

## ระบบตรวจจับการทะเลาะวิวาทโดยใช้การประมวลผลสัญญาณเสียง

## Quarrel Detection System by Voice Signal Processing

ธีรพงศ์ อรชร และ พัฒนา อินทนิ

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

833 ถนนพระราม 1 เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 E-mail: oteerapong@gmail.com, pattana\_01t@yahoo.com

## บทคัดย่อ

ปัจจุบันระบบกล้องวงจรปิดได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย สาเหตุเกิดจากอาชญากรรมที่เพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากระบบกล้องวงจรปิดจำเป็นต้องอาศัยคนในการดูแลและเฝ้าระวังเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นเป็นเวลานาน เป็นเหตุให้เกิดการเมื่อยล้าและก่อให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจสอบได้ บทความนี้นำเสนอระบบเฝ้าระวังและเตือนภัยเหตุการณ์ทะเลาะวิวาทอัตโนมัติ ซึ่งจะเตือนและส่งสัญญาณเสียงไปยังผู้ดูแลเมื่อเกิดเหตุการณ์ทะเลาะวิวาทขึ้น โดยระบบนี้ใช้การแยกความดังและความถี่ของสัญญาณเสียงในการระบุเหตุการณ์ทะเลาะวิวาทที่เกิดขึ้น ผลแสดงให้เห็นว่าระบบนี้สามารถอาศัยลักษณะดังกล่าวแยกสัญญาณเสียงทะเลาะวิวาทและสัญญาณเสียงอื่นได้อย่างชัดเจน

คำสำคัญ: กล้องวงจรปิด การประมวลผลสัญญาณเสียง ตรวจจับการทะเลาะวิวาท

## Abstract

Nowadays, Closed Circuit Television (CCTV) has been widely used due to the increase of crime. However, this system needs manpower to monitor during the operation which takes long time resulting in the weakness and the degradation of work quality. This paper proposes a system that monitors, automatically alarms and then sends a signal to administrators when a quarrel happens. The system proposed in this paper detects voice, volume, and frequency, as indicators to identify the level of voice to analyze the quarrel situation. The result

showed that this system can distinguish the voice between quarrel and other events.

Keywords: CCTV, voice signal processing, quarrel detection

## 1. บทนำ

เนื่องจากสภาพสังคมในตัวเมืองประสบปัญหาการเกิดอาชญากรรมสูงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จึงได้มีการคิดค้นระบบป้องกันอาชญากรรมขึ้น โดยอาศัยเทคโนโลยีกล้องวงจรปิด ถึงแม้จะไม่สามารถป้องกันอาชญากรรมโดยตรง แต่การมีกล้องวงจรปิดเพื่อดูเหตุการณ์ที่ผ่านมา จึงสามารถระบุได้ถึงตัวบุคคลที่ก่อเหตุ รวมถึงสาเหตุในการก่ออาชญากรรม และทำให้สามารถป้องกันการเกิดอาชญากรรมได้ แต่จุดอ่อนของระบบป้องกันอาชญากรรมโดยกล้องวงจรปิดนั้นคือ ในระบบนั้นจะต้องอาศัยคนมาคอยเฝ้าระวังและตรวจสอบภาพเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในกล้องวงจรปิด แต่เนื่องจากคนไม่สามารถจดจ่อทำงานเป็นเวลานานๆ ได้ เพราะถ้าหากทำงานเป็นก็อาจทำให้เกิดอาการเหนื่อยและเมื่อยล้า และทำให้ไม่มีสติพอที่จะสังเกตเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ จึงทำให้เกิดปัญหาเมื่อมีภาพเหตุการณ์สำคัญขึ้น ก็อาจทำให้คนที่มาคอยเฝ้าระวังภาพในกล้องวงจรปิดไม่สามารถสังเกตเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้

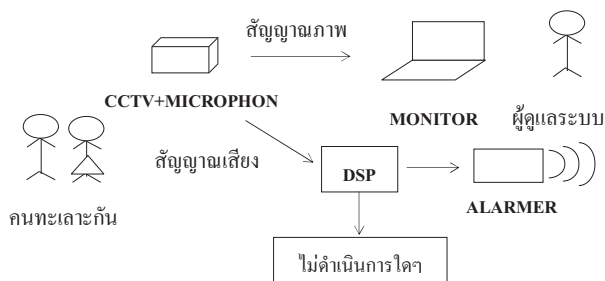
จึงได้มีการวิจัยคิดค้นระบบเฝ้าระวังและเตือนภัยอัตโนมัติ [1] ขึ้น โดยถ้าหากมีการทะเลาะวิวาทซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของอาชญากรรมเกิดขึ้นแล้ว ก็ให้ทำการแจ้งเตือนไปยังผู้ที่ทำการดูแลกล้องวงจรปิดอยู่ ซึ่งจะสามารถลดภาระผู้ดูแลกล้องวงจรปิดได้ เพราะไม่จำเป็นต้องมาเฝ้าระวังเหตุการณ์ทะเลาะวิวาทตลอดเวลา ทำเพียงแค่มาสังเกตการณ์เวลาระบบอัตโนมัติแจ้งเตือนเท่านั้น ทำให้สามารถลดอาการเหนื่อยและ

เมื่อยี่ห้อของผู้ดูแลได้ ซึ่งระบบอัตโนมัติที่ได้กล่าวมานั้นใช้วิธีการประมวลผลภาพ ในการระบุเหตุการณ์ทะเลาะวิวาท แทนคน ซึ่งการประมวลผลภาพที่ใช้จำเป็นจะต้องใช้หน่วยความจำและการประมวลผลเป็นจำนวนมาก ถ้าหากใช้คอมพิวเตอร์ที่ประสิทธิภาพต่ำก็อาจจะทำให้ระบบดังกล่าวไม่สามารถส่งสัญญาณเตือนภัยตอบสนองต่อเหตุการณ์ทันทีได้

ในบทความนี้จึงได้พัฒนาระบบที่มีอยู่เดิม โดยนอกจากจะใช้กล้องวงจรปิดแล้วก็จะใช้ไมโครโฟนสำหรับรับสัญญาณเสียงมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อระบุเหตุการณ์ทะเลาะวิวาท ซึ่งระบบที่เราพัฒนาขึ้นนั้นจะใช้เพียงสัญญาณเสียงเพียงอย่างเดียวสำหรับทำการวิเคราะห์เพื่อระบุช่วงเวลาที่เกิดเหตุการณ์ทะเลาะวิวาทจากนั้นก็ให้ส่งสัญญาณแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลให้มาตรวจสอบภาพจากกล้องวงจรปิดในช่วงเวลาที่รับแจ้งจากระบบที่ส่งสัญญาณเตือนไป

## 2. โครงสร้างของระบบ

ระบบที่ตรวจจับการทะเลาะวิวาทที่พัฒนาขึ้นนั้นใช้สัญญาณเสียงจากไมโครโฟน ของกล้อง DSLR Canon 500 D เป็นตัวรับสัญญาณเสียง ซึ่งใช้ความถี่ Sampling 22050 Hz โดยระบบตรวจจับถูกแสดงไว้ในรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างระบบตรวจจับการทะเลาะวิวาท

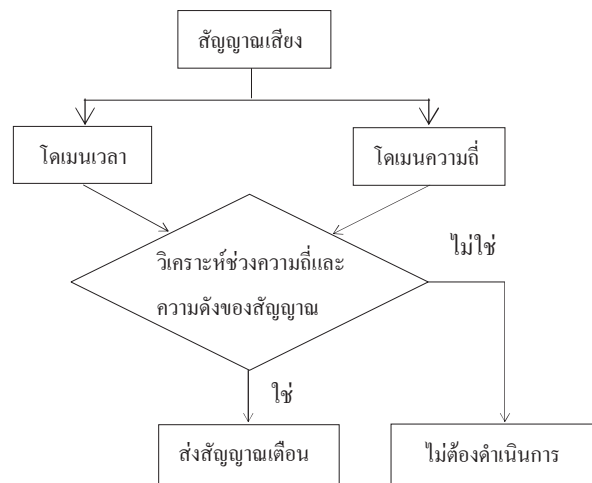
จากรูปที่ 1 เมื่อได้สัญญาณเสียงแล้วก็จะทำการวิเคราะห์โดยอัลกอริทึมทางประมวลผลสัญญาณเพื่อระบุเหตุการณ์การทะเลาะวิวาทขึ้น ซึ่งถ้าหากระบบตัดสินใจจากสัญญาณเสียงที่ได้รับมาว่าเป็นการทะเลาะวิวาทก็ให้ส่งสัญญาณเตือนไปยังผู้ดูแล ให้เข้ามาตรวจสอบภาพจาก

จอมอนิเตอร์ซึ่งรับสัญญาณภาพมาจากกล้องวงจรปิดอีกครั้งว่าเกิดเหตุการณ์ทะเลาะวิวาทขึ้นจริงหรือไม่

## 3. วิธีการดำเนินงาน

ในเหตุการณ์ทะเลาะวิวาทที่เกิดขึ้นนั้น สิ่งที่ใช้ระบุเหตุการณ์นอกจากสัญญาณภาพแล้ว ก็จะมีสัญญาณเสียงที่สามารถใช้ในการบ่งบอกเหตุการณ์ทะเลาะวิวาทได้ โดยในบทความนี้ใช้สัญญาณเสียงเพียงอย่างเดียวในการระบุเหตุการณ์ เพื่อลดข้อมูลในการประมวลผล ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง และราคาแพง

โดยวิธีการวิเคราะห์สัญญาณเสียงเพื่อแยกว่าสัญญาณเสียงใดเป็นเสียงการทะเลาะวิวาทมีขั้นตอนดังรูปที่ 2



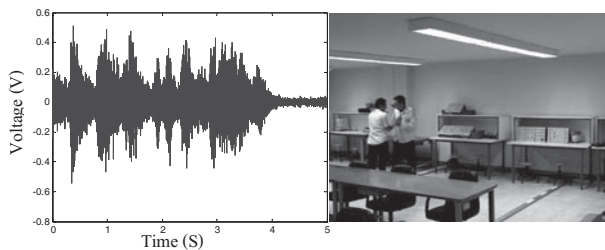
รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมการวิเคราะห์สัญญาณเสียง เพื่อระบุเหตุการณ์ทะเลาะวิวาท

จากรูปที่ 2 นำสัญญาณเสียงมาทำการแยกลักษณะเด่นของสัญญาณโดยการวิเคราะห์แบ่งออกเป็นสองทางคือ โดเมนเวลาและโดเมนความถี่ จากนั้นนำมาทำการวิเคราะห์ถ้าหากวิเคราะห์สัญญาณในโดเมนเวลา และโดเมนความถี่ตรงกับเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ก็ให้ส่งสัญญาณเตือน แต่ถ้าไม่ใช่ก็ไม่ให้ดำเนินการใด ๆ

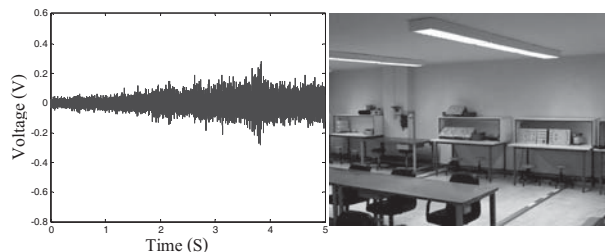
สามารถอธิบายวิธีการวิเคราะห์สัญญาณในแต่ละโดเมนรวมทั้งเงื่อนไขในการตัดสินใจว่าสัญญาณเสียงที่รับเข้าเป็นสัญญาณเสียงที่เป็นการทะเลาะวิวาทหรือไม่ ดังนี้

### 3.1 วิเคราะห์สัญญาณในโดเมนเวลา

สาเหตุที่ต้องทำการวิเคราะห์สัญญาณเสียงในช่วงโดเมนเวลา เนื่องจากต้องการแยกแยะสัญญาณเสียงที่เป็นการทะเลาะวิวาทและสัญญาณเสียงที่เป็นเสียงเงียบหรือไม่ค่อยมีเสียงดังกราฟในรูปที่ 3 ซึ่งแกนนอนของกราฟบ่งบอกเวลาเป็นวินาที ส่วนแกนตั้งของกราฟบ่งบอกถึงแอมพลิจูดของสัญญาณเป็น Voltage



(ก) กราฟของสัญญาณเสียงคนทะเลาะกัน (ซ้าย) และภาพที่จับได้ว่าคนทะเลาะกัน (ขวา)



(ข) กราฟของสัญญาณเสียงภายในห้อง (ซ้าย) และภาพที่จับภาพในห้อง (ขวา)

รูปที่ 3 กราฟสัญญาณเสียงและภาพที่จับได้ของคนทะเลาะกัน (ก) และภายในห้อง (ข)

วิธีการที่ใช้ในการแยกสัญญาณเสียงที่เป็นสัญญาณเสียงทะเลาะวิวาทกับเสียงอื่น ๆ ที่ไม่ใช่เสียงดังสามารถทำได้โดยการนำพลังงานของสัญญาณ [2, 3] มา

เปรียบเทียบกับ ซึ่งเราสามารถหาพลังงานของสัญญาณได้ดังสมการที่ 1

$$E_s = \sum_{n=0}^m x^2(n) / f_s \quad n = 0, 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

เมื่อ  $E_s$  = พลังงานของสัญญาณ  
 $x(n)$  = ชุดสัญญาณดิจิทัล  
 $f_s$  = ความถี่ Sampling

เมื่อมีการทะเลาะวิวาทกันสัญญาณเสียงจะมีพลังงานของสัญญาณสูงกว่าเสียงอื่น ๆ ที่ไม่ใช่เสียงดัง โดยเมื่อทำการคำนวณจากรูปที่ 3 จะได้ค่าพลังงานเสียงคนทะเลาะวิวาทเท่ากับ  $0.034 \text{ V}^2 \cdot \text{S}$  และค่าพลังงานเสียงภายในห้องเมื่อไม่มีคนเท่ากับ  $0.008 \text{ V}^2 \cdot \text{S}$

สังเกตจะค่าพลังงานที่ได้ทำการคำนวณจากเสียงทั้งสองลักษณะแล้วพบว่ามีความแตกต่างกันมาก งานวิจัยนี้จึงได้นำค่าพลังงานของสัญญาณมาเป็นตัวแยกแยะความแตกต่างระหว่างสัญญาณเสียงการทะเลาะวิวาทและสัญญาณเสียงภายในห้อง

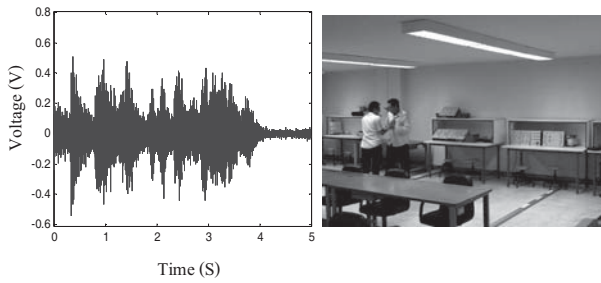
### 3.2 วิเคราะห์สัญญาณในโดเมนความถี่

วิเคราะห์สัญญาณเสียงในช่วงโดเมนความถี่ เนื่องจากต้องการแยกสัญญาณเสียงที่เป็นการทะเลาะวิวาทและสัญญาณเสียงที่เป็นเสียงคนคุยกันเสียงดัง ดังรูปที่ 4

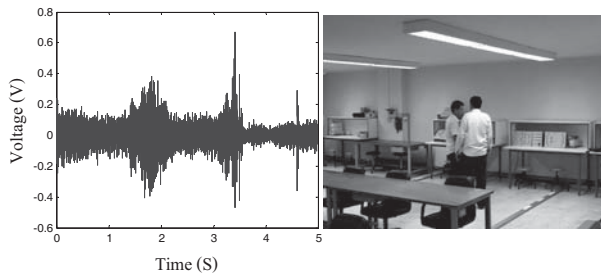
วิธีการที่ใช้ในการแยกแยะสัญญาณเสียงที่เป็นสัญญาณเสียงทะเลาะวิวาทกับเสียงคนพูดคุยกันเสียงดังสามารถทำได้โดยการนำความถี่ของสัญญาณมาเปรียบเทียบกับ ซึ่งเราสามารถหาความถี่ของสัญญาณได้ด้วยวิธีการ DFT (Discrete Fourier Transform) [4, 5] ดังสมการที่ 2

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{j2\pi nk/N}; \quad 0 < k < N-1 \quad (2)$$

เมื่อ  $X(k)$  = ชุดสัญญาณที่ได้จากการทำ DFT  
 $x(n)$  = ชุดสัญญาณดิจิทัล



(ก) กราฟของสัญญาณเสียงคนทะเลาะกัน (ซ้าย) และภาพที่จับได้ว่าคนทะเลาะกัน (ขวา)

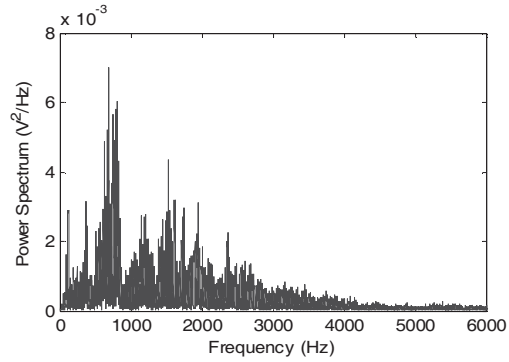


(ข) กราฟของสัญญาณเสียงคนคุยกันเสียงดัง (ซ้าย) และภาพที่จับคนคุยกันเสียงดัง (ขวา)

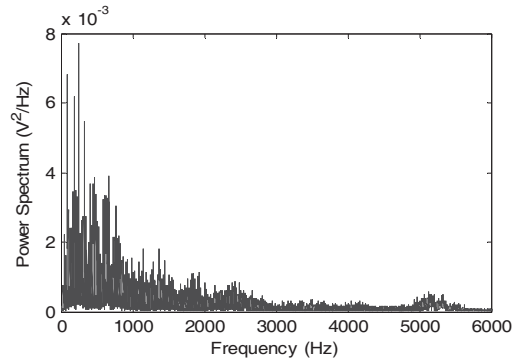
รูปที่ 4 กราฟสัญญาณเสียงและภาพที่จับได้ของคนที่ทะเลาะกัน (ก) และคนคุยกันเสียงดัง (ข)

เมื่อมีการทะเลาะวิวาทกันสัญญาณเสียงจะมีความถี่ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงความถี่สูง แต่ถ้าหากเป็นการคุยกันเสียงดังความถี่ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงความถี่ต่ำ สามารถแสดงได้ดังกราฟรูปที่ 5

จากกราฟสเปกตรัมของสัญญาณเสียงเราจึงใช้ความถี่ที่มีค่าแอมพลิจูดมากที่สุดของสเปกตรัมในการแบ่งแยกระหว่างสัญญาณเสียงคนทะเลาะกันและสัญญาณเสียงคนคุยกันเสียงดัง จากรูปที่ 5 ค่าความถี่ที่มีแอมพลิจูดมากที่สุดของสัญญาณ กล่าวคือ ความถี่แอมพลิจูดมากที่สุดของสัญญาณเสียงคนทะเลาะกัน เท่ากับ 690.9 Hz และความถี่แอมพลิจูดมากที่สุดของสัญญาณเสียงคนคุยกันเสียงดังเท่ากับ 240.2 Hz



(ก) สเปกตรัมของสัญญาณเสียงคนทะเลาะวิวาทกัน



(ข) สเปกตรัมของสัญญาณเสียงคนคุยกันเสียงดัง

รูปที่ 5 กราฟสัญญาณเสียงที่จับได้ของคนทะเลาะกัน (ก) และคนคุยกันเสียงดัง (ข)

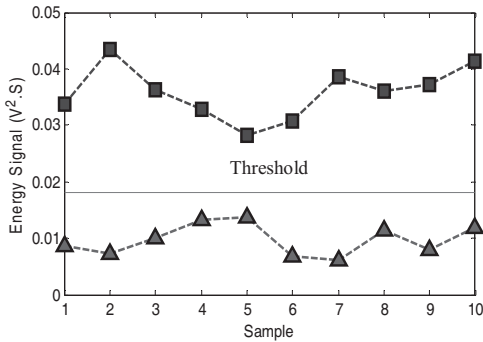
### 3.3 เงื่อนไขในการตัดสินใจ

กระบวนการตัดสินใจเพื่อแยกแยะสัญญาณเสียงว่าสัญญาณเสียงใดเป็นสัญญาณเสียงที่เป็นการทะเลาะวิวาทอาศัยลักษณะเด่นสองลักษณะคือ พลังงานและความถี่ของสัญญาณเสียง

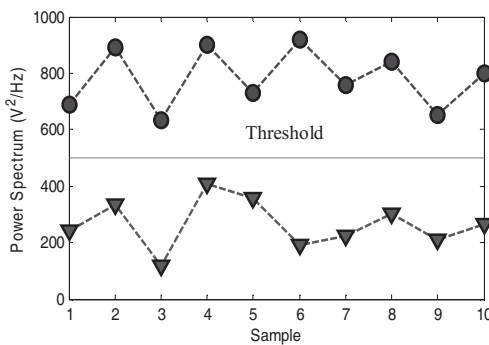
สัญญาณเสียงที่เป็นการทะเลาะวิวาทจะมีพลังงานของสัญญาณสูงและความถี่ของสัญญาณสูง ถ้าหากเป็นการคุยกันเสียงดังจะมีความถี่ของสัญญาณต่ำ และถ้าเป็นกิจกรรมอื่นๆ ที่ไม่มีเสียง พลังงานของสัญญาณมีค่าต่ำ

เราสามารถตั้งค่า Threshold สำหรับการแยกแยะสัญญาณ โดยถ้าพลังงานของสัญญาณมีค่ามากกว่า  $400 \text{ V}^2 \cdot \text{S}$  และค่าความถี่ของสัญญาณมีค่าความถี่มากกว่า 500 Hz ให้สัญญาณเสียงนั้นเป็นสัญญาณเสียงของคนทะเลาะกัน โดยค่า Threshold ที่ได้มานั้น มาจากการที่ได้ทำการทดสอบกับสัญญาณเสียงที่มีคนทะเลาะวิวาททั้งหมด 10 สัญญาณเสียง

สัญญาณเสียงคนคุยกันเสียงดัง 10 สัญญาณ และสัญญาณเสียงอื่น ๆ ที่ไม่ใช่เสียงดัง 10 สัญญาณเสียง สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6



(ก) กราฟเปรียบเทียบพลังงานสัญญาณเสียงการทะเลาะวิวาท และสัญญาณเสียงอื่น ๆ ที่ไม่ดังหรือเบา



(ข) กราฟเปรียบเทียบความถี่สัญญาณที่มีแอมพลิจูดมากที่สุดของสัญญาณเสียงการทะเลาะวิวาทและสัญญาณเสียงการคุยกันเสียงดัง

รูปที่ 6 กราฟการเปรียบเทียบสัญญาณเสียงเพื่อสร้างเงื่อนไขในการแยกแยะสัญญาณ

#### 4. การทดลอง

โดยปกติเหตุการณ์ที่พบในกล้องวงจรปิดที่จะเป็นเหตุการณ์คนเดินผ่านไปผ่านมา หรือคนพูดคุยกัน ดังนั้นการทดสอบสามารถทำได้โดยการนำเสียงของคนพูดคุยเสียงดัง

และเสียงอื่น ๆ ที่ไม่ดังมาก มาทำการเปรียบเทียบกับเสียงคนทะเลาะวิวาทกัน ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบวิธีการที่นำเสนอ

	จำนวนเหตุการณ์ทะเลาะวิวาท	จำนวนเหตุการณ์อื่น ๆ	จำนวนที่ระบุผิดพลาด
เสียงเหตุการณ์ทะเลาะวิวาท (10)	10	0	0
เสียงเหตุการณ์อื่น ๆ (20)	0	20	0

จากที่ได้ทำการทดสอบพบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถแยกแยะเสียงเหตุการณ์ทะเลาะวิวาท และเสียงเหตุการณ์อื่น ๆ ที่ไม่ใช่การทะเลาะวิวาทได้อย่างชัดเจน

#### 5. สรุป

งานวิจัยนี้ สามารถระบุเหตุการณ์ทะเลาะวิวาทในกรณีที่มีการทะเลาะนั้นมียังเสียงดัง และต้องเป็นน้ำเสียงรุนแรง ถ้าหากเป็นการทะเลาะวิวาทที่เสียงเบา หรือเสียงเรียบ ๆ ก็ไม่สามารถที่จะระบุเหตุการณ์ทะเลาะวิวาทได้ เช่น ในกรณีที่ถูกยิงด้วยปืนเก็บเสียง หรือทำร้ายกันด้วยของมีคม ซึ่งทำให้ผู้บาดเจ็บไม่สามารถเปล่งเสียงออกมาได้ หรือชกต่อยกันโดยที่ไม่มีเสียง

แต่งานวิจัยนี้ก็สามารถแยกแยะได้ชัดเจนระหว่างการทะเลาะวิวาทที่มีเสียงดังกับการพูดคุยกันที่มีเสียงดัง ซึ่งความสามารถในการแยกแยะระดับนี้ ก็สามารถนำไปใช้งานจริงในเบื้องต้นได้ เนื่องจากการทะเลาะวิวาทโดยส่วนใหญ่ก็

มักจะพุดจา ตะ โคนเสียงดัง หรือกระทันหันในกรณีที่มีการชกต่อยกันก็จะพุดจาเสียงดัง และใช้น้ำเสียงที่รุนแรง มีน้อยมากที่จะทะเลาะวิวาทกันโดยไม่ใช้เสียง หรือถ้าจะยิงกันด้วยปืนเก็บเสียง หรือทำร้ายกันด้วยของมีคมก็เป็นกรณีที่ยากจะเกิดขึ้นได้

ถ้าหากจะทำให้ระบบอัตโนมัติสามารถระบุเหตุการณ์ทะเลาะวิวาทหรืออาชญากรรมได้ทุกกรณีนั้นจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์สัญญาณเสียงที่จับได้ โดยใช้วิธีการที่ยุ่งยากและซับซ้อนยิ่งขึ้น ซึ่งถ้าหากสัญญาณเสียงยังไม่เพียงพอที่จะทำการวิเคราะห์ ก็อาจจะนำสัญญาณภาพมาทำการวิเคราะห์ควบคู่กัน ผลลัพธ์ที่ได้ก็จะมีความแม่นยำ และเที่ยงตรงมาก แต่ก็จำเป็นต้องแลกมาด้วยการประมวลผลจำนวนข้อมูลมหาศาล และจำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการประมวลผล โดยแนวทางการพัฒนาที่ได้กล่าวมาจะดำเนินการศึกษาและค้นคว้าแนวทางที่เหมาะสมเพื่อทำให้งานวิจัยนี้มีการทำงานที่มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นในอนาคต

**เอกสารอ้างอิง**

[1] S Ra El LEE, Young Chul Choi and Jong Won Park, "Intelligent Video Monitoring System for Fight Sign", *International Conference on Control Automation and Systems*, 2011, pp.1029-1030.

[2] Xinpei Wang, Yuanyang Li, Churan Sun and Changchun Liu, "Detection of the First and Second Heart Sound Using Heart Sound Energy", *Biomedical Engineering and Informatics*, 2009, pp.1-4.

[3] N. Kandil, S. Georges and M. Saad, "Rapid Power System Transient Stability Limit Search Using Signal Energy and Neural Networks", *Industrial Electronics*, 2006, pp.1658 -1661.

[4] D. Donnelle and B. Rust, "The fast Fourier transform for experimentalists. Part I. Concepts", *Computing in Science & Engineering*, Vol. 7, Issue 2, 2005, pp. 80-88.

[5] G.E. Guraksin, U. Ergun, O. Deperlioglu, "Performing discrete Fourier transform of the heart sounds on the pocket computer", *Biomedical Engineering Meeting*, 2009, pp. 1-4.

**ประวัติผู้เขียนบทความ**



นายธีรพงศ์ อรรถ  
วศ.บ. วิศวกรรมไฟฟ้า  
วศ.ม. วิศวกรรมไฟฟ้า  
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

**สถานที่ทำงาน:** สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

**งานวิจัยที่สนใจ:** การประมวลผลสัญญาณภาพ, การประมวลผลสัญญาณเสียง และงานวิจัยทางการแพทย์



ดร. พัฒนา อินทนิ  
วศ.บ. วิศวกรรมไฟฟ้า  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร  
วศ.ม. วิศวกรรมไฟฟ้า

**สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**  
D. Eng. (Energy and Environment Science) Nagaoka University of Technology (Japan)

**สถานที่ทำงาน:** สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

**งานวิจัยที่สนใจ:** พลังงานทางเลือก อิเล็กทรอนิกส์กำลัง การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล และงานวิจัยทางการแพทย์