

2.4GHz 帯を用いた人体近傍における 二次元通信シートの電磁界分布評価

2015SC100 宇田伊吹

指導教員：藤井勝之

1 はじめに

近年、通信・電力伝送が可能な方法として「二次元通信」という技術が研究されている。二次元通信は、シート状の通信媒体を用いて、シート上の機器に電力供給や機器同士の通信を行うことが可能である。そのシートのことを「二次元通信シート」と呼び、メッシュ状の層、誘電体の層、導体層という三層構造になっている [1]。特徴は、無線通信に比べて安全（放射電磁波が弱い）、高速（信号対雑音比が良好）、干渉が少ないなどの特徴がある [2]。この二次元通信シートの応用例として、多機能デスク（机の上の機器を無配線で接続）、タグによる製品管理、インテリジェントルーム（室内の人間の状態をモデリング）、衣服を媒体とした二次元通信シート [3]、人工皮膚がある。

本研究では、衣服を媒体とした二次元通信シートの評価を行う。この二次元通信シートは、柔らかな繊維状のもので誘電体の層を実装した二次元通信シートのウェアラブル応用である。図 1 のような構造で鋸型のコネクタを使い電気的な接続を実現する。中央部の誘電体の層は衣服で、上部と下部のメッシュ状の層は導電性の糸で刺繍して実装する。機器との電力伝送・通信は鋸型のコネクタを衣服に突き刺し上部と下部のメッシュ状の層を電気的に接続することにより行う。衣服を媒体とした二次元通信シートは非意図的な電磁波を放射する。その上、衣服を媒体とした二次元通信シートは損失性媒質である人体と近接する。

本研究では両面プリント基板を加工して簡易的なモデルを模擬し、FDTD 法によるシミュレーション及び実験を行い二次元通信シートの評価を行う。人体による二次元通信シートへの作用として人体の有無による電磁界分布の変化を評価する。さらに、シミュレーションと実験の結果の比較によりこれらの作製モデルの妥当性を主張する。

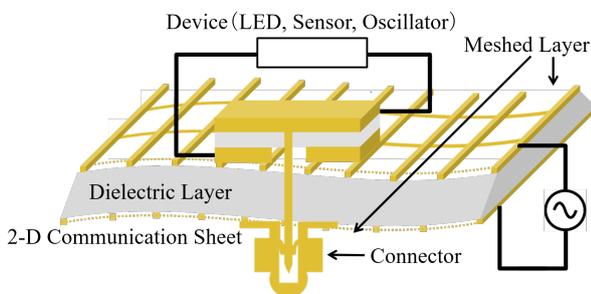


図 1 衣服を媒体とした二次元通信シートの構造

2 シミュレーション方法

図 2 のように二次元通信シートを実験において実現可能な一辺 157mm の正方形で模擬した。図 2 の CAD モデルのメッシュ状の層は PEC に設定する。誘電体の層は両面プリント基板 (R-1705) のガラスエポキシの電気定数 ($\epsilon_r = 4.3, \tan\delta = 1.8 \times 10^{-2}$) を用いる。また、図 2 のモデルの近傍に生体等価ファントムという人体と同じ電気定数を持つモデルを図 3 のように配置する。衣服は人体の筋肉部分と近接すると想定し、筋肉の電気定数 ($\sigma = 1.74S/m, \epsilon_r = 52.7$ [4], $\rho = 1.04 \times 10^{-3} kg/m^3$ [5]) に設定した。

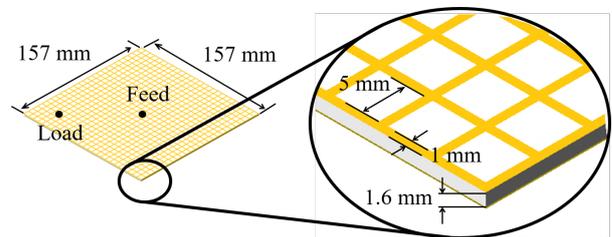


図 2 二次元通信シートの CAD モデル

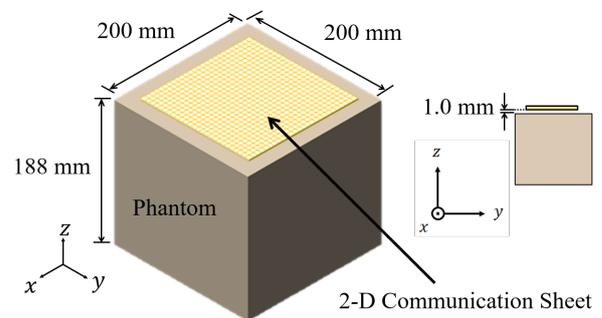


図 3 生体等価ファントムの CAD モデル

3 実験方法

シミュレーションの妥当性を主張する手段として S_{21} の実測を行う。二次元通信シートを両面プリント基板で模擬し、SMA コネクタを取り付ける。模擬した二次元通信シートを図 4 に示す。ベクトルネットワークアナライザを用いて S_{21} を測定する。

4 シミュレーション及び実験の結果

シミュレーション及び実験において給電点への入射信号と負荷からの伝送信号の変化の特性 (S_{21}) の周波数特性を比較し、図 5 に示す。周波数のズレを除き概ね傾向が一致

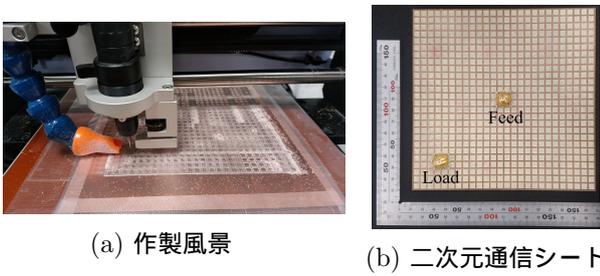


図4 二次元通信シートのモデル

しているため、両面プリント基板で模擬したモデル及びシミュレーションで作製した CAD モデルは双方ともに妥当であると考えられる。次に、生体等価ファントムの有無に起因する誘電体内部（メッシュ状の上面と下面の中央の層）の電界分布の変化を明らかにすることにより、機器との通信の強度を評価する。図5の結果より周波数のズレを考慮して設定周波数を 2.45GHz から 2.403GHz ヘシフトさせる。図6に生体等価ファントムの有無による電界分布のシミュレーション結果の差異を示す。生体等価ファントムの存在により全体的に電界強度が低下したことが分かる。よって、二次元通信シートを人体近傍で使用する場合、受信機の設置位置によっては動作しない場合があると考えられる。

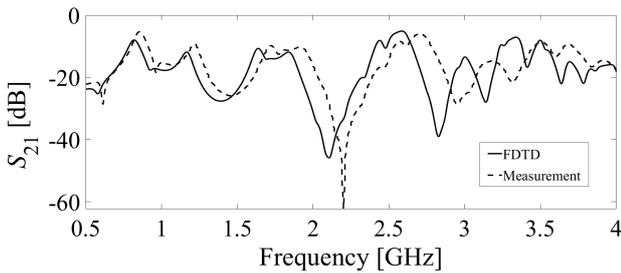


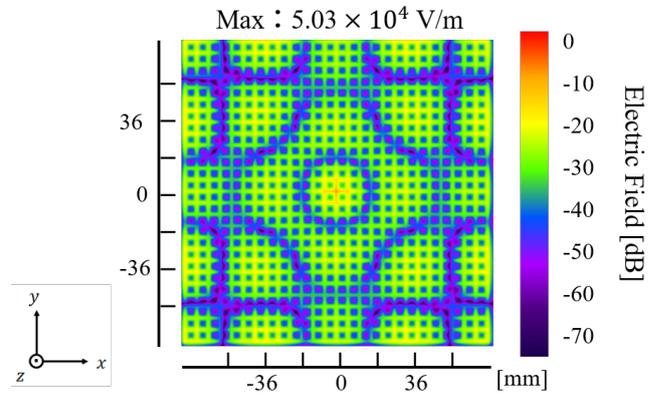
図5 シミュレーション及び実験の S_{21} の比較

5 おわりに

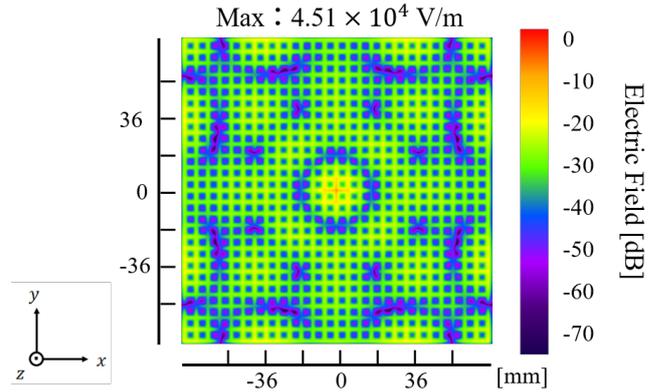
本研究では、2.4GHz 帯を用いた人体近傍における二次元通信シートの電磁界分布評価を行うために FDTD 法及び実験を行った。また、シミュレーションの妥当性が S_{21} によって示された。2.4GHz 帯において二次元通信シートは人体近傍に置くことで、誘電体内部の電界強度が低下する。よって、二次元通信シートを人体近傍で使用する場合、受信機の設置位置によっては動作しない場合があると考えられる。今後は、生体等価ファントムを自作しシミュレーション及び実験の精度向上に努める。

謝辞

本研究を行うに当たり、ご助言を下された本学理工学部の野田聡人准教授に感謝いたします。



(a) 生体等価ファントムなし



(b) 生体等価ファントムあり

図6 誘電体内部の電界分布

参考文献

- [1] 篠田裕之, “二次元通信によるヒューマンインターフェース,” ヒューマンインターフェース学会誌, vol.10, no.4, pp.281-286, Nov. 2008.
- [2] 野田聡人, “理工学部・理工学研究科・理工学研究センター 教員・研究室 野田 聡人:ウェアラブルネットワークの研究,” 南山大学 <http://www.st.nanzan-u.ac.jp/faculty/anoda/wearable.html>, 参照 Dec. 2018.
- [3] A. Noda and H. Shinoda, “Frequency-Division-Multiplexed Signal and Power Transfer for Wearable Devices Networked via Conductive Embroideries on a Cloth,” 2017 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Proceedings, pp.1-4, Honolulu, USA, June 2017.
- [4] IFAC, “Dielectric Properties of Body Tissues,” IFAC, <http://niremf.ifac.cnr.it/tissprop/htmlclie/htmlclie.php>, 参照 Dec. 2018.
- [5] 秋山 良太, 齊藤 一幸, “VHF 帯トランシーバ使用時の人体電磁波エネルギー吸収量評価,” 映像情報メディア学会誌, vol.71, no.2, pp.J87-J92, Jan. 2017.