

การศึกษาวิธีการกำจัดเสียงรบกวนในท่อ

A Study of Active Control of Sound

Propagation in a Duct.

วัชรพงษ์ แซ่เตียว

นักศึกษาระดับปริญญาตรี
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

พุทธพงศ์ สมใจ

ประวิทย์ ชุมชู
ธานี ตีมีชัย
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

51 ถนนเชื่อมสัมพันธ์

หนองจอก กรุงเทพฯ 10530

E-mail : watchara@mut.ac.th

บทความนี้ เป็นการศึกษาวิธีการกำจัดเสียงรบกวนในท่อ อันเนื่องมาจากมลภาวะทางเสียงในโรงงานอุตสาหกรรมในยุคปัจจุบันมีปัญหายู่มาก บทความนี้จึงเป็นการศึกษาวิธีการลดปัญหาดังกล่าว โดยอาศัยพื้นฐานจากอะแดปทีฟฟิลเตอร์แบบอัลกอริทึมวิธีเฉลี่ยกำลังสอง (Least-Mean-Square Algorithm: LMS Algorithm) และใช้เงื่อนไขในการวิเคราะห์แบบมีดีเลย์ในส่วนค่าความผิดพลาด (Delayed-LMS algorithm) การวิเคราะห์ทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและความยาวของท่อรวมถึงทดสอบเปลี่ยนสัญญาณเสียงรบกวนที่เข้าไปในท่อ, ลักษณะชนิดของท่อ, และค่าความยาวของท่อ ผลการทดสอบทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้แสดงให้เห็นว่าวิธีดังกล่าวสามารถลดมลภาวะทางเสียงลงได้จริง

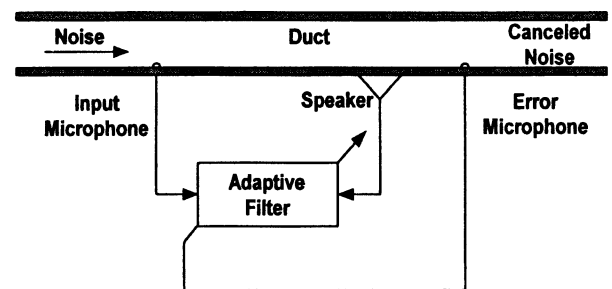
Noise pollution is a serious problem in factories. This paper presents a study on active control of sound propagation in a duct. The algorithm is formulated using a Least-Mean-Square (LMS) method with a delay in the error path. The algorithm is simulated with different colored noise input signals, kinds of ducts and sizes. The results are shown to agree well with theoretical prediction.

1. บทนำ

ปัญหาด้านมลภาวะทางด้านเสียงเป็นปัญหาที่สำคัญและกำลังเป็นที่สนใจ โดยเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น เสียงดังในท่อระบายอากาศ เป็นต้น บทความนี้ได้ทำการศึกษารูปแบบปัญหาดังกล่าวข้างต้นอาศัยหลักการอะแดปทีฟฟิลเตอร์แบบอัลกอริทึมวิธีเฉลี่ยกำลังสองน้อยที่สุดโดยมีดีเลย์ในส่วนค่าความผิดพลาด ซึ่งลักษณะหลักการข้างต้นนี้ได้เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย [1-6] โดยทั่วไปอะแดปทีฟฟิลเตอร์แบบอัลกอริทึมวิธีเฉลี่ยกำลังสองน้อยที่สุด มีพื้นฐานคือการทำให้ค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด ซึ่งค่าความผิดพลาดนั้นเกิดมาจากค่าความแตกต่างระหว่างค่าสัญญาณจริงกับค่าสัญญาณที่ได้จากการประมาณของอัลกอริทึมหรือกล่าวคือการสร้างให้สัญญาณทั้งสองมีเฟสที่ตรงกันข้ามกัน วิธีการนี้เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในงานการกำจัดสัญญาณรบกวนซึ่งแล้วแต่ว่าจะใช้เงื่อนไขแบบไหนในการแก้ปัญหา และดีเลย์ในส่วนของค่าความผิดพลาดก็เป็นหนึ่งในนั้นกล่าวคือค่าความผิดพลาดซึ่งเกิดจากผลต่างของสัญญาณจริงกับค่าสัญญาณประมาณนั้นไม่สามารถจะวัดได้จริงหรือนำค่าตรงจุดนั้นมาวิเคราะห์ได้โดยตรง เสมือนหนึ่งว่าต้องผ่านส่วนที่เป็นดีเลย์มาก่อนจึงจะวัดค่าได้หรือนำค่านั้นมาวิเคราะห์ได้ จากผลการวิเคราะห์ทางโปรแกรมได้แสดงให้เห็นว่าสามารถทำให้ค่าพลังงานของค่าความผิดพลาดลดลงได้มาก นั่นก็หมายถึงว่าสามารถลดเสียงรบกวนลงได้เช่นกัน

2. Delayed LMS Algorithm

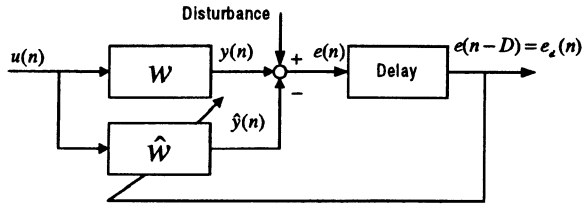
การกำจัดสัญญาณเสียงรบกวนในท่อนั้น สามารถแสดงโครงสร้างได้ดังรูปที่ 1.



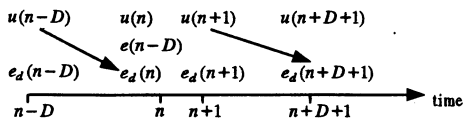
รูปที่ 1 โครงสร้างของการกำจัดสัญญาณเสียงรบกวนในท่อ

จากรูปที่ 1 อินพุตไมโครโฟนจะเป็นตัวรับสัญญาณเสียงรบกวนซึ่งเดินทางในท่อเข้ามายังส่วนของอะแดปทีฟฟิลเตอร์แบบอัลกอริทึมวิธีค่าเฉลี่ยกำลังสองน้อยที่สุด และในส่วนนี้จะทำการสร้างสัญญาณประมาณขึ้นมาเพื่อส่งไปยังส่วนของลำโพง และตรงจุดนี้ก็จะมีการหักล้างกันของสัญญาณเสียงจริงกับสัญญาณประมาณ ซึ่งผลต่างตรงนี้เรียกว่าค่าความผิดพลาดก็จะตรวจจับได้โดยไมโครโฟน ค่าความผิดพลาด แล้วนำป้อนกลับมายังวิเคราะห์ในส่วนของอะแดปทีฟฟิลเตอร์อีกครั้ง จากรูปจะเห็นว่า

ไม่สามารถจะนำค่าความผิดพลาดกลับมาวิเคราะห์ได้โดยตรง ดังนั้นจึงพิจารณาว่าส่วนนี้มีการตีเลยเกิดขึ้น และสามารถแสดงเป็นบล็อกทางการวิเคราะห์ได้ดังนี้



รูปที่ 2 โครงสร้างของอะแดปทีฟฟิลเตอร์ที่มีตีเลยในส่วนค่าความผิดพลาด



รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ทางเวลาของสัญญาณขณะทำการอัปเดตค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ

โดยพื้นฐานทั่วไปของอะแดปทีฟฟิลเตอร์ ที่ใช้หลักการของอัลกอริทึมแบบวิธีค่าเฉลี่ยกำลังสองน้อยที่สุดนั้นจะมีสมการในการปรับค่าการประมาณดังนี้ [7]

$$\underline{w}(n+1) = \underline{w}(n) + \mu \underline{u}(n) e(n) \quad (1)$$

โดยที่

- μ คือค่าสเกลไซรีในการปรับค่าของอัลกอริทึม
- $\underline{u}(n)$ คือเวกเตอร์ของสัญญาณเสียงรบกวน
- $\underline{w}(n)$ คือเวกเตอร์ค่าสัมประสิทธิ์ของท้อ

และ $e(n)$ คือค่าความผิดพลาดหรือค่าความแตกต่างระหว่างสัญญาณเสียงจริงกับสัญญาณที่ได้จากการประมาณของอะแดปทีฟฟิลเตอร์ แต่เนื่องจากในความเป็นจริงในงานด้านการกำจัดเสียงรบกวนในท่อนั้น ไม่สามารถที่จะวัดค่าหรือนำค่าความผิดพลาด $e(n)$ มาป้อนกลับให้กับอัลกอริทึมได้โดยตรง จึงทำให้เสมือนเกิดการตีเลยขึ้นในส่วน of ค่าความผิดพลาดดังรูปที่ 2 และในรูปที่ 3 ได้แสดงความสัมพันธ์ทางเวลาระหว่างสัญญาณเสียงรบกวนอินพุตกับสัญญาณค่าความผิดพลาด ดังนั้นสมการที่ (1) จึงไม่สามารถใช้กับกรณีนี้ได้ เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ตัวใหม่ $\underline{w}(n+1)$ นั้นจะเกิดจากการนำค่าสัมประสิทธิ์ตัวปัจจุบัน $\underline{w}(n)$ มาคำนวณกับค่าสัญญาณเสียงรบกวนอินพุตและค่าสัญญาณความผิดพลาดที่เวลาเดียวกัน

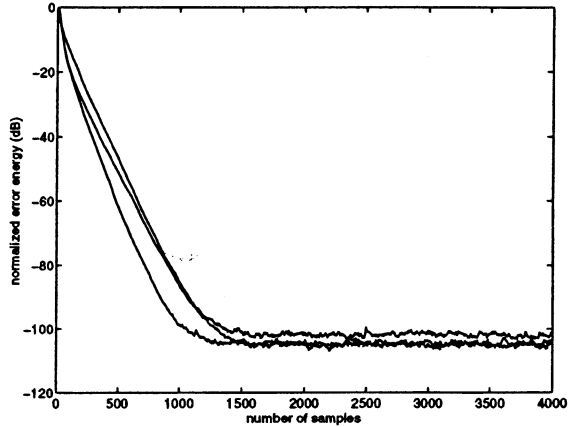
จากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าสัญญาณค่าความผิดพลาดจะถูกตีเลยไป ดังนั้นค่าที่ถูกป้อนกลับมาจึงไม่ใช่ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากสัญญาณเสียงรบกวนที่เวลานั้น สมการสำหรับการแก้ปัญหาจึงเป็น [5-6]

$$\underline{w}(n+1) = \underline{w}(n) + \mu \underline{u}(n-D) e_d(n) \quad (2)$$

โดยที่ $e_d(n) = e(n-D)$

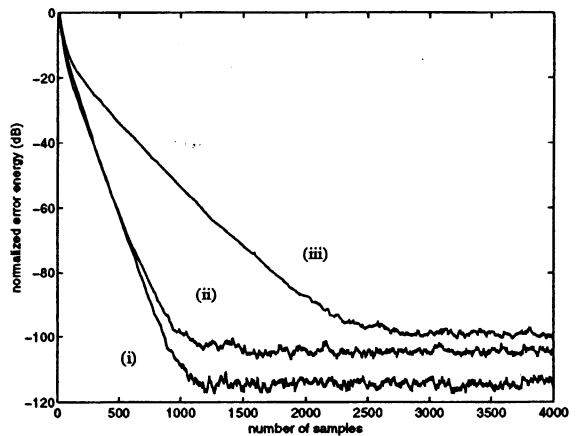
3. การทดลอง

จากโครงสร้างของอัลกอริทึมในรูปที่ 2 และสมการที่ (2) ใช้การจำลองระบบโดยโปรแกรม MatLab สำหรับค่า μ จะหาได้โดยวิธีการเดาค่าค่าที่ดีที่สุด หรือค่าที่ทำให้การคอนเวอร์สเร็วที่สุด และให้สัญญาณเสียงรบกวนอินพุตเป็นสัญญาณรบกวนสี (Colored noise) และกำหนดให้ที่จุดหักล้างยังมีสัญญาณรบกวนสีขาวขนาดอัตรากำลังของสัญญาณต่ออัตรากำลังของสัญญาณรบกวน SNR = 40 dB ผลการทดลองในรูปที่ 4 เกิดจากการเปลี่ยนลักษณะของท้อ ซึ่งก็หมายถึงการเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์ $\underline{w}(n)$ นั้นเอง

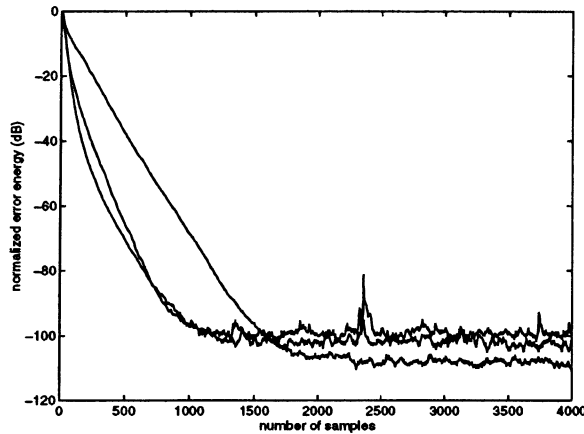


รูปที่ 4 การเปรียบเทียบค่าพลังงานของความผิดพลาดเมื่อทำการเปลี่ยนลักษณะของท้อ

จากนั้นทำการเปลี่ยนค่าความยาวของท้อและสัญญาณเสียงรบกวนที่เข้าไปในท้อ ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 5 และ 6 ตามลำดับ



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบค่าพลังงานของค่าความผิดพลาด เมื่อทำการเปลี่ยนความยาวของท้อ โดย (i) คือค่าความยาวท้อที่สั้นที่สุดและ (iii) คือค่าความยาวท้อที่ยาวที่สุด



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบค่าพลังงานของค่าความผิดพลาด เมื่อทำการเปลี่ยนสัญญาณเสียงรบกวนที่เข้ามาในท่อ

4. สรุป

จากการทดลองโดยการจำลองระบบทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะเห็นว่าได้ว่า สามารถลดเสียงรบกวนในท่อได้จริง โดยไม่ว่าจะเปลี่ยนลักษณะของท่อหรือความยาวของท่อก็ตาม อัลกอริทึมก็ยังสามารถลดเสียงรบกวนได้ ดังสังเกตได้จากค่าพลังงานของค่าความผิดพลาดจะน้อยลงมากนั้นก็คือนั่นคือความดังของสัญญาณเสียงในท่อได้เรียบลงนั่นเอง แต่อัลกอริทึมนี้ยังมีข้อด้อยตรงที่การหาค่า μ ที่เหมาะสมจะทำได้ยากและต้องหาจากวิธีการเดาสุ่ม

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอบพระคุณ ผศ.ดร.อริคม ฤกษ์บุตร หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำหรับคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อบทความนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] I. Kim, H. Na, K. Kim, and Y. Park, "Constraint filter-x-and filter-u algorithm for the active control of noise in duct", J. Acoust. Soc. Amer., Vol. 95, No. 6, pp. 3397-3389, June 1994.
- [2] S. D. Snyder and C. H. Hansen, "Design considerations for active noise control systems implementing the multiple input, multiple output LMS algorithm" J. Sound Vibration, Vol. 159, No.1, pp. 157-174, 1992.
- [3] M. Rupp, "An analog-digital echo canceller for hybrids", in Proc. ISCAS, Chicago, IL, May 1993.
- [4] G. Long, F. Ling, and J. A. Proakis, "The LMS algorithm with delayed coefficient adaptation", IEEE Tran. Acoust., Speech, Signal Processing, Vol. 37, pp. 1397-1405, Sept.1989.
- [5] M. Rupp and R. Frenzel, "Analysis of LMS and NLMS algorithms with Delayed Coefficient Update Under the Presence of Spherically Invariant Processes", IEEE. Tran. Signal Processing, Vol. 42, No. 3., Mar .1994

- [6] P.Somjai, P.Chumchu, and T.Demeechai, ."Delayed Adaptive Filtering Based on NLMS Algorithm with An Error Adjustment Procedure", 1998 IEEE Asia-Pacific Conference on uits and Systems, Nov. 24-27, 1998

- [7] S.Haykin, "Adaptive Filter Theory", Prentice-Hall, 1996