



## รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การประยุกต์ใช้วงจรกรองโวลเทอราสำหรับภาพจากอัลตราซาวนด์แบบไม่เชิงเส้น

Applications of Volterra Filters for Nonlinear Ultrasound Imaging

โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรชัย พฤกษ์ภัทรานนท์

เดือน ปี ที่เสร็จโครงการ กรกฎาคม 2552

## บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : MRG5080287

ชื่อโครงการ : การประยุกต์ใช้วงจรกรองโวลเทอราสำหรับภาพจากอัลตราซาวด์แบบไม่เชิงเส้น

ชื่อนักวิจัย : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรชัย พงษ์ภักทรานนท์

E-mail Address : pornchai.p@psu.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : 2 ปี

บทคัดย่อ :

ปัจจุบันมีการใช้ปรากฏการณ์ความไม่เป็นเชิงเส้นในการปรับปรุงคุณภาพของภาพจากอัลตราซาวด์เพื่อให้การวินิจฉัยโรคทำได้ดียิ่งขึ้น การแยกสัญญาณไม่เชิงเส้นเป็นปัจจัยหลักในการกำหนดคุณภาพของภาพที่ได้ โครงการวิจัยในรายงานฉบับนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้วงจรกรองโวลเทอราสำหรับภาพจากอัลตราซาวด์แบบไม่เชิงเส้น จุดประสงค์ของโครงการคือการวิเคราะห์คุณสมบัติของวงจรกรองโวลเทอราที่มีผลต่อคุณภาพของภาพจากอัลตราซาวด์ทั้งในด้านความคมชัดเชิงพื้นที่และด้านความคมชัดเชิงเปรียบเทียบ แล้วหาวิธีการออกแบบวงจรกรองโวลเทอราจากคุณสมบัติที่ได้ศึกษาไว้ข้างต้น ผลการศึกษาที่สำคัญจากงานวิจัยนี้ คือได้วิธีการออกแบบวงจรกรองควอดราติกแบบใหม่ที่สามารถกำหนดรายละเอียดทางด้านเวลาและด้านความถี่อย่างเป็นอิสระต่อกันได้อย่างเหมาะสม ทำให้ได้วงจรกรองควอดราติกที่ให้คุณภาพของภาพจากอัลตราซาวด์ที่ดีทั้งในด้านความคมชัดเชิงพื้นที่และด้านความคมชัดเชิงเปรียบเทียบ ซึ่งเป็นความสามารถที่การประมวลผลแบบวงจรกรองเชิงเส้นไม่สามารถให้ได้ วิธีการออกแบบวงจรกรองควอดราติกแบบใหม่ได้รับการประเมินใช้กับข้อมูลภาพอัลตราซาวด์ที่ได้จากการทดลองจริง ผลปรากฏว่าวิธีการออกแบบใหม่สามารถปรับปรุงคุณภาพของภาพจากอัลตราซาวด์ให้ดีขึ้นทั้งในด้านความคมชัดเชิงพื้นที่และด้านความคมชัดเชิงเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้โครงการยังได้ทำการศึกษาระเบบเอกลักษณ์ของระบบอัลตราซาวด์ทางการแพทย์แบบไม่เชิงเส้นโดยใช้วงจรกรองโวลเทอราลำดับที่สองเพื่อทำการแยกองค์ประกอบสัญญาณไม่เชิงเส้น ผลการศึกษาพบว่าการระบุเอกลักษณ์โดยใช้วงจรกรองโวลเทอราลำดับที่สองสามารถแยกองค์ประกอบสัญญาณไม่เชิงเส้นที่มีขนาดต่ำกว่าสัญญาณรบกวนได้ ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของเทคนิคที่การประมวลผลแบบวงจรกรองเชิงเส้นไม่สามารถให้ได้ ข้อดีดังกล่าวเปิดโอกาสในการนำไปสู่การประยุกต์ใช้ปรับปรุงในทางวินิจฉัยด้านการแพทย์และการวิเคราะห์คุณลักษณะของเนื้อเยื่อให้ดีขึ้นได้

คำหลัก : วงจรกรองโวลเทอรา ภาพจากอัลตราซาวด์แบบไม่เชิงเส้น ภาพจากอัลตราซาวด์ทางการแพทย์

## Abstract

---

Project Code : MRG5080287  
Project Title : Applications of Volterra Filters for Nonlinear Ultrasound Imaging  
Investigator : Assistant Professor Dr. Pornchai Phukpattaranont  
E-mail Address : pornchai.p@psu.ac.th  
Project Period : 2 years

### Abstract :

Modern ultrasonic imaging modalities employ nonlinear phenomena to enhance diagnostic capabilities in medical applications. Nonlinear signal separation is a key factor in this success. Consequently, applications of Volterra filters for nonlinear ultrasound imaging are studied and results are presented in this report. The properties of Volterra filters that affect imaging qualities both in terms of contrast and spatial resolution are analyzed and used to formulate the design approach of Volterra filter for improving the quality of ultrasound images based on the investigated properties. The important finding is a novel design approach of a quadratic filter that allows for two degrees of freedom in optimizing time and frequency resolution independently. That is, axial resolution can be maintained while contrast resolution is maximized. Thus, it overcomes the trade-off in time frequency resolution problem appearing in linear bandpass filtering, which has only one degree of freedom in filter optimization. For example, in order to increase contrast resolution in linear bandpass filtering, the passband width of filter must be decreased. This unavoidably degrades axial resolution. Evaluation of the approach is demonstrated using a flow phantom target containing ultrasound contrast agent and a quality assurance ultrasound phantom consisting of resolution targets. Results show that the proposed method allows for obtaining the quadratic image with high contrast resolution and no apparent loss in axial resolution. In addition, a preliminary study of system identification based on Volterra filters applied in a nonlinear medical ultrasound system was carried out. The feasibility study shows that the system identification based on the second-order Volterra filter is capable of separating the second order nonlinearity embedded under the level of noise signal. This is a significant advantage of the method over a conventional linear filtering. Applications in practical use that the advantage of this new proposed method may allow for include medical diagnosis and tissue characterization.

Keywords : Volterra filter, Nonlinear ultrasound imaging, Medical ultrasound imaging