の RFID タグを読んでいる様子