

床面による室内共有通信環境を実現する2次元通信技術の研究開発 (135003009)

Two-Dimensional Communication Technology on Floor Surface for Efficient Use of Indoor Bandwidth

研究代表者

篠田裕之 東京大学

Hiroyuki Shinoda The University of Tokyo

研究分担者

野田聡人 長谷川圭介 門内靖明

Akihito Noda Keisuke Hasegawa Yasuaki Monnai
東京大学

The University of Tokyo

研究期間 平成25年度～平成26年度

概要

本研究では、シート状の媒体を伝搬するマイクロ波によるエバネッセント場を介して近距離無線通信を実現する2次元通信技術を基盤技術とし、UWB ローバンド(3.4～4.8 GHz)/ハイバンド(7.25～10.25 GHz)を活用する超広帯域通信を部屋の床面を利用して実現する技術を確認した。具体的には、床面に敷き詰めたタイル状2次元通信シートによる低漏出・ルームサイズ通信の技術開発、および床面敷設シートと効率的にカップリングする床面用超広帯域近接コネクタの開発を行い、通信特性を評価した。これらの研究開発により、床面を利用した低漏出の高速近距離無線通信環境が実証された。

1. まえがき

モバイル機器の普及とその通信の高速化、さらには身の回りのあらゆる物が通信を行うIoT時代において、周波数の有効利用は喫緊の課題である。それに対する一つの解決策として2次元通信、すなわち床や壁など、室内を構成する面を電磁波の媒体として用い、面の上で済む通信は面内で完結させることが有効であると考えられる。特に数GHzを越える高周波数の電磁波は直進性が強く遮蔽の影響を受けやすいため、UWB帯の安定した通信のためには2次元通信が有利である。UWBではその電波強度の上限値が極めて小さな値に設定されているが、面に触れている限りはその上限値の下でも安定した通信が可能である。さらに帯域幅あたりの通信速度を低く設定すれば、微弱無線の範囲でも有効な通信が可能である。

しかしこれまでの2次元通信の研究・実用化事例において、その通信範囲は高々卓上のシート内に限定されていた。本研究ではそれを部屋全体に拡張する方法を示し、部屋規模での通信環境を実証した。

空間を媒体とする無線通信と2次元通信とを比較する際、2次元通信における媒体の敷設コストを無視することはできない。本研究で開発されたシステムは、オフィスで一般的に利用されているOAフロアとほとんど変わらない工程で敷設することができ、設置作業者の作業量の増分はわずかである。OA床の部材に簡単な回路を組み込む必要はあるが、それらのハードウェアコストは量産化によってOAフロアの部材費より安価にすることが可能であると考えられる。さらに将来的には、基本構造を変えずに床面全体での電力伝送システムも組み込むこともできる。

2. 研究開発内容及び成果

広い床面全体に2次元通信システムを拡張するための手法として「アクティブタイル方式」を開発した。図1のように、タイルは通常のOAフロアの設置と同様の工程で敷設できる。典型的なOAフロアは、50cm角の樹脂のブロックを床に並べ、その上にタイルカーペットを配置することで敷設される。2次元通信システムの実装のために追

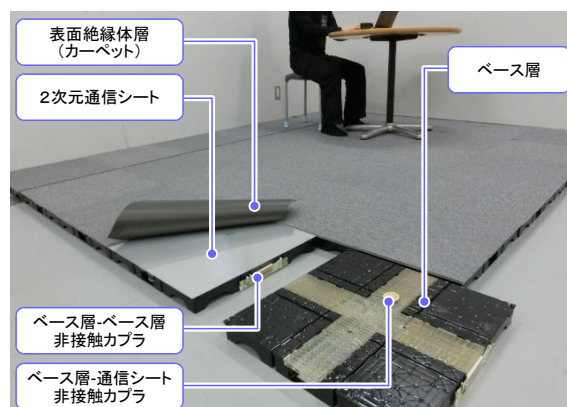


図1 2次元通信タイル

加される工程は、樹脂ブロックとタイルカーペットの間に2次元通信シートを挟むだけであり、樹脂ブロック間および樹脂ブロックと2次元通信シートの間はいずれも非接触で信号結合し、相互位置ずれについて十分なトレランスを有するように設計することができた。以下に各要素の詳細を説明する。

2-1 ベース層タイル

ベース層タイル、すなわちOAフロアの樹脂ブロック部には、その辺縁部に隣接タイルと信号接続するための近接結合コネクタおよび直流電力伝送のための接触型コネクタが実装されている。各ベース層タイルにはバッファアンブが実装されており、タイルを横切ることで信号強度が変化しないように信号を増幅して隣のタイルに伝送する。今回の試作システムでは、タイル4辺のうち対向する2辺のそれぞれが入力ポートと出力ポート(それぞれが近接コネクタ)を有し*、入力ポートに入力された信号は、対向する辺の出力ポートにゲイン1で出力される仕様となっている

*すなわち今回の試作では、通信エリア内が複数本の1次元伝送路で覆われる仕様としている。そのためタイルを敷設する際には、タイル設置の方向に制約がつく。

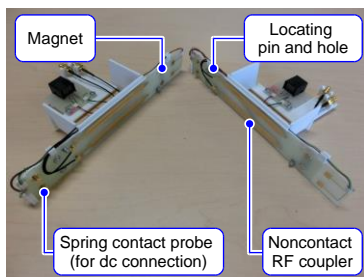


図2 隣接タイル間接続用の近接コネクタ（ただし直流電力は接触式で伝送）

いる。試作したタイル間コネクタを図2に示す。UWB ハイバンドにおいて、平坦な信号伝送特性と良好な位置ずれトレランスを有することを実験的に確認した。

また、タイル間を伝送する信号は、分岐してそのタイル上の2次元通信シートに近接結合されている。紙数の都合から詳細は省略するが、そのタイル上での端末にとっての送信信号と受信信号が、それぞれ通信タイル内での上り専用帯域と下り専用帯域にシフトして伝送されるようにすることで、タイル内アンプによる発振の問題を回避している。

2-2 2次元通信シートと広帯域カプラ

2次元通信シートは、2.4GHz帯での電力伝送用に開発されたシート仕様、すなわち4mm周期1mm線幅のアルミメッシュパターンを表面に備え、それと裏面のアルミ層とで厚さ1mmのポリエチレン層を挟んだ構造のものを用いた。裏面のアルミ層には円形の開口部があり、それに適合する近接コネクタによってベース層の回路と結合されている。

2次元通信シート表面に適合する近接コネクタとして、図3に示すカプラを開発した。UWBの使用帯域全体で反射係数が-5dB以下となるカプラを開発することができた。

2-3 2次元通信タイルシステムの特性評価

2次元通信シートの中央から距離1mにおいて、アンテナの仰角を変化させながら受信強度を測定した。シート裏面のカプラからUWB通信の送信電力密度の上限である-41.3 dBm/MHzを入力した場合、1m離れた位置でホイップアンテナが受信する電力は-110 dBm/MHz以下となり、室温での熱雑音-114 dBm/MHzと同程度以下になることが示された。

次に図4のようにタイルを10枚接続し、一番端のタイルのポートとタイルに近接するカプラとの間の透過係数を計測した。複数連結された2次元通信タイルにおいても安定した信号伝送特性が確認された。

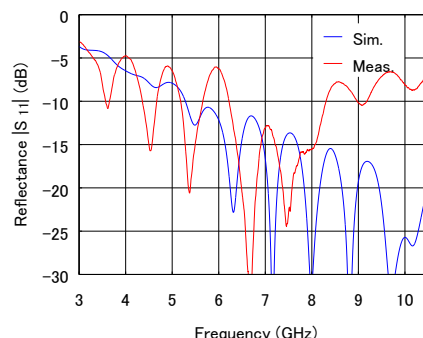
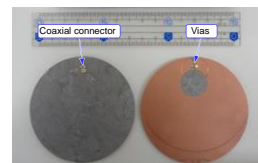


図3 開発した広帯域カプラの特性

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出

普及の第一ステップとして、すでに普及が進んでいるWiFiやBluetoothの信号を周波数変換して床面を伝送することで2.4GHz帯の過剰な混雑を緩和するシステムの実用化を推進中である。既存のWiFiシステムに簡単なアダプタを付加することで、UWB帯を経由したWiFi機器の同時接続が可能となる。

4. むすび

部屋全体に拡張可能な2次元通信システムを実証した。普及のためには量産技術の確立と低コスト化が必要であるが、物理特性としては実用性の高いシステムが実証された。

【誌上发表リスト】

- [1] H. Shinoda, A. Okada, A. Noda, "UWB 2D Communication Tiles," 2014 IEEE Int. Conf. on Ultra-Wideband (Paris) (2014年9月3日)
- [2] A. Noda, Y. Kudo, H. Shinoda, "Circular Planar Coupler for UWB 2-D Communication," 2014 IEEE Int. Conf. on Ultra-Wideband (Paris) (2014年9月3日)
- [3] Y. Fukui, A. Noda, H. Shinoda, "Signal Connection among Two-Dimensional Communication Tiles by Direction Dependent Frequency Shift," SICE Annual Conf. 2015, pp. 513-518 (China) (2015年7月28日)

【受賞リスト】

- [1] 増田祐一、野田聡人、岡田明正、牧野泰才、篠田裕之、SICE SI2014 優秀講演賞、“2次元通信タイル間接続のための近接コネクタ”，2014年12月17日

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

http://www.hapis.k.u-tokyo.ac.jp/?page_id=33

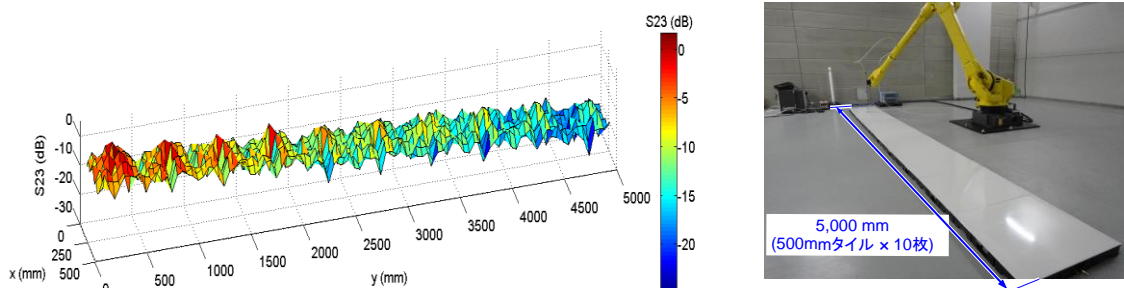


図4 10枚接続したタイルシート上の位置(x,y)に置かれたカプラから一番端のタイルのポートへの透過係数計測結果。タイル1枚あたり40,581点のデータ(xy座標81点×周波数点数501点)を評価した。右は計測風景。