

マイクロ波によって電力とデータを同時に伝送できる!

## 2次元通信システム「サーフェイス LAN」

張 兵/篠田 裕之

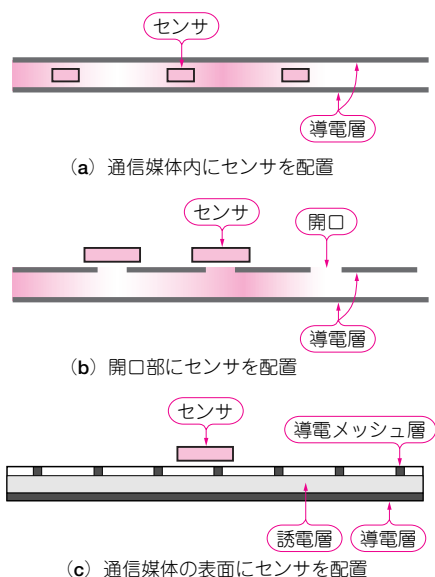
Bing Zhang/Hiroyuki Shinoda

ユビキタス社会化が進行するなか、有線・無線のもつ課題を克服する新たな通信方式の出現が待ち望まれています。2次元通信技術は、従来の有線(1次元通信)や無線(3次元通信)とは異なり、面で構成する伝送媒体を使うことにより、高速な通信を行うとともに、電源供給も可能な画期的な技術です。本技術は、家具の表面、床、壁、服などといった人間や機器、環境が接する界面がネットワークとして機能するため「サーフェイス LAN」という今までにない通信形態と通信領域の提供が可能となります。

本稿は、このような黎明期にある2次元通信技術を解説し、今後の展望と技術課題について述べたいと思います。

### サーフェイス LAN とは

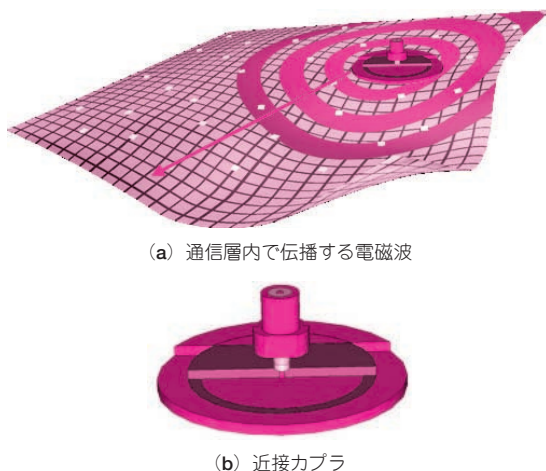
サーフェイス LAN システムは、2次元伝搬するマ



〈図1〉シート状の通信媒体に電磁エネルギーを局在させるために、導電体で誘電体をサンドイッチした三つの基本形態

マイクロ波を通信シートに閉じ込め、通信アダプタのカプラをそこに電磁近接結合することによって、通信と電力供給を行います。シート状の通信媒体に電磁エネルギーを局在させる方法として、いくつか可能な選択肢が考えられます。図1に導電体で誘電体をサンドイッチした三つの基本形態を示します。図(a)と図(b)は、センサを通信媒体内に埋め込むか<sup>(1)</sup>、または開口部に固定することになります。それらに比べると図(c)に示すメッシュ構造をもつ通信媒体を使う場合、場所の限定がなく、通信媒体面のどこに近接させても通信と電力供給が可能<sup>(2)</sup>です。

図2は、メッシュ構造をもつ通信シートにおける電磁波伝搬のようすと近接アダプタ(カプラ)の概念図です。図2(a)のメッシュ・シートは図1(c)に示すように、導電メッシュ層、誘電層、導電層の3層構造からなり、シートの任意箇所に図2(b)の近接カプラを置くことによって電気的な接続がなくても通信と電力伝送を行うことができます。その理由は、シートから染み出てくる「エバネッセント波」と呼ぶ、表面付近にしか伝搬しない電磁場を利用しているからです。ここに近接カプラを近づけると、エバネッセント波を媒介



〈図2〉メッシュ構造をもつシート状の通信媒体と近接アダプタ(カプラ)の概念図

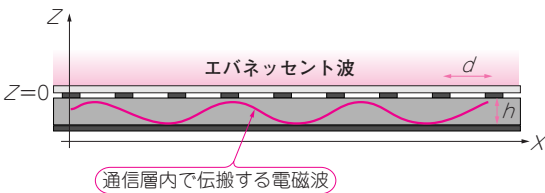
にエネルギーがカプラに伝わります。

このようにサーフェイス通信技術は、端末ごとの配線が不要で電波が空間に広がらないことから、高セキュリティ性と利便性を兼ね備えており、広範な分野での活用が期待できます。以下では、特にメッシュ構造をもつサーフェイスLANシステムの詳細を解説し、その具体的な応用例を紹介します。

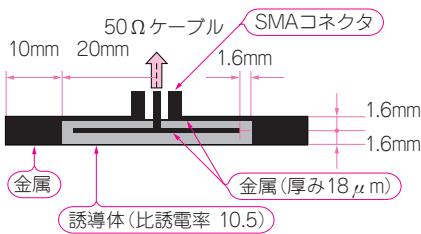
## サーフェイスLANの動作原理とハードウェア

### ■ 基本的な動作原理

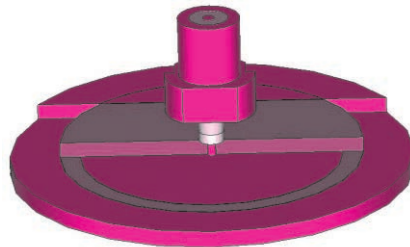
図3はメッシュ・シートの断面図です。図1(c)のような2層の導体間に高周波電界を加えると、通信層に沿って電磁波が伝搬します。1メッシュ分の平均値を見ると、シート内電界はシートに対してほぼ垂直方向、磁界はシートに沿った方向を向いています。図3のように座標系をとると、メッシュ構造をもつ通信媒体上における電磁場( $Z > 0$ )は、通信シートにおける電磁波長 $\lambda_d$ の基本成分と、メッシュ周期 $d$ をもつ変調成分の積で表すことができます。



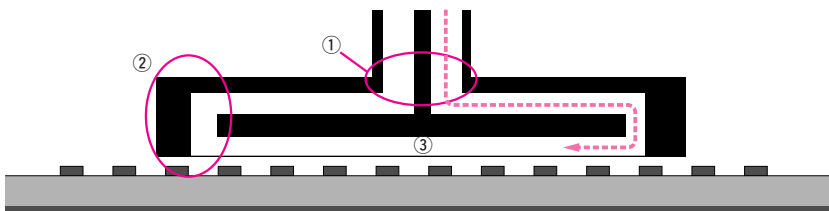
〈図3〉通信層上に染み出したエバネッセント波



(a) 横断面の構造



(b) 断面図



(c) 動作原理

〈図4〉軸対称の構造をもつ等方型近接カプラの構造と原理

$$E(x, z) = A \exp\left(j \frac{2\pi}{\lambda_d} x\right) \left[ \sum_{n=-\infty}^{\infty} B_n(z) \exp\left(j \frac{2\pi n}{d} x\right) \right] \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 $\lambda_d$  : 波長 [m],  $d_m$  : メッシュ周期 [m] ( $d \ll \lambda_d$ ),  $A$  : 定数,  $n$  : 整数

$B_n(z)$  は  $z$  の減衰関数で、次式のようになります。

$$B_n(z) = C_n \exp\left[-2\pi \sqrt{\left(\frac{1}{\lambda_d} + \frac{n}{d}\right)^2 - \left(\frac{1}{\lambda}\right)^2} z\right] \dots \dots (2)$$

ここに  $C_n$  : 定数,  $\lambda$  : 空気中の電磁波長 [m]

誘電層の誘電率は1より大きく、メッシュのインピーダンスは誘導性であるため  $\lambda > \lambda_d$  となります。したがって、 $B_n(z)$  は近似的に、

$$B_n(z) \doteq \begin{cases} C_0 \exp\left[-2\pi \sqrt{\left(\frac{1}{\lambda_d}\right)^2 - \left(\frac{1}{\lambda}\right)^2} z\right] & (n=0) \\ C_n \exp\left[-\frac{2\pi n}{d} z\right] & (n \neq 0) \end{cases} \dots (3)$$

で与えられ、シートの上方にはシート表面からの距離  $z$  に対して指数減衰するエバネッセント波を形成していることがわかります<sup>(3)</sup>。

シートの外に漏れ出しているエバネッセント波の電力や減衰距離は、表面導体部のメッシュの細かさで決まります。現在までの典型的な開発例では、エバネッセント波のエネルギーは通信シート内部を流れるエネルギーの1%程度であり、エネルギーのほとんどはシートの内部にあります。また、振幅が1/eに減衰する距離は1 cm程度です。

通信シートが無限平面であれば空間への電磁放射は存在しませんが、シートの端を適切に処理しなければ、そこから微弱な電波が放射されます。またシート表面で接触する物体も散乱体となりえます。