

## การศึกษาผลกระทบจากปัจจัยทางด้านภาษาต่อการวัดคุณภาพเสียงวีโอไอพี: กรณีศึกษา G.711, G.729 และ G.723.1 (5.3 Kbps)

### A Study of Effects from the Language Factor to VoIP Quality Measurement: A Case Study of G.711, G.729 and G.723.1 (5.3 Kbps)

เทอดพงษ์ แดงสี<sup>1</sup> และ พิสิษฐ พรพงษ์เตชวาณิช<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: Therdpong.d@rmutp.ac.th

<sup>2</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล

ถนนเพชรเกษม (ก.ม. 242) ตำบล หอนงแก อำเภอ หัวหิน จังหวัด ประจวบคีรีขันธ์ E-mail: phisit.kha@rmutr.ac.th

#### บทคัดย่อ

บทความนี้เน้นศึกษาค่าคุณภาพเสียงที่ได้จากการวัดคุณภาพเสียงแบบรุกรานรูปแบบหนึ่งซึ่งต้องใช้ไฟล์เสียงที่ได้มาตรฐานหรือได้รับการยอมรับในการวัด ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำค่าคุณภาพเสียงที่ทดสอบโคเด็ค G.711, G.729 และ G.723.1 (5.3 Kbps) ด้วยไฟล์เสียงภาษาไทย แล้วทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากภาษาอื่นๆ พบว่า ค่าคุณภาพเสียงที่ได้จากการทดสอบกับโคเด็ค G.711 ด้วยเสียงภาษาตะวันตก (เช่น อังกฤษและฝรั่งเศส) ภาษาเอเชียตะวันออก (จีนและญี่ปุ่น) และเสียงภาษาไทย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงความเชื่อมั่น 95% เมื่อทดสอบกับโคเด็ค G.729 และ G.723.1 (5.3 Kbps) เนื่องจากค่า p-value น้อยกว่า 0.05

คำสำคัญ: วีโอไอพี, การวัดคุณภาพเสียงแบบรุกราน, โคเด็ค

#### Abstract

This paper focuses on the study of voice quality obtained from one intrusive measurement method that requires standard or acceptable speech files for measuring. In this study, the researchers utilized the speech quality that tested G.711, G.729 and G.723.1 (5.3 Kbps) codecs with Thai speech files and then comparative analyzed with the values obtained from other languages. It has been found that there is no statistical significant difference among the speech quality obtained from testing G.711 codecs with Western (e.g., English and French), East Asian (Chinese and Japanese) and Thai speech files, but it has been found that there are differences significantly at 95%

confidence interval when tested with G.729 and G.723.1 codecs (5.3 Kbps) because the p-values are less than 0.05.

Keywords: VoIP, Intrusive-Voice Quality Measurement, Codecs

#### 1. บทนำ

วีโอไอพี (Voice over Internet Protocol: VoIP) เป็นเทคโนโลยีที่ผสมผสานกันระหว่างการสื่อสารด้วยเสียงกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต ซึ่งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีวีโอไอพีมีได้หลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นการประยุกต์ใช้ในระดับบุคคล เช่น การโทรศัพท์ผ่านแอปพลิเคชัน LINE หรือในระดับองค์กรที่เทคโนโลยีนี้ถูกนำไปผสมผสานเข้ากับระบบชุมสายโทรศัพท์ส่วนตัวหรือระบบพีเอบีเอ็กซ์ (Private Automatic Branch Exchange: PABX) ซึ่งเป็นระบบโทรศัพท์ที่ใช้ภายในองค์กรหรือในสถานประกอบการ ทำให้กลายเป็นระบบชุมสายโทรศัพท์ส่วนตัวแบบไอพี หรือ ไอพี-พีเอบีเอ็กซ์ (IP-PABX) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ระบบไอพีเทเลโฟน (IP Telephony System) ซึ่งมีข้อดี เช่น 1) ประหยัดค่าโทรศัพท์ เพราะต้นทุนประหยัดกว่าการโทรศัพท์แบบเดิม 2) ประหยัดค่าติดตั้ง เพราะเครื่องโทรศัพท์แบบไอพีหรือไอพีโฟน (IP Phone) สามารถเชื่อมต่อผ่านสายแลน (LAN Cable) ได้ ไม่จำเป็นต้องวางโครงข่ายสายโทรศัพท์แยกต่างหาก และ 3) ลดต้นทุนในการติดตั้งระบบใหม่ลง เนื่องจากไอพี-พีเอบีเอ็กซ์ แบบโอเพ่น-ซอร์ส (Open-Source IP-PABX) มีต้นทุนต่ำ

อย่างไรก็ตาม กระบวนการในการแปลงเสียงพูดให้สามารถรับ-ส่งผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้นั้น จะต้องอาศัยสิ่งที่เรียกว่าโคเด็ค (Codec มาจาก Coder-decoder) ในการบีบอัดสัญญาณแอนะล็อก ซึ่งสามารถส่งผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพเสียงวีโอไอพี นั่นหมายความว่าหากเลือกใช้โคเด็คต่างกัน คุณภาพเสียงที่ได้รับก็จะต่างกัน

## บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 4

Proceedings of the 4<sup>th</sup> RMUTP Conference on Engineering and Technology

โดยทั่วไปโคเด็คต่างๆ ได้รับการพัฒนาและทดสอบคุณภาพเสียงกับภาษาตะวันตกเป็นส่วนใหญ่ ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาว่า หากใช้เสียงภาษาไทยในการทดสอบคุณภาพเสียง จะเกิดข้อแตกต่างหรือผลกระทบต่อคุณภาพเสียงหรือไม่ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าคุณภาพข้อมูลเสียงที่เคยมีการทดสอบกับกลุ่มภาษาอื่น เช่น ภาษาอังกฤษ และภาษาฝรั่งเศส โดยทำการศึกษากับโคเด็ค G.711, G.729 และ G.723.1

## 2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 คุณภาพเสียงวีโอไอพี: ปัจจัยที่มีผล และการวัดการวัด

คุณภาพเสียงวีโอไอพีจะดีหรือไม่ดี ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ซึ่งรวมถึงปัจจัยเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเครือข่ายไอพี เช่น ค่าการสูญเสียแพ็คเกจ (Packet Loss) เป็นต้น นอกจากนี้ การเลือกใช้โคเด็คก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญ อย่างไรก็ตาม การที่จะวัดว่าคุณภาพเสียงดีหรือไม่ดี จำเป็นจะต้องใช้วิธีการวัดที่ได้มาตรฐาน

การวัดคุณภาพเสียงวีโอไอพี เริ่มมีการพัฒนาขึ้นจากวิธีการวัดเชิงจิตวิสัย (Subjective Measurement) ซึ่งใช้กลุ่มคนจำนวนหนึ่ง เช่น 24-32 คน ในการประเมินคุณภาพเสียงด้วยระดับคะแนน 1-5 แล้วคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยที่เรียกว่า ค่าเอ็มโอเอส (MOS ย่อมาจาก Mean Opinion Score) ซึ่งก็คือค่าคุณภาพเสียงนั่นเอง [1-3] อย่างไรก็ตาม ด้วยข้อจำกัดต่างๆ เช่น ต้องทดสอบกับคนจำนวนมาก ในห้องที่มีความเงียบตามเกณฑ์มาตรฐาน การประยุกต์ใช้งานวิธีดังกล่าวจึงทำได้ยาก จึงมีการพัฒนาวิธีการวัดเชิงวัตถุวิสัย (Objective Measurement) ขึ้น ซึ่งแบ่งออกเป็น วิธีการวัดคุณภาพเสียงแบบรุกล้ำ (Intrusive Speech Quality Measurement Method) กับวิธีการวัดคุณภาพเสียงแบบไม่รุกล้ำ (Non-Intrusive Speech Quality Measurement Method) และแบ่งย่อยออกได้อีกหลายวิธี อย่างไรก็ตาม ในบทความนี้จะกล่าวเพิ่มเติมเฉพาะวิธีการวัดคุณภาพเสียงแบบรุกล้ำที่เรียกว่า พีอีเอสคิว (Perceptual Evaluation of Speech Quality: PESQ) [4] ที่ใช้ในการศึกษานี้เท่านั้น ซึ่งมีหลักการทำงานดังแสดงในรูปที่ 1 [5] ซึ่งก็คือ มีการนำไฟล์เสียงต้นฉบับไปเปรียบเทียบกับไฟล์เสียงที่ปลายทาง ถ้ามีความคิดเห็นน้อยจะทำให้ได้ค่าเอ็มโอเอสสูง เช่น 4.45 ซึ่งถือว่าดีเยี่ยม แต่ถ้ามีความคิดเห็นสูงค่าเอ็มโอเอสที่ได้ก็จะต่ำ เช่น 2.40 ซึ่งหมายถึงค่าคุณภาพเสียงที่แย่

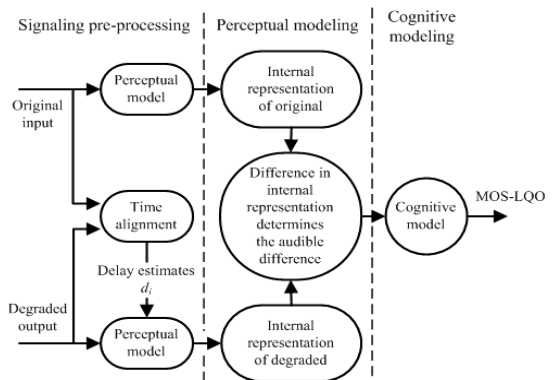
### 2.2 โคเด็ค

ดังที่ได้อธิบายข้างต้นแล้วในบทนำ โคเด็คคือส่วนที่ทำหน้าที่บีบอัดหรือแปลงสัญญาณเสียงที่ต้นทางให้กลายเป็นแพ็คเกจเสียงที่สามารถส่งผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้ และทำในลักษณะตรงข้ามกันที่ปลายทาง ซึ่งที่ผ่านมาโคเด็คต่างๆ ได้รับการพัฒนาขึ้นและมีคุณสมบัติหลายอย่างที่อาจต่างกัน อย่างไรก็ตาม ในบทความนี้จะกล่าวถึง

เฉพาะ 3 โคเด็ค ได้แก่ โคเด็ค G.711 ซึ่งใช้แบนด์วิดท์สำหรับรองรับเพย์โหลด (Payload) มากถึง 64 Kbps และใช้การเข้ารหัสแบบ Pulse Code Modulation (PCM) โคเด็คนี้แบ่งย่อยออกเป็นแบบ  $\mu$ -law ซึ่งใช้งานในแถบอเมริกาเหนือและญี่ปุ่น และแบบ A-law ซึ่งใช้งานในประเทศไทยและประเทศอื่นๆ โดยทั่วไปโคเด็ค G.711 ถูกกำหนดให้ใช้งานภายในเครือข่ายแลน (Local Area Network: LAN) เนื่องจากแบนด์วิดท์ค่อนข้างมากนั่นเอง แต่ให้คุณภาพเสียงที่ดี มีค่าเอ็มโอเอสมากกว่า 4.1 [2][6] สำหรับโคเด็ค G.729 ใช้การเข้ารหัสแบบ Conjugate Structure - Algebraic code-excited linear prediction (CS-ACELP) โดยใช้แบนด์วิดท์สำหรับรองรับเพย์โหลด (Payload) เพียง 8 Kbps ปกติโคเด็ค G.729 จะถูกเลือกใช้ในเครือข่าย WAN (Wide Area Network) เพราะใช้แบนด์วิดท์น้อย เมื่อเทียบกับ G.711 โดยที่มีค่าเอ็มโอเอสประมาณ 3.92 [2][7-9] ส่วนโคเด็ค G.723.1 มีกระบวนการแปลงสัญญาณ 2 แบบ คือแบบ Multi-Pulse Maximum Likelihood Quantization (MP-MLQ) สำหรับ 6.3 Kbps และแบบ Algebraic - Code Excited Linear Prediction (ACELP) สำหรับ 5.3 Kbps ซึ่งแน่นอนว่าแบบแรกใช้แบนด์วิดท์มากกว่าย่อมให้คุณภาพเสียงดีกว่า คือ มีค่าเอ็มโอเอสที่ประมาณ 3.8 ในขณะที่แบบ 5.3 Kbps มีค่าเอ็มโอเอสเท่ากับ 3.65 [2][8-10]

### 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทความนี้ เน้นเฉพาะบทความที่เคยมีการศึกษาด้วยเสียงภาษาไทยเท่านั้น ซึ่งพบว่า แม้จะมีการศึกษาเรื่องคุณภาพเสียงในสภาพแวดล้อมที่เป็นภาษาไทยด้วยวิธีการวัดแบบพีอีเอสคิวและใช้ภาษาไทย เช่น [11-12] แต่ก็มีเพียงส่วนน้อยที่ศึกษาโดยเน้นที่โคเด็ค G.711 และ G.729 เช่น [13-14] โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานวิจัยที่ศึกษากับโคเด็ค G.723.1 [2][15] ซึ่งมีน้อยมาก อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีงานวิจัยใดที่ทำการศึกษาร่วมกันเปรียบเทียบค่าคุณภาพเสียงของทั้ง 3 โคเด็คกับปัจจัยทางด้านภาษาอย่างจริงจัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ไฟล์เสียงภาษาไทยเทียบกับไฟล์เสียงของกลุ่มภาษาอื่น ๆ



รูปที่ 1 โปรแกรมแสดงหลักการทำงานของ พีอีเอสคิว [5]

## บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 4

Proceedings of the 4<sup>th</sup> RMUTP Conference on Engineering and Technology

### 3. วิธีการศึกษาวิจัย

ในการศึกษานี้ เป็นการนำข้อมูล(ดิบ) ที่เคยมีการศึกษาและนำเสนอใน [2][11] บางส่วน มาทำการศึกษาและวิเคราะห์ในประเด็นที่ยังไม่เคยมีการศึกษา ซึ่งเป็นการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพเสียงที่ได้จากโคเด็ค G.711, G.729 และ G.723.1 (5.3 Kbps) (ไม่ได้เลือก G.723.1 (6.3 Kbps) เนื่องจากใกล้เคียงกับ G.729 (8 Kbps)) ที่ผ่านการวัดด้วยวิธีการวัดแบบรูดลำที่เรียกว่า ฟือเอสดิว และใช้ไฟล์เสียงภาษาไทยที่ประยุกต์มาจาก TSSST [16] ซึ่งพัฒนาขึ้นตามแนวทางของ ITU-T จากนั้นจึงทำการนำข้อมูลไปวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติกับค่าคุณภาพเสียงของทั้ง 3 โคเด็คที่ทดสอบด้วยภาษาอื่นๆ (ที่มีการรายงานไว้ในภาคผนวกของ ITU-T Recommendation P.862.3 [4] ซึ่งอ้างอิงจากผลการศึกษาที่ได้จากเสียงภาษาตะวันตก 6 ภาษา ได้แก่ อังกฤษ แบบอเมริกันและแบบอังกฤษ ฝรั่งเศส อิตาลี เยอรมัน และสเปน และเสียงภาษาเอเชียตะวันออก 2 ภาษา ได้แก่ จีนและญี่ปุ่น โดยมีสมมุติฐานที่ต้องการพิสูจน์ดังแสดงในตารางที่ 1

### 4. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบและการอภิปรายผล

จากผลการศึกษาที่ได้ ดังแสดงในตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า ค่าคุณภาพเสียงที่ได้ของ G.711 จากทั้ง 3 กลุ่มเสียงภาษามีค่าใกล้เคียงกันมากคือ อยู่ระหว่าง 4.41-4.44 โดยกลุ่มเสียงภาษาเอเชียตะวันออกให้ค่าคุณภาพเสียงสูงที่สุด คือ 4.44 ในขณะที่ภาษาไทยให้ค่าคุณภาพเสียงต่ำที่สุด คือ 4.41 ส่วนค่าคุณภาพเสียงที่ได้จาก G.729 จากทั้ง 3 กลุ่มเสียงภาษานั้น พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 3.78-3.91 โดยกลุ่มเสียงภาษาตะวันตกให้ค่าคุณภาพเสียงสูงที่สุด คือ 3.91 ในขณะที่ภาษาไทยให้ค่าคุณภาพเสียงต่ำที่สุด คือ 3.78 อย่างไรก็ตาม พบว่ามีบางประเด็นที่แตกต่างออกไปเมื่อพิจารณาค่าที่ได้จากโคเด็ค G.723.1 เนื่องจากค่าคุณภาพเสียงจากกลุ่มเสียงภาษาไทยให้ค่าคุณภาพเสียงสูงที่สุด คือ 3.69 ในขณะที่ภาษาเอเชียตะวันออกและภาษาตะวันตกให้ค่าคุณภาพเสียงเท่ากับ 3.40 และ 3.59 ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังสังเกตเห็นได้ว่า ผลที่ได้จาก G.711 มีความแปรปรวนน้อยที่สุด ในขณะที่ข้อมูลที่ได้จาก G.729 แปรปรวนปานกลาง และ G.723.1 (5.3 Kbps) มีความแปรปรวนมากที่สุดเมื่อเทียบกับทั้ง 3 โคเด็ค

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยเทคนิค ANOVA และ t-test [12] ดังแสดงในตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือทางสถิติตามข้อสมมุติฐาน H1-H9 (ในหัวข้อที่ 3) พบว่า H1-H3 ซึ่งวิเคราะห์เปรียบเทียบสำหรับโคเด็ค G.711 ที่นิยมใช้งานในเครือข่าย LAN ไม่พบความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ H4-H9 ซึ่งวิเคราะห์เปรียบเทียบสำหรับโคเด็ค G.729 และ G.723.1 (5.3 Kbps) ที่นิยมใช้งานในเครือข่าย WAN พบว่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% เนื่องจากค่า p-value ที่วิเคราะห์ได้ มีค่าต่ำกว่า 0.05

ตารางที่ 1 สมมุติฐานในการศึกษาวิจัย

สมมุติฐาน	ประเด็นของสมมุติฐาน
H1	คุณภาพเสียงจาก G.711 ของทั้ง 3 กลุ่มภาษา ต่างกันหรือไม่
H2	คุณภาพเสียงจาก G.711 ของกลุ่มภาษาตะวันตกกับภาษาไทย ต่างกันหรือไม่
H3	คุณภาพเสียงจาก G.711 ของกลุ่มภาษาเอเชียตะวันออกกับภาษาไทย ต่างกันหรือไม่
H4	คุณภาพเสียงจาก G.729 ของทั้ง 3 กลุ่มภาษา ต่างกันหรือไม่
H5	คุณภาพเสียงจาก G.729 ของกลุ่มภาษาตะวันตกกับภาษาไทย ต่างกันหรือไม่
H6	คุณภาพเสียงจาก G.729 ของกลุ่มเสียงภาษาเอเชียตะวันออกกับภาษาไทย ต่างกันหรือไม่
H7	คุณภาพเสียงจาก G.723.1 (5.3 Kbps) ของทั้ง 3 กลุ่มภาษา ต่างกันหรือไม่
H8	คุณภาพเสียงจาก G.723.1 (5.3 Kbps) ของกลุ่ม ภาษาตะวันตกกับภาษาไทย ต่างกันหรือไม่
H9	คุณภาพเสียงจาก G.723.1 (5.3 Kbps) ของกลุ่ม ภาษาเอเชียตะวันออกกับภาษาไทย ต่างกันหรือไม่

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาคุณภาพเสียง (ค่าเอ็มไอเอส) ของแต่ละ โคเด็ค

ภาษา	N	โคเด็ค		
		G.711	G.729	G.723.1 (5.3 Kbps)
ตะวันตก	24	4.42±0.06	3.91±0.14	3.59±0.19
เอเชียตะวันออก	12	4.44±0.05	3.88±0.12	3.40±0.20
ไทย	24	4.41±0.05	3.78±0.16	3.69±0.15

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าคุณภาพเสียง (ค่าเอ็มไอเอส)

สมมุติฐาน	p-value	หมายเหตุ
H1	0.308	G.711/ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
H2	0.670	G.711/ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
H3	0.111	G.711/ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
H4	0.010*	G.729/แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
H5	0.005*	G.729/แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
H6	0.046*	G.729/แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
H7	<0.001*	G.723.1 (5.3 Kbps) /แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
H8	0.035*	G.723.1 (5.3 Kbps) /แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
H9	<0.001*	G.723.1 (5.3 Kbps) /แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

\* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%

## บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 4  
Proceedings of the 4<sup>th</sup> RMUTP Conference on Engineering and Technology

### 5. สรุป

จากการศึกษานี้ซึ่งศึกษาด้วยวิธีการวัดคุณภาพเสียงแบบพีเอเอสทีวี สามารถสรุปได้ว่า ในการวัดคุณภาพเสียงโคเด็ค G.711 ซึ่งใช้แบนด์วิดท์ 64 Kbps ในการรองรับเพย์โหลด ไม่พบผลกระทบที่เกิดจากปัจจัยทางด้านภาษา ในขณะที่โคเด็ค G.729 และ G.723.1 (5.3 Kbps) ซึ่งใช้แบนด์วิดท์ในการรองรับเพย์โหลดน้อย คือ 8 Kbps และ 5.3 Kbps ตามลำดับ พบผลกระทบที่อาจเกิดจากปัจจัยทางด้านภาษา เพราะค่าคุณภาพเสียงที่ได้จากโคเด็คเดียวกันแต่ต่างภาษา ให้ค่าต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจกล่าวได้อีกหนึ่งนัยว่า การวัดคุณภาพเสียงด้วยพีเอเอสทีวีมีความไว (Sensitive) ต่อภาษาของไฟล์เสียงที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งจำเป็นจะต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต

### 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร ที่ให้การสนับสนุน

### เอกสารอ้างอิง

- [1] ITU-T Recommendation P.800: "Methods for subjective determination of transmission quality," 1996
- [2] T. Daengsi, K. Yochanang, and P. Wuttidittachotti, "A Study of Perceptual VoIP Quality Evaluation with Thai Users and Codec Selection Using Voice Quality - Bandwidth Tradeoff Analysis." in *4th ICTC 2013*, Jeju Island, Korea, 2013, pp. 691-696
- [3] T. Daengsi, C. Wutiw WATCHAI, A. Preechayasomboon and S. Sukparungsee, "IP Telephony: Comparison of Subjective Assessment Methods for Voice Quality Evaluation," *Walailak J. Sci. Technol. Thailand*, vol. 11(2), pp. 87-92, February 2014.
- [4] ITU-T Recommendation P.862.3 (Application guide for objective quality measurement base on Recommendations P.862, P.862.1 and P.862.2), 2007
- [5] P. Wuttidittachotti, Phisit Khaoduang and T. Daengsi, "MOS Estimation Model Development Using ACR Listening-Opinion Tests with Thai Users Referring to Loss Effects: A Case of G.726 and G.729," *Multimedia Syst. Germany*, vol. 24(3), pp. 285-295, June, 2018
- [6] ITU-T Recommendation G.711, "Pulse Code Modulation (PCM) of Voice Frequencies," 1988
- [7] ITU-T Recommendation G.729, "Coding of speech at 8 kbit/s using conjugate-structure algebraic-code-excited linear prediction (CS-ACELP)," 2007
- [8] Y. A. A. Soetrisno, A. P. Nurhatta, E. W. Sinuraya, and D. Denis, "Voice Codec Quality Comparison and Interconnection Testing between Asterisk Server and PSTN Cconnection," *Transmisi, Indonesia*, vol. 19(3), pp. 108-113, November 2017
- [9] X. Liu, M. Dohler, T. Mahmoodi, and H. Liu, "Challenges and opportunities for designing tactile codecs from audio codecs," in *EuCNC 2017*, Oulu, Finland, 2017
- [10] ITU-T Recommendation G.723.1, "Dual rate speech coder for multimedia communications transmitting at 5.3 and 6.3 kbit/s," 2006
- [11] T. Triyason, and P. Kanthamanon, "Perceptual Evaluation of Speech Quality Measurement on Speex Codec VoIP with Tonal Language Thai," in *5th IAIT 2012*, Bangkok, Thailand, 2012, pp. 181-190
- [12] P. Wuttidittachotti, and T. Daengsi, "Quality Evaluation of Mobile Networks Using VoIP Applications: A Case Study with Skype and LINE based-on Stationary Tests in Bangkok," *IJCNIS, Hong Kong*, vol.7(12), pp.28-41, November, 2015
- [13] K. Yochanang, T. Daengsi, T. Triyason and P. Wuttidittachott, "A Comparative Study of VoIP Quality Measurement from G.711 and G.729 Using PESQ and Thai Speech," in *6th IAIT2013*, Bangkok, Thailand, 2013, . 242-255
- [14] T. Daengsi, N. KhitMoh and P. Wuttidittachotti, "VoIP Quality Measurement: Subjective VoIP Quality Estimation Model for G.711 and G.729 Based on Native Thai Users," *Multimedia Syst. Germany*, vol. 22(5), pp. 575-586, October 2016
- [15] ปวีตรา โลกโอบัว และ บวร ปภัสราทร, "การพัฒนาคุณภาพเสียงของ VoIP CODEC โดยการเรียงต่อกันของโคเดก," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 23, ฉบับที่ 3, หน้า 569-579 กันยายน - ธันวาคม 2556
- [16] T. Daengsi, A. Preechayasomboon, S. Sukparungsee and C. Wutiw WATCHAI, "The development of a Thai speech set for telephony," in *O-COCOSADA2010*, Kathmandu, Nepal, 2010