磁界共振結合を利用する近距離ワイヤレス通信

越地 福朗*

Short-Range Wireless Communication Using Magnetic Resonance Coupling

Fukuro KOSHIJI*

* 東京工芸大学 (〒 243-0297 神奈川県厚木市飯山 1583)

* Tokyo Polytechnic University (1583 Iiyama, Atsugi, Kanagawa 243-0297)

1. はじめに

近年、NFC (Near Field Communication) を利用したモバイル機器が普及しつつある¹⁾。しかしながら、一般に、NFC 機器は、数 cm 程度の伝送距離を想定したものであり、通信相手とほぼ接触した状態で通信を行うため、通信相手が明確であるものの人間の日常の自然な動作から考えると、お互いの機器をほぼ接触する距離まで近づけて通信する動作は煩わしく、利便性が高い通信技術とはいえない。これまでに、スパイラルコイルの共振結合を利用することで、従来の数 cm 程度の伝送距離であった NFC 技術を数十 cm 程度の伝送距離へと拡張することが可能であることを示し²⁾、さらに、送受信コイル間の伝送距離やコイルの傾きに対する伝送特性を検討している³⁾。

しかしながら、本技術がモバイル機器やウェアラブル機器に搭載されることを考えると、人体が近接することが想定され、スパイラルコイルの共振周波数変動や伝送特性変動が引き起こされる可能性があり、これらの影響を検討する必要がある。

本研究では、スパイラルコイルに人体手手が近接した場合の伝送特性への影響および Specific absorption rate (SAR) について電磁界解析により検討を行う。

2. システムの構成

Fig. 1 に、本研究で想定する近距離ワイヤレス通信シ

Fig. 1 System configuration

テムの構成を示す。同図に示すように、スマートフォンなどのモバイル機器を、通信パッドなどの設置型機器の上面に配置した(かざした)場合の通信を想定する。また、同図内に破線で示すように、モバイル機器および設置型機器内部には、平面形状の通信用スパイラルコイルが内蔵されている。

3. 電磁界解析モデル

Fig. 2 は、本稿で検討する電磁界解析モデルを示したものである。ここでは、モデルを単純化し、各機器に内蔵する通信用スパイラルコイルと人体手手に相当する直方体ブロックのみをモデル化して電磁界解析を行う。

Fig. 2 からわかるとおり、設置型機器に内蔵するスパイラルコイルを送信コイルとし、半径 $r_1 = 50$ mm, ピッチ $p_1 = 10$ mm, 巻数 $n_1 = 5$, モバイル機器に内蔵するスパイラルコイルを受信コイルとし、半径 $r_2 = 25$ mm, ピッチ $p_2 = 5$ mm, 巻数 $n_2 = 5$ としている。また、人体手手は受信コイルの上部に $g = 10$ mm の間隔を設けて配置している。日本人成人男性の平均的な手手のサイズ⁴⁾を考慮し、 $L \times W \times H = 190.8$ mm $\times$ 101.8 mm $\times$ 27.5 mm の直方体でモデル化している。

送信コイルの励振源には、内部抵抗 50 Ω の信号源を用

Fig. 2 A model for electromagnetic field analysis

い、受信コイルの受信抵抗は $50\ \Omega$ としている。また、受信コイルには、共振周波数調整用のインダクタンスを挿入している。送受信コイル同士は、間隔 d で配置されている。電磁界解析には、有限要素法を用いる。人体手部位は、筋肉の電気特性を有する均一媒質として表現している⁵⁾。

4. 伝送特性

Fig. 3 は、Fig. 2 において、送受信コイル間隔 $d = 100 \sim 500\text{ mm}$ に対する送受信コイル間の伝送特性 S_{21} を示したものである。また、同図には、人体手部位が存在しない場合の

Fig. 3 Transmission characteristics S_{21}

伝送特性もあわせて示す。

Fig. 3 からわかるとおり、伝送特性 S_{21} は、人体手部位が存在する場合には 166.7 MHz で最大値を取り、人体手部位が存在しない場合には 167.7 MHz で最大値をとる。手部位が存在する場合には、最大伝送特性が得られる周波数が 1.0 MHz 低下する。これは受信コイル近傍に高誘電率である手部位が存在するため、受信コイルの分布容量が増加し、共振周波数が低下しているためである。ここで、 167.7 MHz を通信周波数とする場合、手部位が近接することで生じる伝送特性の低下は 2.0 dB 以下であり、安定した伝送特性が確保され、実用上問題ないといえる。

5. 磁界強度分布

Fig. 4 は、送受信コイル間の伝送距離 $d = 100\text{ mm}$ のときの磁界強度分布を示したものである。同図 (a) は手部位が存在しない場合、同図 (b) は手部位が存在する場合を示しており、また、最大磁界強度を 0 dB として規格化して表示している。

Fig. 4 からわかるとおり、磁界強度分布は手部位の有無によらずほぼ同様の分布となっており、送受信コイル同士が共振結合し、良好に伝送されている様子が確認できる。

Fig. 4 Magnetic field distributions

Fig. 5 SAR

6. Specific absorption rate (SAR)

Fig. 5 (前ページ掲載) は、送信コイルの出力電力を 1 mW, 10 mW, 100 mW, 1,000 mW としたときの SAR 分布を、ICNIRP の定める許容値である 2 W/kg を 0 dB として表示したものである。送信コイルからの出力電力が 1,000 mW であっても、約 -15 dB (ICNIRP の定める許容値の 1/30 程度) であり、人体に対する高い安全性が確認された。

7. まとめ

本研究では、スパイラルコイルの共振結合を利用する近距離ワイヤレス通信における人体手部の近接による伝送特性への影響を電磁界解析により検討を行った。その結果、手部和スパイラルコイルが 10 mm の距離に近接する場合であっても、共振周波数変動は 1.0 MHz 程度であり、伝送特性の低下は 2.0 dB 以下であることを明らかにした。また、この伝送特性の低下はわずかであり、安定した伝送特性が確保され実用上問題ないといえる。また、送信コイルからの出力電力が 1,000 mW であっても、約 -15 dB (ICNIRP の定める許容値の 1/30 程度) であり、人体に対する高い安全性が確認された。

謝 辞

本研究の一部は、科学研究費補助金 (若手研究 (B)) 課題番号 17K13101 によって実施されたものである。

(2018.6.26- 受理)

文 献

- 1) R. Minihold: "Near Field Communication (NFC) Technology and Measurements," Rohde & Schwarz, White Paper, June 2011
- 2) 山口諒也, 越地福朗, 越地耕二: "磁界共振結合を利用する近距離ワイヤレス通信における伝送特性の検討," 第 28 回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム講演論文集 (The 28th Symposium on Electromagnetics and Dynamics (SEAD28)), 18B4-2, pp. 192-195, Kanagawa, Japan, May 2016
- 3) 山口諒也, 越地福朗, 越地耕二: "磁界共振結合を利用する近距離ワイヤレス通信の検討," 第 30 回エレクトロニクス実装学会春季講演大会講演論文集, Tokyo, Japan, March 2016
- 4) "設計のための人体寸法データ集," 生命工学工業技術研究所編, 人間生活工学研究センター, 日本出版サービス, ISBN-10: 987-4889220933, September 1996
- 5) S. Gabriel, et al.: "The dielectric properties of biological tissues: II. Measurements in the frequency range 10 Hz to 20 GHz," Phys. Med. Biol., Vol. **41**, pp. 2251-2269, 1996

著者紹介

越地福朗 (こしち ふくろう)

2002 年 東京理科大学理工学部電気工学科卒業。
2002~2011 年 コニカ (コニカミノルタに改称)
(株) 中央研究所。2010 年 東京大学大学院新領域
創成科学研究科人間環境学専攻博士後期課程修
了・博士 (環境学)。2011~2014 年 国士舘大学理
工学部電子情報学系 専任講師。2015 年 東京工芸
大学工学部基礎教育研究センター・電子機械学科
准教授。現在に至る。また、2010 年より、東京理
科大学研究推進機構総合研究院 客員研究員、客員
准教授を併任。電磁波工学、通信工学、人工環境
学等の研究に従事。