

伝送線路結合器を用いた
高信頼非接触インタフェース

2016年8月

小菅 敦丈

主 論 文 要 旨

報告番号	甲 第 号	氏 名	小菅 敦丈
主論文題目： 伝送線路結合器を用いた高信頼非接触インタフェース			
<p>(内容の要旨)</p> <p>従来の有線接続型コネクタでは露出した電極同士を接触させて通信を行うため、振動による接触不良に起因する通信不良、水分による電極腐食、挿抜による電極摩耗といった信頼性上の課題があった。加えてバス接続に用いると、信号分岐点で信号反射が起きるため高速な通信ができなかった。近接場電磁界を用いた非接触インタフェースは電極露出がないため電極摩耗や破損・腐食がなく、合わせ誤差に強いため高い振動耐性が得られることから、接続信頼性を向上できる。伝送線路結合器は広帯域特性を有し、高速な通信ができる。一方、これまで研究されてきた手法では1対1接続しかできないためバス接続方式が一般的な情報・車載機器に適用できず、面積も大きいため携帯機器に適用できなかった。また、携帯・車載機器用途では高ノイズ耐性とノイズ放射低減が要求される。本研究では、伝送線路結合器を用いた非接触インタフェースを各用途に適用し高い接続信頼性を実現することを目的とし、課題である結合器のバス接続化技術、小型化技術、及び高ノイズ耐性低ノイズ放射回路技術を提案した。</p> <p>第1章では、本研究の背景と、従来のコネクタ接続と伝送線路結合器の信頼性を比較し、伝送線路結合器を用いた非接触通信の利点について述べた。</p> <p>第2章では、第3章から第5章の基礎として、伝送線路結合器の基本形状及びその理論解析と設計手法を述べた。</p> <p>第3章では、情報機器に向けた伝送線路結合器を用いたマルチドロップバスを提案した。信号分岐点に伝送線路結合器を適用することで、信号反射を無くし通信高速化が可能となる。バス接続用結合器及び送受信機的设计手法について述べた。実験により、コネクタによるバス接続に比べ2.5倍高速な12.5 Gb/sで通信できることを示した。</p> <p>第4章では、携帯機器応用に向けた結合器小型化技術を述べた。方向性結合を利用することで1つの結合器で2つの信号を送り面積効率を2倍に高めた。2重伝送線路結合器を開発し、1/8以下に小型化でき結合度を9 dB向上できることを示した。</p> <p>第5章では、携帯・車載機器応用に向けたノイズ耐性向上及びノイズ放射削減技術を述べた。車載機器用に逡倍マンチェスタ符号を開発し、ノイズ耐性、不要輻射のいずれも車載機器で用いられる標準規格を満たしていることを実験で確認した。携帯機器用にパルス符号化及びエッジ計数クロック復元回路によるノイズ耐性向上及びノイズ不要輻射削減手法を開発した。通信距離が5 mmの時、結合器から10 mm離れたGlobal Positioning System受信機への与干渉が無いこと、2 mm離れたアンテナから30 dBmのWi-Fi信号を放射してもビット誤り率の劣化なく通信できることを確認した。</p> <p>第6章では、各章で得られた内容をまとめ、本研究の成果を述べた。</p>			
以上			

SUMMARY OF Ph.D. DISSERTATION

School Integrated Design Engineering	Student Identification Number	SURNAME, Given name KOSUGE, Atsutake
<p>Title Highly Reliable Non-Contact Interface Using Transmission Line Couplers</p>		
<p>Abstract</p> <p>Conventional wireline connectors are unreliable and failure-prone components of systems, as they have metal contacts that are susceptible to contamination, fatigue, and wear. In addition, if they are applied to the multi-drop bus configuration, the data rate is limited due to severe signal reflections generated at each connector. Non-contact interface can solve above problems. Since it has no exposed metal contacts, it provides immunity to mechanical damages caused by vibration/friction and isolation from water/chemicals while reducing fabrication costs. Transmission line coupler (TLC) is impedance matched and terminated wide-bandwidth coupler enabling signal branching without signal reflections. Previously, design techniques of TLCs for point-to-point applications were discussed. However, coupler design techniques for multi-drop bus applications and area reduction techniques for mobile terminals have not been discussed. Also, techniques to improve electromagnetic compatibility of the non-contact interface are required for mobile and automotive applications where strong noise immunity and less noise radiations are required. This dissertation focuses on to improve connection reliability of systems by using TLC-based non-contact interface. For that purpose, following three techniques are developed: 1) coupler design techniques for multi-drop busses, 2) coupler size reduction techniques, and 3) communication system and circuit techniques to reduce noise radiation and improve noise immunity.</p> <p>In Chapter 1, issues of conventional mechanical connectors and advantages of non-contact communication using transmission line couplers are discussed.</p> <p>In Chapter 2, analysis and design techniques of basic TLC are presented.</p> <p>In Chapter 3, a non-contact multi-drop bus system using TLC is proposed. By using TLC at each signal branching point, signal reflections are suppressed so the data rate is improved by a factor of 2.5. Coupler and transceiver design techniques for multi-drop busses are discussed.</p> <p>In Chapter 4, area-efficient coupler design techniques are described. Two links can be established in one coupler by using the directional coupling, thus the area efficiency is improved by a factor of 2. Two-fold transmission line coupler is also proposed. By using both forward and backward couplings, the coupling gain is improved by 9 dB. Since the number of electrodes is reduced by half, the overall coupler size is reduced to less than 1/8.</p> <p>In Chapter 5, communication system and circuit techniques to reduce noise radiation and to improve noise immunity are presented. For the automotive application, N-x Manchester signaling is proposed. Evaluations confirmed that specifications concerning noise immunity and noise radiation are satisfied. The bi-phase pulse transceiver which employs edge counting clock recovery and synchronous receiving is proposed for the mobile applications. The evaluation confirmed that the communication is established without bit error rate degradation under 30 dBm Wi-Fi signals at a separation of 2 mm away from TLC, and there is no affection to the global positioning system receiver at a separation of 10 mm away from TLC.</p> <p>In Chapter 6, the summary of this dissertation is described.</p>		