

表面マイクロ波を用いた信号と電力の同時伝送法

板井 裕人¹ 張 兵² 篠田 裕之³

¹ 株式会社セルクロス 〒113-8656 東京都文京区弥生 2-11-16-9-722

² 独立行政法人情報通信研究機構 〒619-0289 京都府相楽郡精華町光台 3-5

³ 東京大学大学院情報理工学系研究科システム情報学専攻 〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1

E-mail: ¹ itai@cellcross.co.jp, ² zhang@nict.go.jp, ³ shino@alab.t.u-tokyo.ac.jp

あらまし 多数のユビキタスセンサを実装するための新しい物理層として、近年二次元通信が提案されている。導電体-絶縁体-導電性メッシュの3層構造をもつ表面に素子が近接し、表面を伝搬するマイクロ波によって信号伝送を行う。本研究では、このような表面に近接し、高効率のマイクロ波電力取得を行う電極アレイを提案し、実験的検証を行った。

キーワード ユビキタスセンサ, センサネットワーク, 二次元通信, マイクロ波電力伝送

Method of Simultaneous Signal-Power Transmission Using Surface Microwave

Hiroto ITAI¹, Bing ZHANG², and Hiroyuki SHINODA³

¹ Cellcross Corporation, 2-11-16 Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-8656 Japan

² National Institute of Information and Communication Technology,
3-5 Hikaridai, Seika-cho, Soraku-gun, Kyoto, 619-0289 Japan

³ Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo,
7-3-1, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-0033, Japan

E-mail: ¹ itai@cellcross.co.jp, ² zhang@nict.go.jp, ³ shino@alab.t.u-tokyo.ac.jp

Abstract Two Dimensional Communication is a new physical form of communication that enables us to mount many ubiquitous devices in rooms and on clothes. The devices transmit/receive signals by microwaves traveling along the table or floor surfaces that have a simple three layer structure. The three layers are composed of a conductive sheet, an insulating sheet, and a conductive mesh. In this paper, we propose electrode array to absorb microwave power from the three-layer sheet and confirm the efficiency by experiments.

Keyword Ubiquitous sensor, sensor network, two dimensional communication, microwave power transmission

1. はじめに

ユビキタス社会の進展に伴い、身の回りの多くの機器や物がネットワークに接続され、便利に活用されるようになってきている。中でも分布するセンサ間をネットワーク化したものは、センサネットワークと呼ばれ、集中型の計測装置では得られない緻密な分布情報を得る方法として期待されている[1]。この実現方法としてこれまでは、センサノード間を一つずつ配線で繋ぐか、無線で繋ぐことが想定されてきた。しかし情報を授受するセンサノードの数が増えるにつれ、配線は室内の美観や機能を損なう厄介者となる。一方無線を用いた場合には、各端末への電力供給や、混信が問題となることが指摘され始めている。

この解決方法のひとつとして、近年、二次元通信[2]

が提案されている。この技術は、導電体-絶縁体-導電性メッシュの3層からなる二次元通信シート上に置かれたセンサ素子に対してマイクロ波を用いて電力を供給し、同時に情報通信も行なうものである。

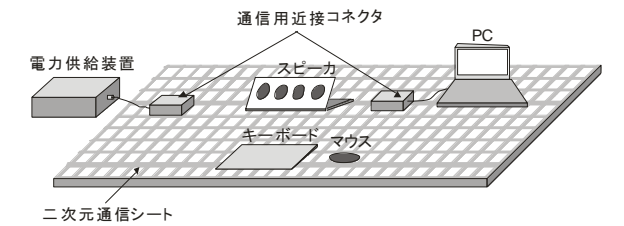
本研究では、このような二次元通信シートの表面に近接し、高効率のマイクロ波電力取得を行う電極アレイを提案し、実験的検証を行った。また情報通信用のコネクタについても新規な構造のものを提案した。

2. 二次元通信近接コネクション

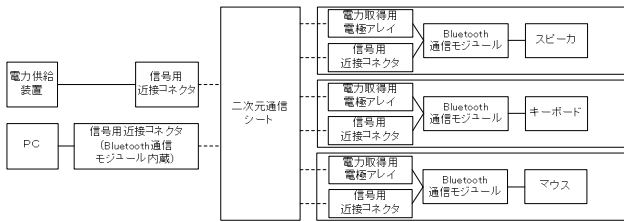
マイクロ波を用いた二次元通信の物理形態として、文献[2]では4種類の方法が示されている。本論文ではそれらのうちで、導電体-絶縁体-導電メッシュからなる3層構造の二次元通信シートを用いることを前提

とする。その場合、二次元通信シート上に配置したセンサ素子は、通信シートに対して非接触で電磁波の授受を行い、情報通信や電力供給を実現できる。このような近接結合を実現する方法としては、これまでに文献[3]に示されるようなデバイスが提案されている。このコネクタは、単体でフリスの伝送効率限界[2]に近い電力伝送を実現するが、それらを複数配置して電力吸収量を拡張するために適した構造とはなっていない。そこで本研究では電力供給に目的を限定したアレイ型の近接コネクタ（電力取得用電極アレイ）を提案し、試作を行なった。アレイの個々のユニットが吸収する電力量は文献[3]のものに比べて小さいが、それらの出力を整流後加算することで、アレイの大きさに応じた電力を安定に取得することができる。

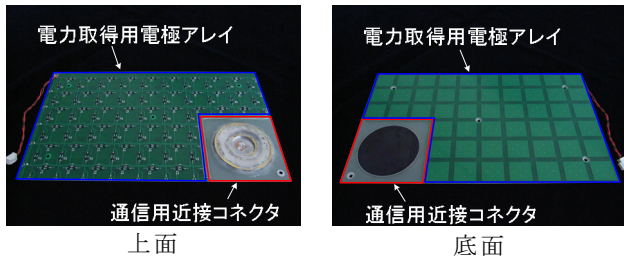
また、文献[3]においては、18 cm 角の通信シートにおける基礎実験結果が示されていたのみであったが、本研究では卓上を覆う 200 mm × 600 mm の通信シートが試作されている。さらに文献[3]のものに比べて厚みの薄い信号用近接コネクタが設計・試作されているので、それらの構造、実験結果もあわせて報告する。



(a) 実験システムの概観



(b) 実験システム構成



(c) スピーカ用に試作した電力取得用電極アレイと信号用近接コネクタ

図 1 実験システム

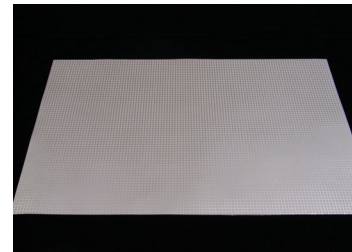
2.1. 二次元通信における信号と電力の同時伝送実験システム構成

本研究における実証実験システムを図 1 に示す。電

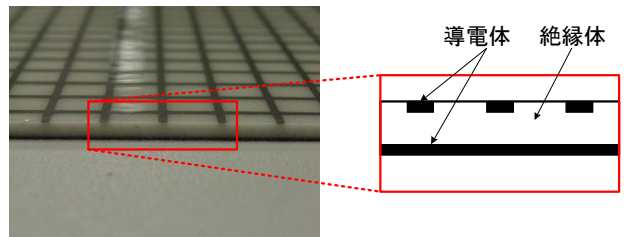
力供給装置から信号用近接コネクタ（信号伝送用コネクタと共通の構造のものを用いる）を介して 2.4 GHz 帯のマイクロ波を二次元通信シートに放射し、二次元通信シート上に置かれた電力取得用電極アレイによりマイクロ波電力を取得する。このようにして得られた電力を用いて二次元通信シート上に置かれたスピーカ、キーボード、マウスを駆動する。また、PC と接続された信号用近接コネクタを介して 2.4 GHz 帯の信号の授受を行い、スピーカからの音声信号出力、キーボード、マウスを用いた PC 操作を行なう。Bluetooth 機器を流用した試作システムにおいて、これらが良好に動作することが確認された。以下では、本システムを構成する各要素について述べる。

2.2. 二次元通信におけるマイクロ波伝送媒体

本研究では、マイクロ波伝送媒体として、導電体-絶縁体-導電メッシュの 3 層構造からなる二次元通信シートを用いる。図 2 に実験で使用した二次元通信シートを示す。誘電体を均一良導体とメッシュ構造の良導体とで挟んだ構造をしており、縦横が 2000 mm × 600 mm、厚さは 2 mm である。またメッシュ構造の周期は 7 mm、メッシュ線幅は 1 mm、誘電体にはポリマーの発泡体を用いている。



(a) 二次元通信シートの全景



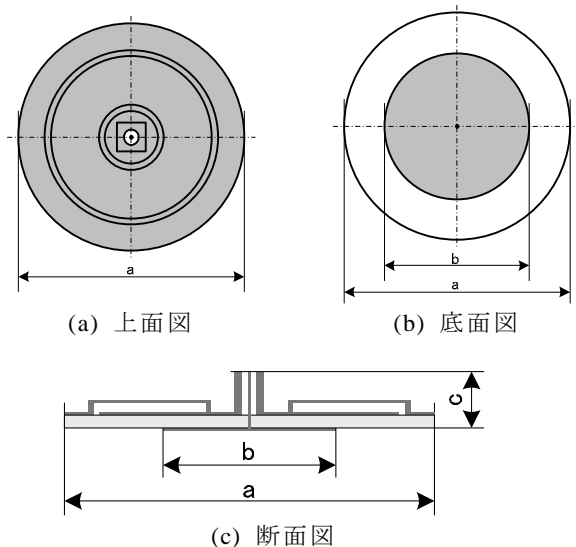
(b) 二次元通信シートの断面

図 2 二次元通信シートの概観

2.3. 信号用近接コネクタ

今回の実験では、無線 LAN で使用されている 2.4 GHz 帯での使用を前提に信号用近接コネクタを試作した。このコネクタは、信号の送受信だけでなく通信シートへの電力供給にも用いられる。図 3 に信号用近接コネクタの構造および写真を示す。本実験では、 $a = 60$

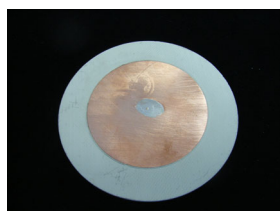
mm, $b = 40$ mm, $c = 3.2$ mm とした. 図 4 に二次元通信シート上での信号用近接コネクタのリターンロスと VSWR を示す.



(a) 上面図

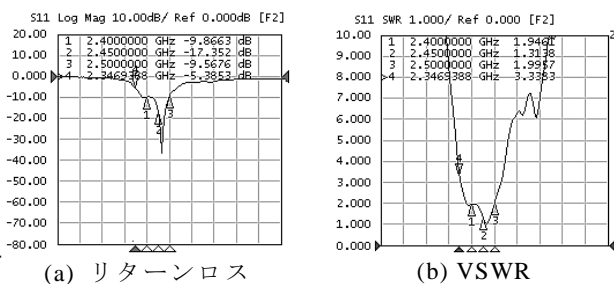
(b) 底面図

(c) 断面図



(d) 試作した近接コネクタの上面 (e) 試作した近接コネクタの底面

図 3 試作した信号用近接コネクタ



(a) リターンロス

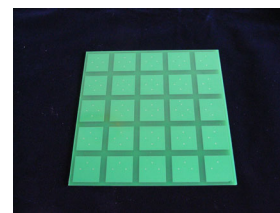
(b) VSWR

図 4 信号用近接コネクタの特性

2.4. 電力取得用電極アレイ

これまでにも二次元通信を用いた電力伝送が検討されているが[3], 先行研究においては電力供給側も電力取得側も同一構造の共振型近接コネクタが用いられていた. 一方, 本研究で提案を行う電力取得用電極アレイは, 特定の周波数において共振を起こさない非共振型の近接コネクタを多数配列したものである. 各アレイからの電力は整流後に加算され, 全体として多くの電力を得る.

本実験では, 2 cm 角の電極をアレイ状に複数配置した. 2つの電極間に整流回路を接続したものを1ユニットとする. そのユニットを複数並列接続し, 図 5 に示すような 5×5 の電極アレイを試作した. 電極アレイの出力端子に抵抗を接続し, 両端に発生する電圧を測定して抵抗で消費される電力を計算したところ, 図 6 のような結果が得られた. この結果から 10W の供給電力に対して最大 216mW を取得できることが分かった. ここで, 図 6における測定は, 電力供給用近接コネクタと電力取得用電極アレイを 40cm 離れた位置で行った.



(a) 電極アレイの上面

(b) 電極アレイの底面

図 5 試作した電力取得用電極アレイ

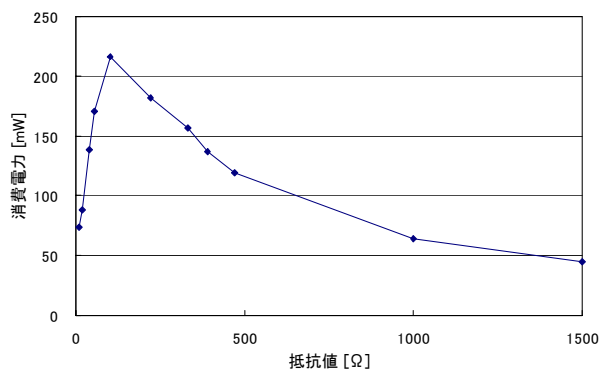


図 6 電力取得電極アレイでの消費電力と負荷抵抗値の関係

3. おわりに

本研究では二次元通信シートの表面に近接し, 信号伝送を行うための信号用近接コネクタと, 高効率のマイクロ波電力取得を行う電極アレイを提案し, 実験的検証を行った. 2000 mm \times 600 mm の通信シートに対して 10 W を投入した実験において, 今回試作した電極アレイでは, 最大 216 mW の消費電力が取得できることが明らかになった.

本研究では各電極の一辺を 2 cm 角として試作を行ったが, 電極サイズを変化させることによる取得電力の変化を確認することは今後の課題である.

文 献

- [1] 安藤繁, 田村陽介, 戸辺義人, 南正輝, “センサネットワーク技術”, 東京電機大学出版, 2005
- [2] 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
- [3] Naoshi Yamahira, Yasutoshi Makino, Hiroto Itai and Hiroyuki Shinoda, “ Proximity Connection in Two-Dimensional Signal Transmission ” , Proc. SICE-ICASE Int. Joint Conf. 2006, Oct., Busan, Korea, pp.2735-2740, 2006.