

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Design and Characterization for Antenna Near-field Control in Electromagnetic Wave Transmission System
著者(和文)	篠田博史
Author(English)	Hiroshi Shinoda
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11092号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:廣川 二郎,藤田 英明,阪口 啓,西方 敦博,青柳 貴洋
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11092号, Conferred date:2019/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	電気電子工学	専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（ 工学 ）
学生氏名： Student's Name	篠田 博史		指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	廣川 二郎	
			指導教員（副）： Academic Supervisor (sub)		

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、「Design and Characterization for Antenna Near-field Control in Electromagnetic Wave Transmission System (電磁波伝送システムにおけるアンテナ近傍界の制御設計と特性評価)」と題し、近傍界領域の伝送を有する電磁波伝送システムに向け、基盤技術である近傍界制御設計手法を検討したものであり、全 6 章で構成されている。

第 1 章「Introduction (序章)」では、本論文の背景として、産業インフラ制御、高機密データ通信などに向けた高信頼無線システムのアプリケーション分析により抽出したアンテナ方式および伝送方式の有力候補の共通点として、1 波長以下の近傍界領域の伝送を有することを述べた。本論文の目的として、1 波長以下の近傍界領域の伝送を有する電磁波伝送システムにおけるアンテナ近傍界の制御設計手法の構築と、それを用いた同システムの実現および性能向上を述べ、本論文の全体構成を示した。

第 2 章「Design for Antenna Near-field Control (アンテナ近傍界の制御設計手法)」では、先行研究の動向調査により、近傍界制御設計の課題として、(1) 共振器間寄生容量の高精度設計、(2) 表面波伝送媒体の近傍界で動作するカプラの小型化設計、漏れ量の設計、(3) アンテナ特性を劣化させないボラライザの近傍界配置設計を抽出した。また、これらの課題を解決するため、等価回路/電磁界/電波伝搬解析の各解析法をより緊密に協調させた近傍界制御設計手法を提案した。

第 3 章「Resonant Coupling Based on Antenna Near-field Control Design (共振結合における近傍界制御設計)」では、動作電圧差の大きいインバータ/コントローラ間での絶縁通信に向け、メアング共振器による共振結合を用いたインバータ制御システムを提案した。このメアング共振器は、隣接線路の電流が逆方向に流れるため、不要放射成分を打ち消せ、多層基板として一体成形した誘電体カバーにより沿面放電を防ぐことができる。2 章で説明した近傍界制御設計手法の一つである等価回路/電磁界協調解析を用いて、メアング共振器間の寄生容量と通過量のトレードオフを考慮した設計を行い、それぞれ 0.8 pF、-1.1 dB@2.4 GHz の実測結果を得た。特に前者は実測との誤差 5%以内の高精度に設計できることを示した。さらに、本メアング共振器を搭載した試作通信モジュールに対して、300 kV/μs@±2 kV のサージノイズを 1 次 2 次間に印加する dV/dt ノイズ耐性試験を実施し、信号エラー無きことを確認し、インバータ制御システムへ適用可能であることを実証した。

第 4 章「Surface Wave Transmission Based on Antenna Near-field Control Design (表面波伝送における近傍界制御設計)」では、無線アクセスポイント近傍のみに通信領域を限定化することで、第三者の傍受を防止できる限定領域通信に向け、表面波伝送を活用した通信システムを検討した。表面波伝送媒体の誘電体コア内に表面波を伝送させ、同媒体のメッシュ部分から外部に染み出したエバネッセント波を、同媒体上に配置されたカプラが受け取ることで信号伝送を成立させる。電磁界/電波伝搬協調解析により、このエバネッセント波の減衰係数を導出し、3m 遠方での電界強度が微弱無線規格に対して十分小さくなることを示した。また、マイクロストリップ素子の端部にショートビア、対角線上に給電点を設けたマイクロストリップカプラを考案し、先行研究に比べ同程度の通過特性で 1/4 の省面積化ができることを示した。

第 5 章「Polarization Filtering Based on Antenna Near-field Control Design (偏波フィルタリングにおける近傍界制御設計)」では、車載レーダの路面反射低減に向けて偏波フィルタリングを活用し、ボラライザをマイクロストリップアンテナ近傍に配置した車載レーダシステムを提案した。サイドローブの主成分であるアンテナ給電線路から放射される交差偏波成分をボラライザで反射させ、反射された交差偏波成分をボラライザ/アンテナ端部に導入した電波吸収体により不要な共振を吸収、抑圧させる。電磁界/電波伝搬協調解析により、ボラライザとしての主偏波通過量およびアイソレーションを算出し、さらには、利得劣化の無いボラライザ/アンテナ間距離が 1/2 波長の整数倍であることを導出した。また、本偏波フィルタリングは、ミリ波回路との一体化が可能な構造で、-37.3 dB と先行研究と同等の低サイドローブを実現した。

最後に第 6 章「Conclusion (結論)」では、本論文で得られた知見およびその意義を総括し、将来展望を述べた。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	電気電子工学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名 : Student's Name	篠田 博史		指導教員 (主) : Academic Supervisor(main)	廣川 二郎	
			指導教員 (副) : Academic Supervisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This dissertation presents a collaborative analysis method that uses combinations of equivalent circuit analysis, electromagnetic field analysis, and radio wave propagation analysis to design antenna near-field control for highly reliable wireless communication.

Chapter 1 discusses the background and motivation, which is to construct a design method for antenna near-field control with a transmission distance of 1 wavelength or less and to improve system performance by using the method.

Chapter 2 describes the use of the proposed method for resonant coupling, surface wave transmission, and polarization filtering. The method is mainly aimed at and contributes to addressing three issues (described in more detail in Chapters 3–5) in the design of near-field control.

Chapter 3 describes an insulated signal transmission system using resonant couplers for controlling power switching devices. The close agreement between the calculated parasitic capacitance of 0.76 pF and the measured one of 0.80 pF validates the applicability of the proposed method. Surge noise having an amplitude of ± 2 kV and a steepness of 300 kV/ μ s was applied to an insulated communication module including the couplers and no signal error occurred.

Chapter 4 introduces a microstrip coupler for an area-limited communication system. The coupling capacitances for a microstrip element and a ground constituting the coupler and the 2D waveguide sheet reduced the coupler size by lowering the resonance frequencies of the elements. A transmission of -11.0 dB was obtained using a $0.025\text{-}\lambda^2$ coupler, which is smaller than in a prior study. The proposed analysis method was used to design a leaky wave radiated from the sheet.

Chapter 5 describes a composite microstrip array antenna with a built-in polarizer to reduce road clutter noise for automotive radars. The polarizer is placed in front of the microstrip arrays within their reactive near-field region. The proposed method was used to design the polarizer located in the near-field region for the best composite antenna performance. The resultant composite antenna achieved sidelobe levels of -37.3 dB, with a 17.5 dB improvement over standard microstrip arrays, at elevation angles approaching 90° .

Finally, Chapter 6 summarizes this dissertation and discusses the prospects and remaining issues.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).