View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by PSU Knowledge Bank

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ภาษาไทย: การระบุเอกลักษณ์ของระบบอัลตราซาวนด์แบบไม่เชิงเส้นโดยใช้วงจรกรองโวลเทอร์ราอันดับที่สอง

ภาษาอังกฤษ: **Nonlinear ultrasound system identification using second-order Volterra filters**

คณะผู้วิจัย รองศาสตราจารย์ ดร. พรชัย พฤกษ์ภัทรานนต์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วิทยาเขตหาดใหญ่

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์
ประจำปีงบประมาณ 2551

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้นำเสนอการใช้เทคนิคการระบุเอกลักษณ์ด้วยวงจรกรองโวลเทอร์ราอันดับที่สองในการแยกองค์ประกอบไม่เชิงเส้นของสัญญานอัลตราซาวด์ไม่เชิงเส้น อัลกอริทึมในการหาสัมประสิทธิ์ของการระบุเอกลักษณ์ด้วยวงจรกรองโวลเทอร์ราอันดับที่สองได้ถูกพัฒนาขึ้นและถูกทดสอบด้วยข้อมูลสัญญาณอัลตราซาวด์ที่ได้จากการจำลองและข้อมูลสัญญาณอัลตราซาวด์ที่ได้จากการทดลอง ผลการศึกษาพบว่าเคอร์เนลเชิงเส้นและเคอร์เนลควอดราติกที่ได้จากการระบุเอกลักษณ์สามารถแยกสัญญาณไม่เชิงเส้นออกเป็นองค์ประกอบเชิงเส้นในย่านความถี่ความถี่มูลฐานและองค์ประกอบควอราติกซึ่งครอบคลุมย่านความถี่ต่ำถึงความถี่สูง จากการศึกษาพบว่ามีความเป็นไปได้ในการลดจำนวนสัญญาณอินพุตเพื่อใช้ในการระบุเอกลักษณ์โดยการนำเทคนิคเรกูลาร์ไรเซชันมาช่วย นอกจากนี้ยังพบว่าเทคนิคการระบุเอกลักษณ์ด้วยวงจรกรองโวลเทอร์ราอันดับที่สองสามารถที่จะแยกองค์ประกอบไม่เชิงเส้นลำดับที่สองที่ถูกฝังอยู่ในสัญญาณรบกวนได้ ซึ่งเป็นคุณสมบัติเด่นที่ไม่พบในการกรองแบบเชิงเส้นทั่วไป งานวิจัยนี้ยังได้พัฒนาอัลกอริทึมในการคำนวณค่าพารามิเตอร์ไม่เชิงเส้น B/A โดยการใช้กราฟที่เป็นฟังก์ชันระหว่างนอร์มอลไลซ์อินพุตเอาต์พุตที่คำนวณมาจากค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ขององค์ประกอบฮาร์มอนิกที่สองกับค่าแรงดันของสัญญาณอินพุตที่เพิ่มขึ้น อัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้จำนวนสัญญาณอินพุตน้อยกว่าเทคนิคเดิมและสามารถดำเนินการได้ที่ระดับแรงดันอินพุตที่ต่ำกว่า

ABSTRACT

This research project presents the utilization of system identification based on the second-order Volterra (SVF) to separate nonlinear components of nonlinear echo signals. The algorithm for the identification of the SVF filter coefficients is proposed and validated using both simulations from a nonlinear pulse-echo system and experimental ultrasound data. The identified linear and quadratic kernels are used to decompose the nonlinear signal into linear and quadratic components. Illustrative examples demonstrate that while the linear kernel appropriately captures the linear component in the fundamental frequency band, the quadratic kernel is capable of modeling quadratic components ranging from low to high frequency. The reduction of input sequences can be done based on the regularization method. Moreover, the feasibility study shows that the system identification based on the SVF is capable of separating the second order nonlinearity embedded under the level of noise signal. This is a significant advantage of the proposed method over a conventional linear filtering. In addition, we have developed the algorithm for estimating nonlinearity parameter B/A using the normalized input-output curve calculated from mean absolute values of second harmonic segments as a function of excitation at an increasing amplitude level. It is shown that our technique requires less number of excitation and operates at lower input pressure.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัย

ขอขอบคุณนักศึกษาหลายท่าน อันได้แก่ นายปริพันธ์ อินทร์ฤดี นักศึกษาปริญญาตรี นายทศพร นิลมณี นักศึกษาปริญญาโท และนายจินดา สามัคคี นักศึกษาปริญญาเอก ที่ช่วยเหลือในการทำงานเป็นอย่างมาก

สุดท้าย ข้าพเจ้าขอน้อมรำลึกถึงพระคุณของ บิดามารดา และครอบครัว ที่ส่งเสริมสนับสนุนและเป็นแรงใจที่ดีมาโดยตลอด

งานวิจัยและรายงานฉบับนี้ เกิดขึ้นได้จากการสนับสนุนช่วยเหลือจากบุคคลต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น อย่างไรก็ตาม หากมีบุคคลอื่นใดที่ข้าพเจ้ามิได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ ข้าพเจ้าต้องขออภัยและขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

พรชัย พฤกษ์ภัทรานนต์

Contents

1 Introduction **1**
- 1.1 Importance and Motivation of this Research . . . 1
- 1.2 Literature Review . . . 1
- 1.3 Objectives of this Research . . . 2
- 1.4 Scope of this Research . . . 3
- 1.5 Research Plan . . . 3

2 Second-Order Volterra System Identification **5**
- 2.1 Introduction . . . 5
- 2.2 Theory . . . 5
  - 2.2.1 Nonlinear Pulse-Echo System . . . 5
  - 2.2.2 Volterra Filter . . . 6
  - 2.2.3 Identification of the SVF Model . . . 8
  - 2.2.4 Regularization . . . 11
- 2.3 Materials and Methods . . . 12
  - 2.3.1 Details of the NPS . . . 12
  - 2.3.2 Identification Step . . . 12
  - 2.3.3 Validation Step . . . 13
- 2.4 Results from Simulation Data . . . 14
  - 2.4.1 Identification Results . . . 14
  - 2.4.2 Validation Results . . . 16
- 2.5 Results from Experimental Data . . . 19
- 2.6 Discussion . . . 21

3 Determination of the Acoustic Nonlinearity Parameter B/A **22**
- 3.1 Background . . . 22
- 3.2 Theory . . . 22
  - 3.2.1 Simulation of Pulse-Echo Data . . . 23
  - 3.2.2 B/A Computation . . . 24
- 3.3 Simulation Setup . . . 24
- 3.4 Results . . . 25
  - 3.4.1 Pulse-Echo Lines . . . 25
  - 3.4.2 Determination of B/A . . . 26
- 3.5 Discussion . . . 30

4 Conclusions and Recommendations for Future Work **31**
4.1 Conclusions 31
4.2 Recommendations for Future Study 32