

研究速報

タッチパネルディスプレイと統合された 5G MIMO アンテナの検討

藤田 浩輔^{†a)} (学生員)高橋 応明^{††b)} (正員: フェロー)

A Study of 5G MIMO Antenna Integrated within a Touch Screen Panel

Kosuke FUJITA^{†a)}, Student Member and Masaharu TAKAHASHI^{††b)}, Fellow[†] 千葉大学大学院融合理工学府, 千葉市

Graduate School of Science and Technology, Chiba University, Chiba-shi, 263-8522 Japan

^{††} 千葉大学フロンティア医工学センター, 千葉市

Center for Frontier Medical Engineering, Chiba University, Chiba-shi, 263-8522 Japan

a) E-mail: afka7033@chiba-u.jp

b) E-mail: omei@faculty.chiba-u.jp

DOI:10.14923/transcomj.2020BLL0007

あらまし 本論文では, モバイル端末のタッチパネルディスプレイと統合された, 5G の Sub-6 GHz で動作する移動通信用アンテナの実現を目的として, タッチパネルディスプレイと統合された MIMO アンテナのモデルを数値解析し, 評価した.

キーワード 5G, Sub-6 GHz, 透明アンテナ, タッチパネルディスプレイ

1. まえがき

モバイル端末に内蔵される移動通信を行うアンテナは, 広帯域で低姿勢であることが求められる. 加えて, 第5世代移動通信システム (5G) では, 高速な通信を実現するために MIMO 通信システムが使用され, より多くのアンテナが必要とされる. しかし, モバイル端末の内部空間は逼迫しており, 5G 通信のための新たなアンテナを配置する空間の確保は大きな課題である. したがって, 5G 対応モバイル端末に内蔵されるアンテナを設計するにあたり, 小型化または低姿勢化は特に重要である. しかし, 一般的にアンテナの小型化または低姿勢化は, 放射効率の低下, 反射係数の増加, 帯域幅の減少を引き起こし, 通信の品質を劣化させる原因となる.

本論文では, 文献 [1]~[3] で報告されたタッチパネルディスプレイ (Touch screen panel : TSP) と統合された, ミリ波帯や 2.45 GHz 帯で動作する透明なアンテナに着目した. 近年, このような導電性ポリマーや微細な金属のワイヤーを用いた透明なアンテナが報告されている [4]. これらの素材は, 透明電極と呼ばれる透明性と導電性を併せもつ薄膜であり, TSP の検出用電極にも金属酸化物を材料としたものが使用されてい

る. したがって, TSP と統合されたアンテナはディスプレイの表示を遮ることなく, 且つその面積を活用して十分な大きさをもつ MIMO アンテナの実現が可能である. これまでに TSP と統合されたアンテナに関する検討は行われているが [5], 一般的なモバイル端末に用いられる静電容量方式の TSP による, 矩形の電極を考慮した MIMO アンテナの検討は成されていない.

本論文では, 5G における周波数 6 GHz 未満の帯域である Sub-6 GHz で動作する, TSP と統合された低結合な MIMO ノッチアンテナを提案し, TSP の構造を考慮したモデルを用いて数値解析を行った.

2. 提案モデル

図 1 に提案する MIMO アンテナ及び TSP の解析モデルを示す. 低抵抗な透明電極の一例として, 光の透過率 85% で表面抵抗値 $1.5 \times 10^{-1} \Omega/\text{sq}$ をもつ, メッシュグリッド状の微細な銅のワイヤーによる導電性フィルムが挙げられる [6]. このような導電性フィルムを用いたアンテナは文献 [3] で述べられているように, メッシュグリッドに切れ込みを入れることで所望の電流経路を形成する. この特徴を考慮して, 本論文では MIMO アンテナの各素子をノッチアンテナとして設計し, その寸法を $0.1 \times 19.5 \text{ mm}$ と設定した. ノッチの幅は, グリッドのピッチが数百 μm であることを考慮し設定した. TSP のモデルは文献 [7] に示す静電容量方式とし, 検出用電極は指の先端とディスプレイ表面の

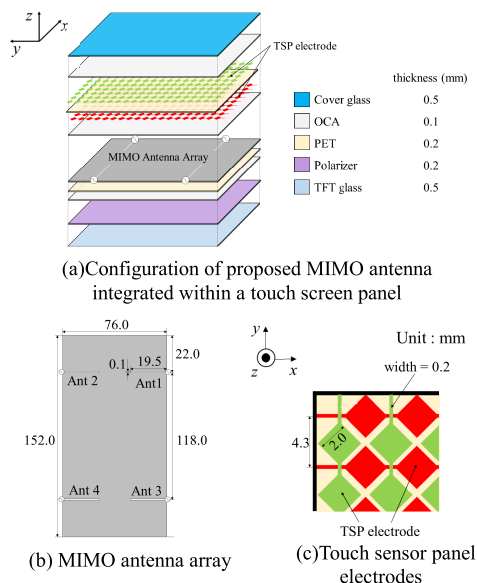


図 1 提案モデル

Fig. 1 Structure of the proposed MIMO antenna integrated within a touch screen panel.

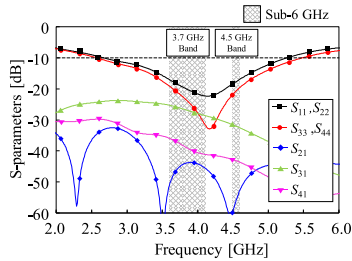


図2 Sパラメータ
Fig. 2 Simulated S-parameters.

接触面積を考慮して一辺が 2.0 mm の正方形パターンとした。TSP のモデルは、表面ガラス ($\epsilon_r = 5.8$)、光学粘着剤 (Optically clear adhesive : OCA, $\epsilon_r = 2.0$)、PET ($\epsilon_r = 2.5$)、ポリビニルアルコールを想定した偏光板 ($\epsilon_r = 2.3$)、TFT 基板ガラス ($\epsilon_r = 5.8$) で構成される。アンテナ導体及び検出用電極は、その用途に対して適当な表面抵抗の値として、それぞれ $0.1 \Omega/\text{sq}$ 、 $50 \Omega/\text{sq}$ をもつ金属板と近似して数値解析を行った。

3. アンテナ特性

CST Studio Suite を用いて有限積分法によりシミュレーション解析を行った。解析モデルの y 軸に関する対称性から、Ant 1 及び Ant 2, Ant 3 及び Ant 4 では同様の結果が得られたため、これら 2 組のアンテナごとに解析結果をまとめて示す。5G における Sub-6 GHz は、周波数 3.6~4.1 GHz の 3.7 GHz 帯、及び 4.5~4.6 GHz の 4.5 GHz 帯の二つの周波数帯域から構成される。図 2 に解析で得られた反射係数及び結合係数の結果を示す。 S_{11} , S_{22} 及び S_{33} , S_{44} を比較すると、これらの周波数特性の傾向はおおむね一致しており、Ant3 及び Ant4 でより良好な結果が得られていることがわかる。反射係数 -10 dB 以下の帯域はおおよそ 2.6~5.4 GHz であり、4.2 GHz 付近で共振を得ていることから比帯域は約 67% であることを確認した。結合係数の結果を比較すると、 S_{31} , S_{41} , S_{21} の順に結合が大きくなり、一方のアンテナから見て y 軸方向に位置するアンテナほど結合係数が増加する傾向が確認された。次に、図 3 に絶対利得及び放射効率の解析結果を示す。絶対利得は最大放射方向で -0.4 ~ -3.0 dBi, 放射効率は -6.1 ~ -7.5 dB 程度を得た。近年のモバイル端末の移動通信用アンテナは一般的に反射係数 -6 dB 以下、絶対利得はおおよそ -5 dBi 以上であることから、提案したアンテナは良好な結果を得たことを確認した。

4. むすび

本論文では、タッチパネルディスプレイと統合され

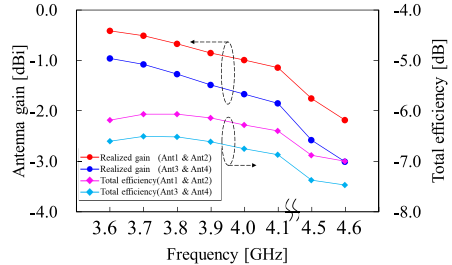


図3 放射効率と最大放射方向における絶対利得の周波数特性
Fig. 3 Simulated characteristics of total efficiency and realized gain in maximum radiation direction.

た 5G MIMO アンテナを提案し、シミュレーション解析を行った。タッチパネルディスプレイのモデルは、導体である検出用電極を含めモデル化した。その結果、提案する MIMO アンテナは所望の周波数帯域で反射係数 -10 dB 以下、結合係数 -20 dB 以下を達成し、全てのアンテナで最大放射方向において -3.0 dBi 以上の絶対利得を得たことを確認した。今後の課題として、試作評価による解析値の妥当性評価が挙げられる。

文 献

- [1] J. Park, S.Y. Lee, J. Kim, D. Park, W. Choi, and W. Hong, "Optically invisible antenna-on-display concept for millimeter-wave 5G cellular devices," IEEE Trans. Antennas Propag., vol.67, no.5, pp.2942–2952, May 2019.
- [2] W. Hong, S. Ko, Y.G. Kim, and S. Lim, "Invisible antennas using mesoscale conductive polymer wires embedded within OLED displays," 2017 11th European Conference on Antennas and Propagation, Paris, France, May 2017.
- [3] W. Hong, S. Ko, Y.G. Kim, and S. Lim, "Optically invisible antennas integrated within an OLED touch display panel for IoT applications," IEEE Trans. Antennas Propag., vol.65, no.7, pp.3750–3755, July 2017.
- [4] S.H. Kang and C.W. Jung, "Transparent patch antenna using metal mesh," IEEE Trans. Antennas Propag., vol.66, no.4, pp.2095–2100, April 2018.
- [5] S.K. Sharma, A. Luttgen, and C.D. Sarris, "On the integration of antennas with touch sensor panels," Proc. IEEE Int. Symp. Antennas Propag., USNC-URSI Radio Sci. Meeting, Atlanta, GA, USA, pp.707–708, July 2019.
- [6] P.C. Hsu, S. Wang, H. Wu, V.K. Narasimhan, D. Kong, H.R. Lee, and Y. Cui, "Performance enhancement of metal nanowire transparent conducting electrodes by mesoscale metal wires," Nature Communications, Sept. 2013. DOI: 10.1038/ncomms3522
- [7] J. Lee, M.T. Cole, J.C.S. Lai, and A. Nathan, "An analysis of electrode patterns in capacitive touch screen panel," J. Display Technology, vol.10, no.5, pp.362–366, May 2014.

(2020年9月28日受付, 12月21日再受付,
2021年2月15日早期公開)