

平成 30 年 6 月 11 日現在

機関番号：13903

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K18063

研究課題名(和文) 高効率無線電力伝送を実現するインプラント医療機器位置推定方式

研究課題名(英文) Implantable Device Location Estimation for Efficient Wireless Power Transmission

研究代表者

安在 大祐 (Anzai, Daisuke)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：40611116

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：人体内に取り込める形状の超小型インプラント医療機器において高効率な無線電力伝送を実現急務な研究課題となっている。本研究は、インプラント機器位置とその方向を高精度に取得する技術の確立、インプラント機器への無線電力伝送システムの最適化及び評価を目的とする。本研究の結果として、開発法が10度以下での高精度な角度推定精度の達成が確認され、開発方向推定法を用いた無線電力伝送効率の計算機シミュレーションと実験による検証を実施し、効率の高い無線電力伝送の実現可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：Implantable medical devices are one of promising medical devices for diagnosis of digestive organs. For the implant devices, it is important not only to estimate its location but also to acquire the wireless capsule direction for wireless power transmission to support long battery life and remote position control. In this research, we developed location and direction estimation. In addition, we evaluated the developed method by computer simulations. In order to demonstrate the effectiveness of our proposed method in term of the improvement of the received power efficiency in a wireless power transfer system. As a result, we achieved the direction estimation accuracy of below 10 degrees, and furthermore, the simulation and experimental results showed the feasibility of high-efficient wireless power transmission for the implantable medical devices.

研究分野：無線通信方式

キーワード：インプラント機器 位置推定 方向推定

1. 研究開始当初の背景

エレクトロニクス技術の発展は近年非常にめざましく、デバイスの超小型化等の革新技術が次々に実現され、人体内に取り込める形状の超小型インプラント医療機器も現実味を帯びてきている。慢性的な生活習慣病患者数の増加やこれからますます深刻化する少子高齢社会の到来を背景に、このようなインプラント医療機器による高度医療実現は急務な研究課題となっている。インプラント医療機器の実用例としては、心臓ペースメーカーやカプセル内視鏡検査がある。特にカプセル内視鏡は胃カメラに変わる新しい消化器検査として非常に注目を集めている。さらには、マイクロロボット型のインプラント医療機器の提案も行われており、これまで侵襲性を要する外科手術によって行われていた医療行為が非侵襲性へ変わることによって医師や患者の大きな負担軽減が期待されている。

インプラント医療機器には多くの課題が残されており、その1つにバッテリー駆動のインプラント医療機器のエネルギー確保の問題がある。インプラント機器は体内に設置されるためバッテリー交換は非常に高コストであり、エネルギーの確保は解決すべき必須課題である。この問題に対して無線電力伝送による外部からのエネルギー伝送実現が最も有効な解決策の1つであると考えられる。インプラント医療機器のエネルギー問題の解決は今後の普及に対してインパクトが極めて大きく、高効率な無線電力伝送を実現するシステムの開発は早急に取り組む必要がある。

2. 研究の目的

本研究はインプラント機器位置とその向きを高精度に取得する技術の確立、インプラント機器への無線電力伝送システムの最適化及び評価を目的とする。

マイクロ波帯電波を利用した位置推定方式

本研究開発では体外から照射されたマイクロ波帯電波を利用した体内内部構造推定を利用した位置推定方式の開発を行う。体内内部構造推定を行うためインプラント医療機器の方向も推定可能となる。さらには、圧縮センシングや遺伝アルゴリズムを導入し、高効率な無線電力伝送の実現に耐えうる精度を達成可能かの検証を実施する。

インプラント医療機器位置推定を利用した高効率な無線電力伝送システムの提案及び評価

上記の位置推定方式の開発を受け、位置や方向推定誤差の影響も踏まえた上で高効率な無線電力伝送可能なシステムの提案を行う。最終的には位置・方向推定を実装した無線電力伝送システムに対しての特性評価も視野に入れる。

3. 研究の方法

本研究は、通信機能を有しないインプラント医療機器の高精度な位置・方向推定技術、及び高効率な無線電力伝送システムの開発を目的として、以下の項目において研究を実行する。

【1】体内内部構造推定を利用したインプラント医療機器位置・方向推定方式の開発

【2】インプラント医療機器に最適化した高効率無線電力伝送方式の開発

【3】開発方式の理論解析、計算機シミュレーションによる評価および実機実験による評価および検証

【1】体内内部構造推定を利用したインプラント医療機器位置・方向推定方式の開発

マイクロ波帯電波による体内内部構造推定に用いる数学モデルの確立をまず実施する。周波数帯としては無線電力伝送を実現可能なマイクロ波帯を想定し、生体から発生する散乱電界を電磁界解析の1手法であるFDTD (Finite Difference Time Domain) を用いて計測・モデル化を行う。人体には様々な臓器によって構成されていることから、多様な比誘電率や導電率の媒質が人体内に配置されるため、純粋に人体内の複素比誘電率や導電率を詳細に推定することはマイクロ波帯電波では困難であるとされてきた。そこで、本研究は、インプラント医療機器は金属から構成されることに着目し、「人体内部の個々の臓器の比誘電率・導電率推定」の問題から「生体組織とインプラント機器(金属)の区別による位置推定」の問題へシフトすることで高精度化を狙う。つまり、体内のどの位置に金属が配置された場合に測定散乱電界と一致するかという推定問題を解くことで外部からのマイクロ波帯電波による高精度な位置推定の実現を図る。さらには、金属の形状を推定可能となり、その方向推定も実現できる。ここで、高精度な位置・方向推定を実現するために上記の方式に圧縮センシングの導入を検討する。さらには、本提案方式は計算量が膨大になることが予測されるため、遺伝アルゴリズムなどの最適化アルゴリズムの導入による計算量削減、及び、高速化を検討する。まずは遺伝アルゴリズムを検討項目に入れるが、圧縮センシングとの連携がふさわしい他のアルゴリズムの検討も視野に入れる。

【2】インプラント医療機器に最適化した高効率無線電力伝送方式の開発

インプラント医療機器に適した無線電力伝送方式の開発を行う。無線電力伝送方式の最適化項目としては、周波数帯とコイル形状と方式について検討を予定している。コイルの大きさは周波数帯にも影響を受けるためインプラント医療機器に適用可能な大きさでのコイル形状を実現する周波数帯を模索する。無線電力伝送の効率には人体電気定数

の周波数依存性から周波数帯の選択が重要であり、この点も詳細に検討する。上記の検討は、FDTD シミュレーションと matlab による数値解析により実施する。

【3】開発方式の理論解析、計算機シミュレーションによる評価および実機実験による評価および検証

開発した位置推定を用いた無線電力伝送システムの実験により評価する。実験環境としては人体の生体組織を模擬した人体ファントムによる実験を基礎として実施する。

4. 研究成果

体内内部構造推定に用いる数学モデルの確立においては、周波数帯としては無線電力伝送を実現可能なマイクロ波帯を想定し、FDTD 法を用いて計測・モデル化を行った。その結果、生体内中に存在する金属（インプラント機器）による散乱電解の数式化を行い、それに基づいた圧縮センシングを利用した位置推定法を開発した。また、各時刻に推定した個々の位置情報を基にしたインプラント機器方向推定法を提案し、その特性評価においても理論解析や計算機シミュレーションにより評価を実施した。その結果、インプラント機器の方向を 10 度以下の精度で推定可能であることを確認した。

次に、コイル形状の最適化や無線電力伝送の高効率化の観点での評価を実施した。コイル形状の最適化においては、コイルの大きさは周波数帯にも影響を受けるためインプラント医療機器に適用可能な大きさでのコイル形状を実現する周波数帯も模索した。無線電力伝送の効率には人体電気定数の周波数依存性から周波数帯の選択が重要であり、この点も詳細に検討を行った。これらの検討は日本成人男性を模擬した解剖学的人体数値モデルによる FDTD シミュレーションによる数値解析により実施し、その結果として、インプラント通信で広く用いられる Medical Implant Communication Service (MICS) 400MHz 帯で利用可能なコイル形状の開発を実現できた。本開発アンテナを用いた場合において、前年度に開発したインプラント機器の方向推定法を適用し、得られた角度推定誤差を給電方向のミスマッチとして与えることで無線電力伝送の効率に角度推定誤差の影響がどの程度あるのかを評価した。本研究での解析の結果として、70%以上の高効率な無線電力伝送を実現するためには 10 度以内での高精度な角度推定精度が必要であることが確認され、本提案方式により 70%以上の伝送効率を実現可能であることが示された。最後に、実験による検証においても 70%以上の伝送効率を達成し、これまでに行ってきた数値解析と同様の結果が得られていることを確認した。以上から、研究目的である無線電力伝送を支援可能な位置・方向推定方式の

実現可能性を示すことができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

(雑誌論文)(計4件)

D. Anzai, T. Kato, J. Wang, "Theoretical and experimental analyses on location/channel parameters estimation for implantable medical devices," *Electronics Letters*, vol. 53, no. 20, pp. 1350-1352, Sept. 2017.

T. Iida, D. Anzai, and J. Wang, "A three-dimensional EM-based implant device localization method improved by genetic algorithm," *Int. J. Wireless Inf. Networks*, vol. 24, no. 2, pp. 180-188, June 2017.

T. Ito, D. Anzai, and J. Wang, "Hybrid TOA/RSSI-based wireless capsule endoscope localization with relative permittivity estimation," *IEICE Trans. Commun.*, no. E99-B, vol. 11, pp. 2442-2449, Nov. 2016

T. Iida, D. Anzai, and J. Wang, "Performance evaluation on GA-based localization for wireless capsule endoscope using scattered electric fields," *IEICE Trans. Commun.*, no. E99-B, vol. 3, pp. 578-585, March 2016.

(学会発表)(計8件)

D. Anzai and J. Wang, "Performance evaluation on wireless capsule endoscope location estimation," in *Proc. 2016 URSI Asia-Pacific Radio Science Conference*, Aug. 2016.

T. Ito, T. Iida, D. Anzai, and J. Wang, "An EM-imaging-based localization method with sparse reconstruction for implant devices," in *Proc. 2016 IEEE 38th Annual International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, Aug. 2016.

D. Anzai, "Performance evaluation on UWB transmission for implant body area networks," in *Proc. 2016 International Workshop on Smart Wireless Communications (SmartCom 2016)*, May 2016.

安在大祐, 飯田泰生, 伊藤孝弘, 王建青, "電磁波イメージングに基づいたインプラント医療機器位置推定法の性能評価," *ITヘルスケア学会第10回記念学術大会(東京)*, 2016年5月.

安在大祐, 加藤達大, 王建青, "インプラント機器の位置・チャネルパラメータ推

定の一検討,” 電子情報通信学会総合大会(福岡), 2016年3月.

伊藤孝弘, 安在大祐, 王建青, “圧縮センシングを利用した散乱電界によるインプラント機器位置推定法,” 電子情報通信学会総合大会(福岡), 2016年3月.

T. Iida, D. Anzai, and J. Wang, “Performance evaluation on WCE localization using GA-based three-dimensional electromagnetic imaging,” in Proc. IEEE 10th International Symposium on Medical Information and Communication Technology (ISMICT), March 2016.

伊藤孝弘, 安在大祐, 王建青, “受信電力を用いたカプセル内視鏡の移動経路長・進行方向同時推定に関する一検討,” 電子情報通信学会ヘルスケア・医療情報通信技術研究会(名古屋), 2016年3月.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計1件)

名称:インプラント通信端末の位置検出装置
および位置推定方法
発明者:安在大祐, 王建青
権利者:名古屋工業大学
種類:特許
番号:特許第6179894号
取得年月日:2017年7月28日
国内外の別:国内

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

安在 大祐 (Anzai, Daisuke)
名古屋工業大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号:40611116

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

王 建青 (Wang, Jainqing)
名古屋工業大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号:70250694

(4)研究協力者

なし