



รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

ระบบตรวจจับวัตถุขนาดเล็กผ่านโครงข่ายพื้นที่ท้องถิ่นไร้สายโดยใช้
ปัญญาประดิษฐ์และกรรมวิธีสัญญาณดิจิทัล : ขั้นตอนวิธีดิจิทัล

Intelligent Object-Detection System via Wireless Local Area Network Using Artificial

Intelligence and Digital Signal Processing : Digital Algorithm

โดย

รองศาสตราจารย์ ดร.บงการ หอมนาน

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

รายงานการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

2551

ชื่อเรื่อง: ระบบตรวจจับวัตถุขนาดเล็กผ่านโครงข่ายพื้นที่ท้องถิ่นไร้สายโดยใช้

ปัญญาประดิษฐ์และกรรมวิธีสัญญาณดิจิทัล : ขั้นตอนวิธีดิจิทัล

ผู้วิจัย: รองศาสตราจารย์ ดร.บงการ หอมนาน สถาบัน: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

ปีที่พิมพ์: พ.ศ. 2551

สถานที่พิมพ์: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

แหล่งที่เก็บรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

จำนวนหน้างานวิจัย: 42 หน้า

: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

คำสำคัญ

ลิขสิทธิ์: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

: ระบบการตรวจจับ ขนาดเล็ก โครงข่ายสื่อสาร ไร้สาย ปัญญาประดิษฐ์ กรรมวิธีสัญญาณดิจิทัล

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและสร้างหน่วยตรวจจับขอบสำหรับการตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่ภายใต้โครงข่ายพื้นที่ท้องถิ่นไร้สายโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์และกรรมวิธีสัญญาณดิจิทัล ในงานวิจัยมีพารามิเตอร์การเคลื่อนที่ที่ถูกกำหนด ได้แก่ ความไว เวลา ระยะทาง และความเร็ว โดยกระบวนการสัญญาณประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ 1) ขั้นตอนการตรวจจับขอบ ได้แก่ ขั้นตอนวิธีดิจิทัล และขั้นตอนวิธีปัญญาประดิษฐ์และเชิงเลข ซึ่งงานวิจัยเล่มนี้นำเสนอขั้นตอนวิธีดิจิทัลโดยใช้ขั้นตอนวิธีไฮบริด (HA: Hybrid Algorithm) ซึ่งผสมผสานขั้นตอนวิธีโซเบล (SA: Sobel Algorithm) และขั้นตอนวิธีแคนนี่ (CA: Canny Algorithm) โดยผลของขอบภาพที่ดีขึ้นจาก HA ได้รับการเน้นด้วยดัชนีการเรียนรู้และดัชนีกำลังจะให้ขอบเข้มจาก SA และขอบบางจาก CA นอกจากนี้ HA ยังมีความยืดหยุ่นกว่าขั้นตอนวิธีดั้งเดิมเนื่องจากมีระดับความอิสระมากกว่า 2) ขั้นตอนการคำนวณความเร็วบนพื้นฐานระยะทางยูคลีเดียน เพื่อตรวจวัดคุณลักษณะของการเคลื่อนที่ด้วยการหาจุดศูนย์กลางขอบ ผลที่ได้พบว่าความเร็วแบบเวลาจริงสอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุตรวจจับ

Title: Intelligent Object-Detection System for Wireless Local Area Network Using Artificial

Intelligence and Digital Signal Processing : Digital Algorithm

Researcher: Assoc. Prof. Dr. Bongkarn Homnan Institute: Dhurakij Pundit University

Year of publication: B.D. 2551

Publisher: Dhurakij Pundit University Press

Sources

No. of pages: 42 pages

: Faculty of Engineering, Dhurakij Pundit University

Keyword

Copyright: Dhurakij Pundit University

: Detection System, Intelligence, Communication Network, Wireless, Artificial Intelligence, Digital Signal Processing

Abstract

This research is the study and creation of detection unit for detection of moving object under wireless local area network using artificial intelligence and digital signal processing. In research, there are assigned movement parameters: sensitivity, time, distance, and velocity. While, the signal processes consists of 2 steps. 1) Edge detection step: digital algorithm and artificial and digital algorithms. This research proposed digital algorithm using Hybrid Algorithm (HA) which combines Sobel Algorithm (SA) and Canny Algorithm (CA). The better results of image edges, from HA, stressed with learning index and power index can give strong edges from SA and weak edges from CA. Moreover, HA is more flexible than conventional algorithm because there are more independent degrees. 2) Velocity computation step based on Euclidian distance for measuring the characteristics of movement with edge center computation. The results show that the real time velocity is according to the movement of detected object.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ซ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 คำย่อ เครื่องหมาย และคำศัพท์ที่กำหนดใช้.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	4
1.3 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	5
1.4 เป้าหมายและขอบเขตโครงการวิจัย.....	5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
1.6 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน.....	6
1.7 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอ.....	7
1.8 ระยะเวลาและแผนการดำเนินงานทำการวิจัย (Gantt Chart).....	7
2 แนวคิด ทฤษฎีและผลงานที่ผ่านมา.....	8
2.1 โครงข่ายพื้นที่ท้องถิ่นไร้สาย.....	8
2.2 เทคโนโลยีตรวจจับวัตถุ.....	9
2.3 กรรณวิธีสัญญาณดิจิทัลที่กำหนดใช้.....	10
3 การออกแบบระบบ (วิธีที่นำเสนอ).....	13
3.1 WLAN สำหรับระบบ iAIDS.....	13
3.2 หน่วยการตรวจจับวัตถุ.....	14
3.3 โปรแกรมการตรวจจับวัตถุ.....	15
4 การทดลอง ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผล.....	19
4.1 ข้อกำหนดการประมวลผล.....	19
4.2 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล.....	22

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	31
5.1 สรุปผล.....	31
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	32
บรรณานุกรม.....	34

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1-1	คำย่อ เครื่องหมาย คำศัพท์ภาษาอังกฤษ และคำศัพท์ภาษาไทยที่กำหนดใช้ สำหรับการตรวจจับขอบ.....	1
1-2	คำย่อ เครื่องหมาย คำศัพท์ภาษาอังกฤษ และคำศัพท์ภาษาไทยที่กำหนดใช้ สำหรับการตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่ฐานจุดศูนย์กลางขอบ (เพิ่มเติม).....	3
1-3	แผนการดำเนินงาน.....	7

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 แบบแผนโครงสร้างแบบพื้นฐาน	8
2-2 แบบแผนแอคซ็อก	9
3.1-1 WLAN สำหรับระบบ iAIDS	13
3.2-1 ODU/ODP และ WLAN สำหรับระบบ iAIDS	14
4.1.1-1 “สนทนา & เคลื่อนที่” (3.2 MP)	20
4.1.2-1 “ทดสอบเคลื่อนที่” (4 MP)	21
4.2.1-1 ขอบภาพโดยใช้ SA-ED	23
4.2.1-2 ขอบภาพโดยใช้ CA-ED	23
4.2.1-3 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED	24
4.2.1-3.1 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED ($\lambda = 0.5$ และ $\varepsilon = 1$)	24
4.2.1-3.2 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED ($\lambda = 0.5$ และ $\varepsilon = 0.5$)	24
4.2.1-3.3 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED ($\lambda = 0.5$ และ $\varepsilon = 2$)	24
4.2.1-3.4 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED ($\lambda = 0.7$ และ $\varepsilon = 1$)	24
4.2.1-3.5 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED ($\lambda = 0.7$ และ $\varepsilon = 0.5$)	24
4.2.1-3.6 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED ($\lambda = 0.7$ และ $\varepsilon = 2$)	24
4.2.1-4 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED เมื่อผ่านภาคแยกภาพ ภาคคุณลักษณะภาพ ภาคประกอบภาพ และภาพขยายของขอบส่วนภาพที่ได้รับการปรับแต่ง ($\lambda = 0.7$ $\varepsilon = 1$ $N = 9$ และ $N_{CA-ED} = 1$ ($\lambda = 0$ $\varepsilon = 1$))	26
4.2.1-4.1 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED เมื่อผ่านภาคแยกภาพและภาคคุณลักษณะภาพ	26
4.2.1-4.2 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED เมื่อผ่านภาคประกอบภาพ ($\lambda = 0.7$ $\varepsilon = 1$ $N = 9$ และ $N_{CA-ED} = 1$ ($\lambda = 0$ $\varepsilon = 1$))	26
4.2.1-4.3 ภาพขยายของขอบส่วนภาพที่ได้รับการปรับแต่ง	26
4.2.1-5 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED ($\lambda = 0.7$ $\varepsilon = 1$ $N = 25$ และ $N_{CA-ED} = 2$ ($\lambda = 0$ $\varepsilon = 1$))	26
4.2.1-5.1 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED เมื่อผ่านภาคแยกภาพ	27
4.2.1-5.2 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED เมื่อผ่านภาคประกอบภาพ ($\lambda = 0.7$ $\varepsilon = 1$ $N = 25$ และ $N_{CA-ED} = 2$ ($\lambda = 0$ $\varepsilon = 1$))	27

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.2.2-1 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED.....	28
4.2.2-2 การตรวจจับการเคลื่อนที่.....	29
4.2.2-3 การตรวจจับจุดศูนย์กลางขอบ.....	29
4.2.2-4 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของ DO.....	30
5.2.3-1 ภาพ “สนทนา & เคลื่อนที่” (แบบแผนสีเทา).....	32
5.2.3-2 ฮิสโตแกรม (Histogram) “สนทนา & เคลื่อนที่” (x: ระดับสีเทา y: จุดภาพ).....	33

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ค่าย่อ เครื่องหมาย และคำศัพท์ที่กำหนดใช้

ตารางที่ 1-1 เป็นการแสดงค่าย่อ เครื่องหมาย คำศัพท์ภาษาอังกฤษ และคำศัพท์ภาษาไทยที่กำหนดใช้ในงานวิจัยสำหรับการตรวจจับขอบ ส่วนตารางที่ 1-2 เป็นการแสดงค่าย่อ เครื่องหมาย คำศัพท์ภาษาอังกฤษ และคำศัพท์ภาษาไทยที่กำหนดใช้สำหรับการตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่ฐานจุดศูนย์กลางขอบ

ตารางที่ 1-1 ค่าย่อ เครื่องหมาย คำศัพท์ภาษาอังกฤษ และคำศัพท์ภาษาไทยที่กำหนดใช้
สำหรับการตรวจจับขอบ

ค่าย่อ/ เครื่องหมาย	คำศัพท์ภาษาอังกฤษ	คำศัพท์ภาษาไทย
ε	Power Index	ดัชนีกำลัง
λ	Learning Index	ดัชนีการเรียนรู้
σ	Standard Deviation	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
CA	Canny Algorithm	ขั้นตอนวิธีแคนนี่
CA-ED	Canny Algorithm-based Edge Detection	การตรวจจับขอบฐานขั้นตอนวิธีแคนนี่
CSA-ED	Canny-aided Sobel Algorithm-based Edge Detection	การตรวจจับขอบฐานขั้นตอนวิธีโซเบลโดยใช้ขั้นตอนวิธีแคนนี่ช่วย
ED	Edge Detection	การตรวจจับขอบ
iAIDS	Intelligent Object-Detection System for Wireless Local Area Network Using Artificial Intelligence and Digital Signal Processing	ระบบตรวจจับวัตถุชาญฉลาดสำหรับโครงข่ายพื้นที่ท้องถิ่นไร้สายโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์และกรรมวิธีสัญญาณดิจิทัล
I_{CA-ED}	-	ขอบภาพจาก CA-ED
I_{CSA-ED}	-	ขอบภาพจาก CSA-ED
I_{SA-ED}	-	ขอบภาพจาก SA-ED
l	-	ความยาวส่วนภาพ
L	-	ความยาวภาพตั้งต้น
LA	Laplacian Algorithm	ขั้นตอนวิธีลาปลาเซียน

คำย่อ/ เครื่องหมาย	คำศัพท์ภาษาอังกฤษ	คำศัพท์ภาษาไทย
LA-ED	Laplacian Algorithm-based Edge Detection	การตรวจจับขอบฐานขั้นตอนวิธีลาปลาเซียน
MP	Mega Pixel	เมกะพิกเซล/ล้านจุดภาพ
N	-	จำนวนส่วนภาพ
N_{CA-ED}		จำนวนส่วนภาพที่ใช้ CA-ED
ODP	Object Detection Program	โปรแกรมการตรวจจับวัตถุ
ODU	Object Detection Unit	หน่วยการตรวจจับวัตถุ
PA	Prewitt Algorithm	ขั้นตอนวิธีพรีวิตต์
PA-ED	Prewitt Algorithm-based Edge Detection	การตรวจจับขอบฐานขั้นตอนวิธีพรีวิตต์
RA	Roberts Algorithm	ขั้นตอนวิธีโรเบิร์ตส์
RA-ED	Roberts Algorithm-based Edge Detection	การตรวจจับขอบฐานขั้นตอนวิธีโรเบิร์ตส์
SA	Sobel Algorithm	ขั้นตอนวิธีโซเบล
SA-ED	Sobel Algorithm-based Edge Detection	การตรวจจับขอบฐานขั้นตอนวิธีโซเบล
SE	Strong Edge	ขอบเข้ม
Th	Threshold	จุดเริ่มเปลี่ยน
w	-	ความกว้างส่วนภาพ
W	-	ความกว้างภาพตั้งต้น
WE	Weak Edge	ขอบจาง
ZCA	Zero- Cross Algorithm	ขั้นตอนวิธีข้ามผ่านศูนย์
ZCA-ED	Zero-Cross Algorithm-based Edge Detection	การตรวจจับขอบฐานขั้นตอนวิธีข้ามผ่านศูนย์

ตารางที่ 1-2 คำย่อ เครื่องหมาย คำศัพท์ภาษาอังกฤษ และคำศัพท์ภาษาไทยที่กำหนดใช้
สำหรับการตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่ฐานจุดศูนย์กลางขอบ (เพิ่มเติม)

คำย่อ/ เครื่องหมาย	คำศัพท์ภาษาอังกฤษ	คำศัพท์ภาษาไทย
$(Cx_d, Cy_d)_k$	-	พิกัดจุดศูนย์กลางขอบภาพที่ k ของเฟรมภาพตรวจจับ d
$(Cx_r, Cy_r)_k$	-	พิกัดจุดศูนย์กลางขอบภาพที่ k ของเฟรมภาพอ้างอิง r
$(DC_{dr})_k$	-	ระยะทางยูคลิเดียนระหว่างจุดศูนย์กลางขอบภาพที่ k ของเฟรมภาพอ้างอิง r และจุดศูนย์กลางขอบภาพที่ k ของเฟรมภาพตรวจจับ d
(x, y)	-	พิกัด (x, y)
$E[V]$	Expectation of Velocity	ค่าคาดหวังของความเร็ว
$\bar{E}[V]$	Moving Averaged $E[S]$	ค่าเฉลี่ย $E[V]$
ΔG_{dr}	-	ผลรวมของผลต่างระหว่างระดับสีเทาเฟรมภาพ d กับระดับสีเทาเฟรมภาพ r
$G(x, y)$	-	ระดับสีเทา (Gray) ณ พิกัด (x, y)
$G(x_d, y_d)$	-	ระดับสีเทา ณ พิกัด (x_d, y_d)
$G(x_r, y_r)$	-	ระดับสีเทา ณ พิกัด (x_r, y_r)
(x_d, y_d)	-	พิกัดจุดภาพที่พิจารณาของเฟรมภาพตรวจจับ d
(x_r, y_r)	-	พิกัดจุดภาพที่พิจารณาของเฟรมภาพอ้างอิง r
ADSL MODEM	Asynchronous Digital Subscriber Line Modulation/DEModulation	โมเด็มสายผู้เช่าดิจิทัลแบบอสมมาตร
AP	Access Point	จุดเข้าถึง
CDMA	Code Division Multiple Access	ซีดีเอ็มเอ/การเข้าถึงหลายทางแบบแบ่งรหัส
d	detected Image	ภาพตรวจจับ

คำย่อ/ เครื่องหมาย	คำศัพท์ภาษาอังกฤษ	คำศัพท์ภาษาไทย
D_{dr}	-	ระยะทางยูคลิดีเนียนระหว่างจุดภาพ (x_r, y_r) ของเฟรมภาพอ้างอิงและจุดภาพ (x_d, y_d) ของเฟรมภาพตรวจจับ
DO	Detected Object	วัตถุตรวจจับ
ECMOD	Edge-Centroid-based Moving Object Detection	การตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่ฐานจุดศูนย์กลางขอบ
GSM	Global System for Mobile communications	จีเอสเอ็ม
k	-	จุดศูนย์กลางขอบภาพที่ k ที่มีค่า 1, 2, 3, ..., k
m/s	meter(s)/second	เมตรต่อวินาที
MS	Mobile Station	สถานีเคลื่อนที่
p	-	จำนวนเฟรมภาพที่มีค่า 1, 2, 3, ..., p
r	reference Image	ภาพอ้างอิง
SSID	Service Set Identifier	ตัวระบุชุดบริการ
SV	Sensitivity Value	ค่าความไว
t_{dr}	-	เวลาดังแต่การปรากฏเฟรมภาพอ้างอิง r จนถึงการปรากฏเฟรมภาพตรวจจับ d
VC	Video Camera	กล้องวิดีโอ
VR	Velocity Ratio	อัตราส่วนความเร็ว
WEP	Wired Equivalent Privacy	ส่วนบุคคลสมมูลต่อถาวร
WLAN	Wireless Local Area Network	โครงข่ายพื้นที่ท้องถิ่นไร้สาย

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) สร้างหน่วยตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่ชาญฉลาดผ่านโครงข่ายพื้นที่ท้องถิ่นไร้สาย
- 2) กำหนดความไว (Sensitivity) ในการตรวจจับภาพวัตถุเคลื่อนที่
- 3) ตรวจวัดสเปกตรัม (Spectrum) ของภาพวัตถุเคลื่อนที่

- 4) ตรวจวัดเวลา ระยะทาง และความเร็ว (Velocity) ของวัตถุเคลื่อนที่
- 5) ใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน [โทร46]

1.3 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมีความต้องการใช้งานกล้องถ่ายวิดีโอ (Video Camera) ผ่านโครงข่ายสื่อสารไร้สายเป็นจำนวนมาก โดยใช้โครงข่ายสื่อสารที่มีอยู่ เช่น โครงข่ายพื้นที่ท้องถิ่นไร้สาย (WLAN: Wireless Local Area Network) ตามมาตรฐาน IEEE 802.11 โครงข่ายสื่อสารเคลื่อนที่จีเอสเอ็ม (GSM: Global System for Mobile communications) โครงข่ายสื่อสารเคลื่อนที่การเข้าถึงหลายทางแบบแบ่งรหัส (CDMA: Code Division Multiple Access) [HomBen07] ซึ่งมีการพัฒนาการส่งผ่านข่าวสารสื่อประสม (Multimedia) ไร้สาย ซึ่งประกอบด้วยสัญญาณข้อมูล เสียง ภาพ และวิดีโอ [Yos03] [Wen05]

การพัฒนาการส่งผ่านข่าวสารสื่อประสมไร้สาย สามารถแบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ คือ ส่วนสื่อสาร ส่วนตรวจจับ [WuYinXio07] โดยส่วนสื่อสารประกอบด้วยพัฒนาการรับส่งข้อมูลในระยะไกลแบบไร้สายด้วยอัตราข้อมูลที่สูงขึ้นหรือการรับส่งข้อมูลแบบบรอดแบนด์ (Broadband) เช่น การพัฒนาเข้าสู่ระบบการรับส่งข้อมูลของโครงข่ายสื่อสารเคลื่อนที่ยุคที่ 3 (3rd Generation Mobile Communication Network) นอกจากนั้นยังมีการประยุกต์ใช้วิธีการและอุปกรณ์ในการสื่อสารไร้สายระยะไกลด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น การใช้เทคโนโลยีบลูทูธ (Bluetooth) การสื่อสารอินฟราเรด (Infrared Communication) หรือการใช้จุดบริการด่วน (Hot Spot) ของ WLAN

ส่วนตรวจจับ มีการพัฒนาและการประยุกต์การตรวจจับระยะไกลผ่านโครงข่ายสื่อสารไร้สาย เช่น การตรวจจับปริมาณการจราจร การตรวจจับการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ หรือการตรวจจับวัตถุในสภาพแวดล้อม เป็นต้น [Yos03] [AzaUdeDil07]

การตรวจจับที่มีการประยุกต์ใช้ในโครงข่ายสื่อสารไร้สายข้างต้นยังมีข้อจำกัดเนื่องมาจากข้อจำกัดของกล้อง ข้อจำกัดของความเร็วการประมวลผล ข้อจำกัดของความรู้ในการวิเคราะห์ข้อจำกัดของบุคลากรที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่การสร้างและพัฒนาการตรวจจับ การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของวัตถุผ่าน WLAN หรือโครงข่ายสื่อสารเคลื่อนที่โดยมีการใช้ความรู้ปัญญาประดิษฐ์และกรรมวิธีสัญญาณดิจิทัลประกอบรวม ทั้งนี้แนวคิดขั้นตอนวิธีการตรวจจับวัตถุได้แสดงไว้ในบทที่ 2 และบทที่ 3

1.4 เป้าหมายและขอบเขตโครงการวิจัย

สร้างหน่วยตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่ชาญฉลาดผ่าน WLAN หรือโครงข่ายสื่อสารเคลื่อนที่ด้วยขั้นตอนวิธีดิจิทัล

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) สามารถตรวจจับภาพวัตถุเคลื่อนที่ด้วยกล้องวิดีโอผ่านโครงข่ายพื้นที่ท้องถิ่นไร้สาย
- 2) สามารถวิเคราะห์คุณลักษณะของภาพเคลื่อนที่ เช่น เวลา เหตุการณ์ และความเร็ว ที่มีกำหนดช่วงวิเคราะห์ได้อย่างชาญฉลาด
- 3) สามารถนำไปวิเคราะห์สภาพแวดล้อมหรือระบบตามอุปกรณ์ที่แสดงค่า เช่น อุปกรณ์แสดงค่าพารามิเตอร์เชิงไฟฟ้า และอุปกรณ์แสดงค่าพารามิเตอร์เชิงกล เป็นต้น
- 4) สามารถนำไปควบคุมระบบตามวัตถุประสงค์โดยใช้คุณลักษณะของภาพที่ควบคุมได้
- 5) สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนในรายวิชา กรรมวิธีสัญญาณดิจิทัลและการประยุกต์กรรมวิธีสัญญาณดิจิทัลและการประยุกต์ ปฏิบัติการกรรมวิธีสัญญาณดิจิทัลและปัญญาประดิษฐ์สำหรับระบบโทรคมนาคม เป็นต้น

1.6 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน

- 1) ศึกษาค้นคว้า
 - ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการตรวจจับภาพในโครงข่ายสื่อสาร
 - ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมระบบด้วยกรรมวิธีสัญญาณดิจิทัล
 - ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมระบบด้วยปัญญาประดิษฐ์
 - ศึกษาโครงข่ายสื่อสารที่ต้องการประยุกต์ใช้งาน
- 2) สร้างเครื่องมือ
 - จัดเตรียมอุปกรณ์เพื่อทดลอง
 - จัดเตรียมโครงข่ายสื่อสารเพื่อทดลอง
 - กำหนดค่าพารามิเตอร์โครงข่ายสื่อสาร
 - กำหนดค่าพารามิเตอร์ระบบตรวจจับ
 - สร้างระบบตรวจจับภาพ
 - สร้างหน่วยตรวจจับวัตถุชาญฉลาด
- 3) เก็บรวบรวมข้อมูลและประมวลผล
 - เก็บรวบรวมข้อมูลและประมวลผลการทำงานของระบบในแต่ละขั้นตอนย่อยในขั้นตอนที่
- 2)
 - ทดลองแก้ปัญหา
 - ทดลองระบบตรวจจับภาพ
 - ทดลองระบบตรวจจับภาพวัตถุเคลื่อนที่

ทดลองระบบตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่

ทดสอบการควบคุมระบบโดยใช้คุณลักษณะของภาพที่ควบคุมได้

5) รวบรวมผล

รวบรวมผลและวิเคราะห์คุณลักษณะของวัตถุเคลื่อนที่ ได้แก่ เหตุการณ์ ความไว เวลา
ระยะทาง และความเร็ว ที่กำหนดช่วงวิเคราะห์

1.7 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอ

บทที่ 1 กล่าวถึงวัตถุประสงค์ ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา เป้าหมายและขอบเขตของงานวิจัย รวมทั้งประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน บทที่ 2 กล่าวถึงแนวคิด ผลงานที่ผ่านมา บทที่ 3 กล่าวถึงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และวิธีที่นำเสนอ บทที่ 4 แสดงผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล และบทที่ 5 เป็นการสรุปผลของงานวิจัยตลอดจนข้อเสนอแนะ

1.8 ระยะเวลาและแผนการดำเนินงานทำการวิจัย (Gantt Chart)

ตารางที่ 1-3 แผนการดำเนินงาน

เดือน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	หมายเหตุ
กิจกรรม											
1) ศึกษาค้นคว้า	*	*	*	*							
2) เขียนวัตถุประสงค์		*									
3) สร้างเครื่องมือ			*	*	*						
4) เก็บรวบรวมข้อมูลและประมวลผล					*	*	*				
5) ทดลองแก้ปัญหา					*	*	*	*			
6) รวบรวมผล						*	*	*			
7) วิเคราะห์ข้อมูล						*	*	*	*		
8) เขียนรายงานวิจัย								*	*	*	

บทที่ 2

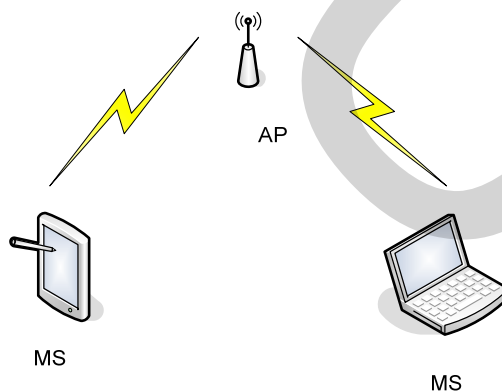
แนวคิด ทฤษฎี และผลงานที่ผ่านมา

บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึงโครงข่ายสื่อสารพื้นฐานในการทำวิจัย ความรู้พื้นฐานกรรมวิธี สัญญาณดิจิทัลและงานวิจัยระบบตรวจจับวัตถุที่ผ่านมา ต่อไปนี้เป็นการแสดงโครงข่ายสื่อสารซึ่งในงานวิจัยซึ่งใช้โครงข่ายพื้นที่ท้องถิ่นไร้สาย

2.1 โครงข่ายพื้นที่ท้องถิ่นไร้สาย

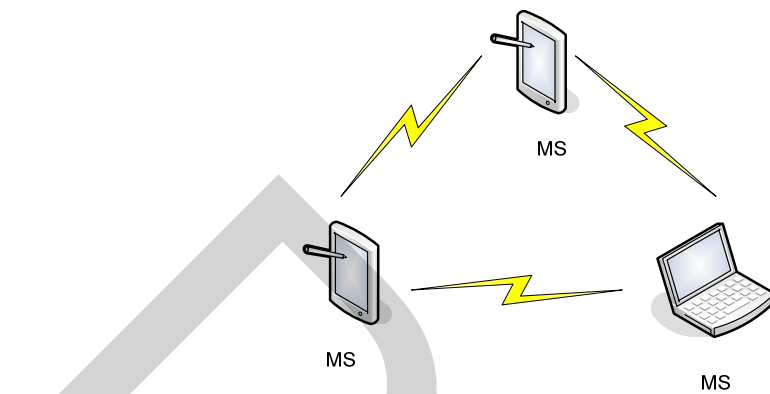
โครงข่ายพื้นที่ท้องถิ่นไร้สาย (WLAN: Wireless Local Area Network) เป็นโครงข่ายสื่อสารที่เชื่อมต่อสถานีเคลื่อนที่ (MS: Mobile Station) โดยไม่ใช้สายเคเบิล และ MS จะใช้การสื่อสารผ่านคลื่นวิทยุในการรับส่งข้อมูลซึ่งกันและกัน ทั้งนี้ MS ที่ใช้งานอยู่สามารถสื่อสารกับ MS อื่นได้โดยตรง หรือสามารถเชื่อมต่อผ่านโครงข่ายสื่อสารด้วยจุดเข้าถึง (AP: Access Point) และยังสามารถกำหนดแบบแผน (Mode) การใช้งานได้

WLAN [MarZhu03] สามารถดำเนินการโดยใช้ AP หรือไม่ใช้ก็ได้ ขึ้นอยู่กับความต้องการและจำนวนของผู้ใช้ในโครงข่ายโดยแบบแผนโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure Mode) จะใช้ AP ดังแสดงในรูปที่ 2-1 เพื่ออนุญาตให้ MS รับส่งข่าวสารซึ่ง MS จะส่งข่าวสารไปยัง AP ก่อน จากนั้น AP จึงรับข่าวสารและทำการแพร่สัญญาณไปยัง MS อื่น นอกจากนี้ AP ยังสามารถทำการเชื่อมต่อกับโครงข่ายไร้สายผ่านโครงข่ายอินเทอร์เน็ต และ AP หลาย ๆ เครื่องสามารถทำงานเข้ากันเพื่อให้พื้นที่บริการกว้างขึ้น



รูปที่ 2-1 แบบแผนโครงสร้างแบบพื้นฐาน

อีกแบบแผนหนึ่งคือ แบบแผนที่ MS เชื่อมต่อแบบไร้สายกับ MS อื่นโดยไม่ใช้ AP เรียกว่าแบบแผนแอดฮอค (Ad Hoc Mode) ดังแสดงในรูปที่ 2-2 ซึ่งโครงข่ายอนุญาตให้ MS ส่งข่าวสาร



รูปที่ 2-2 แบบแผนแอคฮอต

โครงสร้างของ WLAN ตามมาตรฐาน IEEE 802.11 มีองค์ประกอบ 3 ส่วนที่ทำการกำหนดพารามิเตอร์เพื่อให้ WLAN ทำงานได้อย่างเหมาะสม [หอม49]

- 1) ชื่อโครงข่าย (Network Name): โครงข่ายจะมีชื่อโครงข่ายที่แสดงความแตกต่างจากโครงข่ายอื่น ชื่อโครงข่ายเรียกว่าตัวระบุชุดบริการ (SSID: Service Set Identifier) โดยในขณะที่ดำเนินการเครื่องแปลง (Adapter) สัญญาณไร้สายจะแสดง SSID เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อเข้ากับโครงข่ายได้ โดย SSID สามารถมีความยาวได้ถึง 32 อักขระ
- 2) ประวัติ (Profile): เมื่อต้องการเชื่อมต่อกับโครงข่ายใด ๆ ผู้ใช้ต้องให้ประวัติของ MS ที่จะเข้าร่วม
- 3) ความมั่นคง (Security): WLAN มาตรฐาน IEEE 802.11 ใช้การเข้ารหัสเพื่อรักษามันคงแก่ข้อมูล โดยใช้เทคโนโลยีส่วนบุคคลสมมูลต่อถาวร (Wired Equivalent Privacy) ซึ่งใช้กุญแจรหัสขนาด 64 บิต หรือ 128 บิต เพื่อแปลงข้อมูล การเข้ารหัส WEP ถือว่าเป็นวิธีหนึ่งในการให้ความมั่นคงกับข้อมูลใน WLAN

2.2 เทคโนโลยีตรวจจับวัตถุ

เทคโนโลยีตรวจจับ (Detection Technology) ได้นำมาประยุกต์ใช้กันอย่างกว้างขวางในอดีต ปัจจุบัน และยังมีแนวโน้มที่จะพัฒนาขึ้นใช้กับโครงข่ายสื่อสารเพิ่มขึ้น [Wen05] ตัวตรวจจับสัญญาณและเครื่องมือวัดชนิดต่าง ๆ จึงได้รับการพัฒนาขึ้นมาโดยลำดับ ได้แก่ ตัวตรวจจับอุณหภูมิหรือเทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) ตัวตรวจจับความชื้น (Hygrometer) ตัวตรวจจับความเร็ว ตัว

แนวคิดในการตรวจจับการเคลื่อนที่มีการนำไปใช้เพื่อสร้างหุ่นยนต์สำหรับใช้งานตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ บางกรณีใช้หุ่นยนต์เพื่อเลียนแบบการเคลื่อนที่ตามมนุษย์ [AzaUdeDil07] [HerFuaPla00] โดยทำการประมวลผลรวมจากข้อมูลที่ตรวจจับแล้วนำข้อมูลทั้งหมดไปวิเคราะห์ผลซึ่งเป็นส่วนของกรณีเวลาจริง (Real Time) [YamAiz07] ซึ่งยังมีปัญหาในด้านความถูกต้องของการเคลื่อนที่

ปกติการตรวจจับวัตถุให้ละเอียดขึ้นจะใช้กล้องหลายตัว [HerFuaPla00] ใช้พิจารณาดีกรีความเป็นอิสระของส่วนเคลื่อนที่ด้วยการลดจำนวนจุดเคลื่อนที่ งานของ [AzaUdeDil07] ใช้ภาพพาเข้าเพื่อลดพื้นที่การค้นหา ทำให้ค้นหาจุดเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น ประกอบกับการใช้เทคนิคขอบภาพและสี ระบบสามารถจับภาพสามมิติโดยไม่ต้องใช้การตรวจจับตำแหน่ง

ส่วนการใช้กล้องเดียวนั้นที่การได้ปริมาณข่าวสารจำนวนมากจากลำดับภาพ การแบ่งบริเวณของการเคลื่อนที่ การใช้จุดใกล้สุดวนซ้ำ (Iterative Closest Point) การตรวจจับขอบ (Edge Detection) และการค้นหาแบบลำดับชั้น (Hierarchical Search) [Sad02] [YamAiz07]

การตรวจจับขอบสามารถช่วยในการติดตามการเคลื่อนที่ของมนุษย์ ถ้ามีปริมาณจุดข้อมูลเพียงพอ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วควรจะมีอย่างน้อยหนึ่งล้านจุด ดังนั้นการพิจารณาการเคลื่อนที่ของมนุษย์อาจต้องมีการกำหนดพื้นที่และการใช้เทคนิคขอบภาพร่วมกับการกำหนดฟังก์ชัน ซึ่งการกำหนดพื้นที่จะการใช้การคำนวณที่ซับซ้อน [Sad02] [WuYinXio07] [YamAiz07]

งานวิจัยที่นำเสนอเป็นการสร้างหน่วยตรวจจับการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยใช้พารามิเตอร์ตรวจวัดคือ ระยะทาง เวลา ความเร็ว และความไว (Sensitivity) โดยใช้ตัวตรวจจับภาพที่มีอยู่ในหน่วยสื่อสารในการตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่ระยะทางไกล (Remote) สำหรับโครงข่ายใช้สายและโครงข่ายไร้สาย (Wireless Network) [Hom05] ของสื่อประสม (Multimedia)

ขั้นตอนวิธีที่ใช้ประมวลผลในคอมพิวเตอร์สำหรับการตรวจจับวัตถุแบบเวลาจริงใช้เทคโนโลยีการตรวจจับขอบ (Edge Detection) เช่น SA-ED เนื่องจากมีความสามารถในการใช้เวลาในการประมวลผลต่ำ [KamLoiYam00] [WuYinXio07] ประกอบกับการใช้จุดศูนย์กลางภาพวัตถุที่ผ่านกระบวนการ ED พร้อมกับการกำหนดความไวของการตรวจจับด้วยระยะทางยูคลิดีเนียน (Euclidian Distance) [LiJing04] ดังแสดงรายละเอียดไว้ในบทที่ 3

2.3 กรรณวิธีสัญญาณดิจิทัลที่กำหนดใช้

ปัจจุบันมีความนิยมใช้อุปกรณ์และซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับภาพนิ่ง (Still Image) และภาพเคลื่อนไหว (Moving Image) อย่างกว้างขวาง โดยภาพต่าง ๆ ที่ได้จากอุปกรณ์และซอฟต์แวร์

การตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่นิยมใช้ภาพเคลื่อนไหวหรือวิดีโอ (Video) ด้วยการตรวจจับขอบวัตถุซึ่งมีความพร่า (Blurred) จากการเคลื่อนที่ และเพื่อทำการหาขอบวัตถุจากภาพที่ทำการเฝ้าระวัง (Monitoring) จึงมีการนำเสนอวิธีการตรวจจับขอบด้วยขั้นตอนวิธี (Algorithm) ต่าง ๆ เช่น การอนุพันธ์ (Derivatives) การเปลี่ยนระดับสีในภาพ [WuYinXio07] ขั้นตอนวิธีโซเบล (SA: Sobel Algorithm) และขั้นตอนวิธีโรเบิร์ตส์ (RA: Roberts Algorithm) เป็นต้น การเปลี่ยนระดับสัญญาณข้ามผ่านศูนย์ (Zero Crossing) เช่น ขั้นตอนวิธีลาปลาเซียน (LA: Laplacian Algorithm) [LiJin04] รวมถึงการใช้อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน เช่น ขั้นตอนวิธีแคนนี่ (CA: Canny Algorithm) [BaoZhaXia05] เป็นต้น

ขั้นตอนวิธีโดยวิธีข้างต้นยังมีการพัฒนาโดยเพิ่มความละเอียดของการเปลี่ยนสัญญาณและจำนวนระดับสัญญาณมาเกี่ยวข้อง รวมถึงการลดเวลาประมวลผลด้วยการใช้ปัญญาประดิษฐ์ เช่น ตรรกะฟัซซี่ [KamLofYam00] [WuYinXio07] หรือโครงข่ายประสาทเทียม นอกจากนี้ยังมีการนำทฤษฎีเชิงสถิติ [BaoZhaXia05] ประยุกต์ร่วมกับขั้นตอนวิธีที่มีการนำเสนอก่อนหน้า โดยเฉพาะ SA และ CA อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ได้ปรับคุณลักษณะของขอบที่ตรวจจับด้วยการใช้การผสมผสานของ SA และ CA ดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 3

หัวข้อต่อไปนี้เป็นกรกล่าวถึง ED ของวัตถุซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนวิธีหลัก คือ SA และ CA ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

2.2.1 การตรวจจับขอบฐานขั้นตอนวิธีโซเบล

ED ฐาน SA (SA-ED: SA-based ED) เป็นวิธี ED ที่อาศัยหลักการของการอนุพันธ์ซึ่งจะให้ขอบภาพวัตถุ ณ บริเวณที่มีค่าเกรเดียนต์ (Gradient) ของภาพสูงที่สุด [WuYinXio07]

SA-ED สามารถระบุจุดเริ่มเปลี่ยน (Th: Threshold) เพื่อระบุความไว (Sensitivity) ของวิธี ED โดยหากกำหนดให้ Th มีค่าสูง ภาพที่ได้ก็จะไม่ตรวจจับขอบจาง (WE: Weak Edge) และ SA-ED ยังสามารถกำหนดทิศทางของการหาอนุพันธ์ในแนวนอน แนวตั้ง หรือทั้งสองแนวได้

2.2.2 การตรวจจับขอบฐานขั้นตอนวิธีแคนนี่

ED ฐาน CA (CA-ED: CA-based ED) เป็นวิธี ED ที่ใช้หลักการของเกรเดียนต์ภายในภาพ ซึ่งใช้การหาอนุพันธ์ของตัวกรองแบบเกาส์ (Gaussian Filter) โดยมีการกำหนดให้ Th 2 ค่าสำหรับ

CA-ED สามารถลดสัญญาณรบกวนภาพได้เป็นอย่างดีจากเงื่อนไของของการกรองภาพและยังสามารถตรวจจับ WE ได้เป็นอย่างดี

CA-ED สามารถระบุ Th เพื่อระบุความไวของขั้นตอนวิธี โดยหากกำหนดให้ Th ค่าสูง ภาพที่ได้จะไม่ตรวจจับ WE และ CA-ED ยังมีการใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ของตัวกรองแบบลอการิทึม (Logarithm Filter) โดยขนาดของตัวกรองขึ้นกับค่าของ σ

ขั้นตอนวิธีที่นำเสนอในการตรวจจับขอบฐาน SA และ CA จะกล่าวในบทที่ 3

บทที่ 3

การออกแบบระบบ

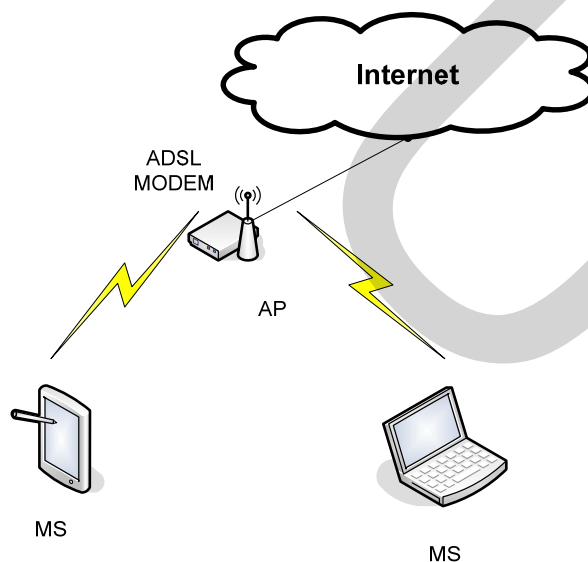
(วิธีที่นำเสนอ)

บทที่ 3 เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้าง “ระบบตรวจจับวัตถุชาญฉลาดสำหรับโครงข่ายพื้นที่ท้องถิ่นไร้สายโดยใช้ ปัญญาประดิษฐ์และกรรมวิธีสัญญาณดิจิทัล (iAIDS: Intelligent Object-Detection System for Wireless Local Area Network Using Artificial Intelligence and Digital Signal Processing) ซึ่งประกอบด้วยการออกแบบและสร้าง iAIDS และการกำหนดค่าพารามิเตอร์ระบบ

ระบบ iAIDS ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ โครงข่ายพื้นที่ท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) หน่วยการตรวจจับวัตถุ (ODU: Object Detection Unit) และโปรแกรมการตรวจจับวัตถุ (ODP: Object Detection Program) ดังจะกล่าวในหัวข้อ 3.1 3.2 และ 3.3 ตามลำดับ

3.1 WLAN สำหรับระบบ iAIDS

WLAN ที่กำหนดใช้ในระบบ iAIDS ของงานวิจัยนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.1-1 โดยประกอบด้วยองค์ประกอบโครงข่ายดังนี้



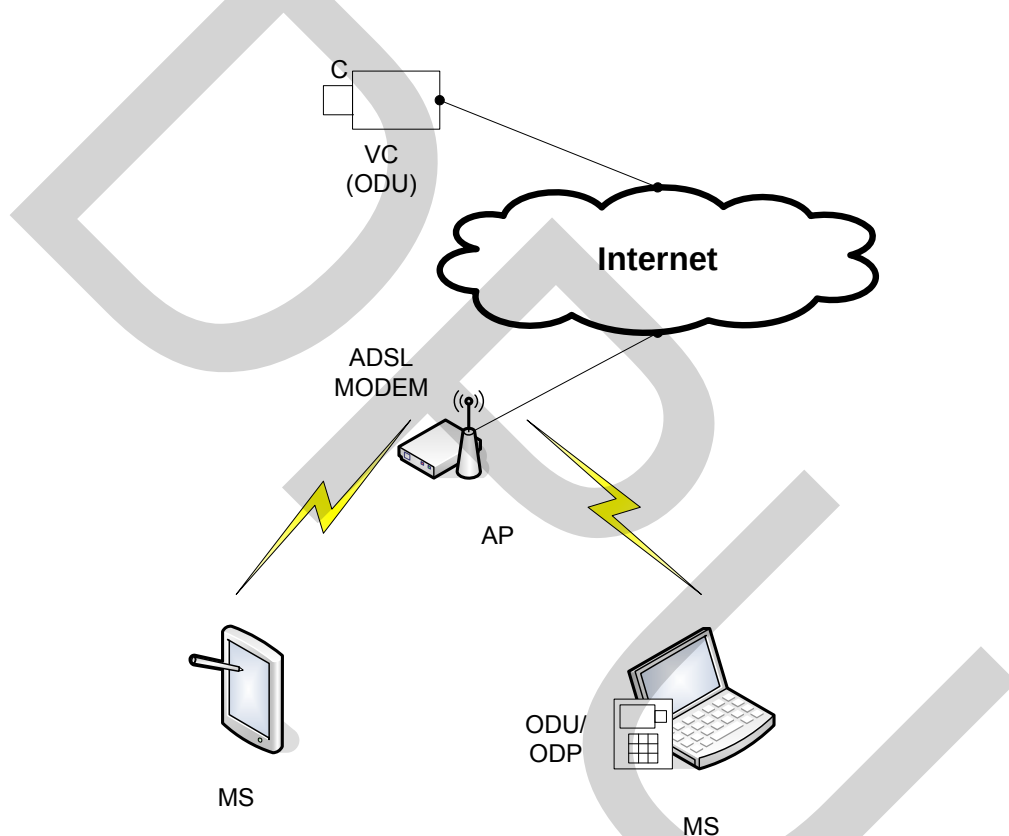
รูปที่ 3.1-1 WLAN สำหรับระบบ iAIDS

- 1) อินเทอร์เน็ต (Internet) ซึ่งเป็นโครงข่ายสวิตช์แพ็กเกต (Packet Switched Network)
- 2) โมเด็มสายผู้เช่าดิจิทัลแบบอสมมาตร (ADSL MODEM: Asynchronous Digital Subscriber Line Modulation/DEModulation) เพื่อต่อร่วมสายโทรศัพท์เข้ากับอินเทอร์เน็ต

- 3) จุดเข้าถึง (AP: Access Point) ไร้สายเพื่อต่อร่วมอากาศ (Air Interface) ไปยังสถานีเคลื่อนที่ (MS: Mobile Station)
- 4) สถานีเคลื่อนที่ (MS) เพื่อสื่อสารไร้สาย

3.2 หน่วยการตรวจจับวัตถุ (ODU: Object Detection Unit)

ODU ที่กำหนดใช้ในระบบ iAIDS ของงานวิจัยนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.2-1 โดยประกอบด้วยองค์ประกอบโครงข่ายดังนี้



รูปที่ 3.2-1 ODU/ODP และ WLAN สำหรับระบบ iAIDS

- 1) กล้องวิดีโอ (VC: Video Camera) เพื่อตรวจจับภาพ
- 2) กล้องวิดีโอ (VC) เพื่อตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่
- 3) สถานีเคลื่อนที่ (MS) เพื่อประมวลผลและแสดงผล
- 4) โปรแกรมการตรวจจับวัตถุ (ODP)

3.3 โปรแกรมการตรวจจับวัตถุ (ODP: Object Detection Program)

3.3.1 การตรวจจับขอบฐานขั้นตอนวิธีโซเบลโดยใช้ขั้นตอนวิธีแคนนี่ช่วย (CSA-ED: Canny-aided Sobel Algorithm- Edge Detection)

เนื่องจากการตรวจจับขอบฐานขั้นตอนวิธีโซเบล (SA-ED) มีการตรวจจับขอบที่ไม่ซับซ้อน และเป็นขั้นตอนวิธีที่ใช้อ้างอิงสำหรับขั้นตอนวิธีฐานการอนุพันธ์ [หอม48] ในภาพของ ED แบบอื่น ๆ ได้แก่ การตรวจจับขอบฐานขั้นตอนวิธีพีริวิตต์ (PA-ED) และการตรวจจับขอบฐานขั้นตอนวิธีโรเบิร์ตส์ (RA-ED) ดังนั้น SA-ED และขั้นตอนวิธีที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาจึงใช้เวลาน้อยกว่า ED ที่ใช้ทฤษฎีเชิงสถิติ ได้แก่ การตรวจจับขอบฐานขั้นตอนวิธีลาปลาเซียน (LA-ED) การตรวจจับขอบฐานขั้นตอนวิธีข้ามผ่านศูนย์ (ZCA-ED) และการตรวจจับขอบฐานขั้นตอนวิธีแคนนี่ (CA-ED)

LA-ED และ ZCA-ED มีการใช้ตัวกรองและเพิ่มการใช้จุดข้ามผ่านศูนย์ในการประมวลผล เพื่อเพิ่มรายละเอียดของภาพดังนั้นจึงส่งผลให้เกิดสัญญาณรบกวนในภาพมากขึ้นและใช้เวลาในการประมวลผลนานขึ้น

CA-ED มีการตรวจจับขอบทั้งขอบเข้ม (SE) และขอบจาง (WE) นอกจากนั้นยังช่วยกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพได้เป็นอย่างดีส่งผลให้การประมวลผลของ CA-ED ใช้เวลายาวนานกว่า ED อื่นแต่ CA-ED มีความละเอียดในการตรวจจับขอบมาก

สำหรับงานวิจัยนี้กำหนดให้ใช้ SA-ED CA-ED และขั้นตอนวิธีที่นำเสนอซึ่งเป็นการใช้ CA-ED บนโครงสร้างของ SA-ED ดังนั้นจึงเป็นขั้นตอนวิธีตรวจจับขอบแบบไฮบริด (Hybrid) โดยใช้ชื่อ “การตรวจจับขอบฐานขั้นตอนวิธีโซเบลโดยใช้ขั้นตอนวิธีแคนนี่ช่วย (CSA-ED)” ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนการประมวลผลออกเป็น 3 ภาค ได้แก่ ภาคแยกภาพ ภาคคุณลักษณะภาพ และภาคประกอบภาพ

1) ภาคแยกภาพ

ภาคแยกภาพของ CSA-ED เป็นการแยกภาพที่พิจารณา โดยสามารถหาจำนวนส่วนภาพ (N) ได้ดังแสดงในสมการ (3.3.1-1)

$$N = \frac{W}{w} \times \frac{L}{l} \quad (3.3.1-1)$$

โดย

W คือ ความกว้างภาพตั้งต้น

L	คือ ความยาวภาพตั้งต้น
w	คือ ความกว้างส่วนภาพ
l	คือ ความยาวส่วนภาพ

2) ภาคคุณลักษณะภาพ

ภาคคุณลักษณะภาพของ CSA-ED เป็นการนำ CA-ED ช่วย SA-ED โดย CA-ED จะทำการเพิ่มขอบจาก WE ด้วยค่า $(1-\lambda)^\varepsilon$ สำหรับส่วนภาพทั้งหมด โดยยังคง SE จาก SA-ED ด้วยค่า λ^ε ซึ่งสามารถแสดงสมการคุณลักษณะของขอบภาพ (I: Image) ได้ดังสมการ (3.3.1-2)

$$I_{\text{CSA-ED}} = \lambda^\varepsilon I_{\text{SA-ED}} + (1-\lambda)^\varepsilon I_{\text{CA-ED}} \quad (3.3.1-2)$$

โดย

$I_{\text{CSA-ED}}$	คือ	ขอบภาพจาก CSA-ED
$I_{\text{SA-ED}}$	คือ	ขอบภาพจาก SA-ED
$I_{\text{CA-ED}}$	คือ	ขอบภาพจาก CSA-ED
λ	คือ	ดัชนีการเรียนรู้
ε	คือ	ดัชนีกำลัง

3) ภาคประกอบภาพ

เมื่อดำเนินการในภาคคุณลักษณะภาพแล้ว ในขั้นตอนวิธี CSA-ED จะทำการประกอบภาพของส่วนภาพทั้งหมด ซึ่งในการประกอบส่วนภาพทั้งหมด สามารถแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ

- 1) การประกอบส่วนภาพตามปกติ
- 2) การประกอบส่วนภาพและเติมภาพ (ที่ต้องการเน้นส่วนภาพ ในจำนวนที่น้อยกว่า N ส่วนภาพ)

เมื่อต้องการประกอบและเติมภาพรายละเอียดของขอบจะใช้ CSA-ED ในส่วนภาพดังกล่าว ด้วยค่า λ และ ε ที่เหมาะสมในขั้นตอนที่ 2) สำหรับส่วนภาพพิจารณาจำนวน $N_{\text{CA-ED}}$ ส่วนภาพดังกล่าว

3.3.2 การตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่บนพื้นฐานจุดศูนย์กลางขอบ (ECMOD: Edge-Centroid-based Moving Object Detection)

งานวิจัยส่วนนี้เป็นการนำ CSA-ED มาใช้เพื่อทำการตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่ฐานจุดศูนย์กลางขอบ (ECMOD) ซึ่งมีการตรวจวัดความไว (Sensitivity) และระยะทางการเคลื่อนที่ของ

1) การตรวจจับความไวการเคลื่อนที่

กำหนดให้ (x_r, y_r) คือพิกัดจุดภาพที่พิจารณาของเฟรมภาพอ้างอิง r (reference Image) และ (x_d, y_d) คือพิกัดจุดภาพที่พิจารณาของเฟรมภาพที่ตรวจจับ d (detected Image) ตามลำดับ จะได้ระยะทางยูคลิเดียนระหว่างจุดภาพ (x_r, y_r) ของเฟรมภาพอ้างอิงและจุดภาพ (x_d, y_d) ของเฟรมภาพที่ตรวจจับ (D_{dr}) ดังแสดงในสมการ (3.3.2-1)

$$D_{dr} = \sqrt{(x_d - x_r)^2 + (y_d - y_r)^2} \quad (3.3.2-1)$$

ดังนั้นเมื่อ DO อยู่ในตำแหน่งจุดภาพที่พิจารณาของเฟรมภาพ r และ d จะสามารถหาการขจัด (Displacement) ในระนาบ xy ที่ DO เคลื่อนที่ไปได้เท่ากับ D_{dr}

กำหนดให้ $G(x, y)$ เป็นระดับสีเทา (Gray Level) ณ พิกัด (x, y) ที่มีค่า $0 - 255$ จากสีดำไปจนถึงสีขาว ดังนั้นจะได้ $G(x_r, y_r)$ เป็นระดับสีเทา ณ พิกัด (x_r, y_r) หรือจุดภาพที่พิจารณาของเฟรมภาพอ้างอิง r และ $G(x_d, y_d)$ เป็นระดับสีเทา ณ พิกัด (x_d, y_d) หรือจุดภาพที่พิจารณาของเฟรมภาพที่ตรวจจับ d จะได้ผลรวมของผลต่างระหว่างระดับสีเทาของเฟรมภาพ d กับระดับสีเทาของเฟรมภาพ r (ΔG_{dr}) ดังแสดงในสมการ (3.3.2-2)

$$\Delta G_{dr} = \left| \sum_{x_d=x_r-1, y_d=y_r-1}^{W,L} G(x_d, y_d) - G(x_r, y_r) \right| \quad (3.3.2-2)$$

โดย W และ L คือความกว้างภาพตั้งต้นและความยาวภาพตั้งต้นตามลำดับ และงานวิจัยนี้กำหนดค่าความไว (SV: Sensitivity Value) ของการตรวจจับการเคลื่อนที่ของ DO ด้วยค่า ΔG_{dr}

2) การตรวจจับระยะทางการเคลื่อนที่ฐานจุดศูนย์กลางขอบ

กำหนดให้ $(Cx_r, Cy_r)_k$ คือพิกัดจุดศูนย์กลางขอบภาพที่ k ของเฟรมภาพอ้างอิง r และ $(Cx_d, Cy_d)_k$ คือพิกัดจุดศูนย์กลางขอบภาพที่ k ของเฟรมภาพที่ตรวจจับ d ตามลำดับ จะได้ระยะทางยูคลิเดียน ระหว่างจุดศูนย์กลางขอบภาพที่ k ของเฟรมภาพอ้างอิง r และจุดศูนย์กลางขอบภาพที่ k ของเฟรมภาพที่ตรวจจับ d (DC_{dr}_k) ดังแสดงในสมการ (3.3.2-3)

$$(DC_{dr})_k = \sqrt{(Cx_d - Cx_r)^2 + (Cy_d - Cy_r)^2} \quad (3.3.2-3)$$

โดย k มีค่า 1, 2, 3, ..., K และจุดศูนย์กลางขอบภาพที่นำมาใช้ในสมการ (3.3.2-3) ได้จากการประมวลผลของขอบภาพที่ได้จาก CSA-ED (I_{CSA-ED})

3) ความเร็วการเคลื่อนที่

จากสมการ (3.3.2-3) เมื่อทราบพิกัดจุดศูนย์กลางขอบภาพทั้ง K คู่ จะสามารถหาค่าคาดหวังของความเร็ว ($E[V]$: Expectation of Velocity) ของจุดศูนย์กลางขอบภาพสำหรับการเคลื่อนที่ของ OD ได้ดังแสดงในสมการ (3.3.2-4)

$$E[V] = \frac{\sum_{k=1}^K (DC_{dr})_k}{K \cdot t_{dr}} \quad (3.3.2-4)$$

โดย t_{dr} คือ เวลาตั้งแต่การปรากฏเฟรมภาพอ้างอิง r จนถึงการปรากฏเฟรมภาพที่ตรวจจับ d

เนื่องจากสิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การกำหนด SV ให้แก่ระบบจึงมีความสำคัญ นอกจากนี้ค่าเฉลี่ย $E[V]$ ($\overline{E[V]}$: Moving Averaged $E[V]$) จะทำให้ได้ค่าความเร็วที่เรียบและสอดคล้องกับความเป็นจริงมากขึ้น ดังแสดงในสมการ (3.3.2-5)

$$\overline{E[V]} = \frac{\sum_{p=1}^P E[V]}{P} \quad (3.3.2-5)$$

โดย p เป็นจำนวนเฟรมภาพที่มีค่า 1, 2, 3, ..., P

ในการแปลงหน่วยของ $\overline{E[V]}$ จากระยะทางภาพต่อเวลาให้เป็นเมตรต่อวินาที (m/s) สามารถทำได้โดยคูณค่าอัตราส่วนความเร็ว (VR: Velocity Ratio) ที่เหมาะสม

ESA-ED และ ECMOD ที่ได้ออกแบบไว้จะนำไปทดลองและวิเคราะห์ผลการประมวลผลในบทที่ 4

=====

บทที่ 4

การทดลอง ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผล

บทที่ 4 เป็นการแสดงถึงข้อกำหนดการประมวลผล ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลของงานที่นำเสนอ (iAIDS) ดังต่อไปนี้

4.1 ข้อกำหนดการประมวลผล

4.1.1 ข้อกำหนดการทดลองส่วน CSA-ED

การทดลองงานวิจัยส่วน CSA-ED มีข้อกำหนดการประมวลผลด้วยรายละเอียดต่อไปนี้

1) ภาพการเคลื่อนที่

CSA-ED ใช้ภาพของการเคลื่อนที่ดังแสดงในรูปที่ 4.1.1-1 ชื่อ “สนทนา & เคลื่อนที่” ซึ่งมีขนาด 3.2 ล้านจุดภาพ (MP: Mega Pixel)



รูปที่ 4.1.1-1 “สนทนา & เคลื่อนที่” (3.2 MP)

2) SA-ED

การทดลอง 4.1.1-1 ใช้ SA-ED สำหรับรูปที่ 4.1.1-1

3) CA-ED

การทดลอง 4.1.1-2 ใช้ CA-ED สำหรับรูปที่ 4.1.1-1

4) CSA-ED

การทดลอง 4.1.1-3 ใช้ CSA-ED สำหรับรูปที่ 4.1.1-1 โดยมีการกำหนดพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

$$\lambda = 0.5 \text{ และ } \varepsilon = 1$$

$$\lambda = 0.5 \text{ และ } \varepsilon = 0.5$$

$$\lambda = 0.5 \text{ และ } \varepsilon = 2$$

$$\lambda = 0.7 \text{ และ } \varepsilon = 1$$

$$\lambda = 0.7 \text{ และ } \varepsilon = 0.5$$

$$\lambda = 0.7 \text{ และ } \varepsilon = 2$$

5) CSA-ED แยกประกอบภาพ

การทดลอง 4.1.1-4 ใช้ CSA-ED สำหรับรูปที่ 4.1.1-1 โดยมีพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

$$\lambda = 0.7 \quad \varepsilon = 1 \quad N = 9 \text{ และ } N_{\text{CA-ED}} = 1 \quad (\lambda = 0 \quad \varepsilon = 1)$$

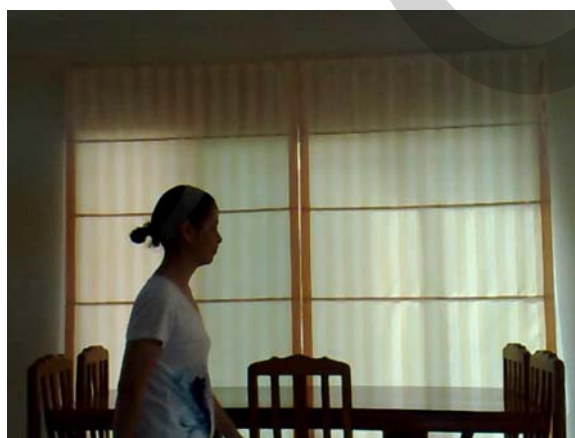
$$\lambda = 0.7 \quad \varepsilon = 1 \quad N = 25 \text{ และ } N_{\text{CA-ED}} = 2 \quad (\lambda = 0 \quad \varepsilon = 1)$$

4.1.2 ข้อกำหนดการทดลองส่วน ECMOD

การทดลองงานวิจัยส่วน ECMOD มีข้อกำหนดของการประมวลผลด้วยรายละเอียดต่อไปนี้

1) สัญญาณวิดีโอการเคลื่อนที่

ใช้สัญญาณวิดีโอ (Video Signal) ของเหตุการณ์การเคลื่อนที่ดังแสดงตัวอย่างด้วยภาพนิ่งในรูปที่ 4.1.2-1 ชื่อ “ทดสอบเคลื่อนที่” ซึ่งเป็นภาพนิ่งขนาด 4 ล้านจุดภาพ



รูปที่ 4.1.2-1 “ทดสอบเคลื่อนที่” (4 MP)

2) ขอบภาพ

การทดลอง 4.1.2-1 เป็นการหาขอบภาพ ซึ่งใช้ CSA-ED สำหรับสัญญาณวิดีโอ ดังแสดงตัวอย่างภาพนิ่งในรูปที่ 4.1.2-1 ซึ่งมีสมการคุณลักษณะดังสมการที่ (3.3.1-2)

สำหรับการทดลองนี้เป็นการตรวจจับ DO ที่มีการเคลื่อนที่ ดังนั้นจึงเลือกใช้พารามิเตอร์ที่ทำให้มีการประมวลผลเพื่อให้ได้มาซึ่งขอบภาพโดยใช้เวลาดำ ดังนั้นจึงกำหนดให้ $\lambda = 0.9$ ซึ่งจะได้ขอบหลักจาก SE ของภาพและ $\varepsilon = 4$ ทำให้ WE เค้นชัดลดลง

3) จุดศูนย์กลางขอบ

การทดลอง 4.1.2-2 เป็นการหาจุดศูนย์กลางขอบ โดยขอบภาพที่ได้จากการทดลอง 4.1.2-1 จะผ่านกระบวนการแบ่งกลุ่ม เพื่อให้ได้กลุ่มของ DO ที่อยู่ใกล้กันในขอบภาพ จากนั้นกำหนดตำแหน่งจุดศูนย์กลางขอบภาพหรือ $(C_{x_d}, C_{y_d})_k$ แล้วระบุกรอบ

4) ความเร็ววัตถุเคลื่อนที่

การทดลอง 4.1.2-3 เป็นการหาความเร็ววัตถุเคลื่อนที่ โดยในการหาความเร็วของ DO เริ่มจากการวัดเวลาการปรากฏของเฟรมภาพอ้างอิง r และเฟรมภาพตรวจจับ d จึงสามารถหา t_{dr} ได้

ในการตรวจจับเฟรมภาพตรวจจับใหม่ จะกำหนดให้เฟรมภาพตรวจจับ d เดิม เป็นเฟรมภาพอ้างอิง r และเฟรมภาพตรวจจับใหม่ เป็นเฟรมภาพตรวจจับ d ดังนั้นจะได้ t_{dr} ค่าใหม่

สำหรับการหาค่าความเร็ววัตถุเคลื่อนที่ กำหนดให้ใช้พารามิเตอร์ $E[V]$ ตามสมการที่ (3.3.2-5) โดยนำ t_{dr} ที่ได้และ $(DC_{dr})_k$ จากการทดลอง 4.1.2-2 ร่วมประมวลผลตามสมการที่ (4.1.2-4)

4.2 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

4.2.1 CSA-ED

1) การทดลอง 4.1.1-1: SA-ED

เมื่อทำการทดลอง 4.1.1-1 โดยใช้ SA-ED สำหรับรูปที่ 4.1.1-1 ซึ่งเป็นภาพ “สนทนา & เคลื่อนที่” ที่มีขนาด 3.2 MP จะได้ขอบภาพดังแสดงในรูปที่ 4.2.1-1 ซึ่งขอบภาพที่ได้จาก SA-ED (I_{SA-ED}) มีลักษณะเป็น SE



รูปที่ 4.2.1-1 ขอบภาพโดยใช้ SA-ED

2) การทดลอง 4.1.1-2: CA-ED

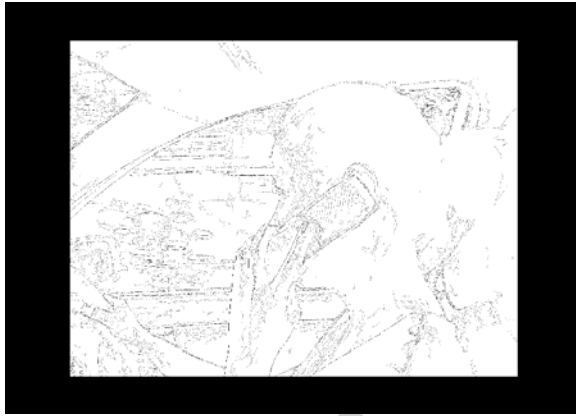
เมื่อทำการทดลอง 4.1.1-2 โดยใช้ CA-ED สำหรับรูปที่ 4.1.1-1 จะได้ขอบภาพดังแสดงในรูปที่ 4.2.1-2 ซึ่งจะได้ I_{CA-ED} ดังแสดงในรูปที่ 4.2.1-2 โดย I_{CA-ED} ให้ SE และ WE จำนวนมาก



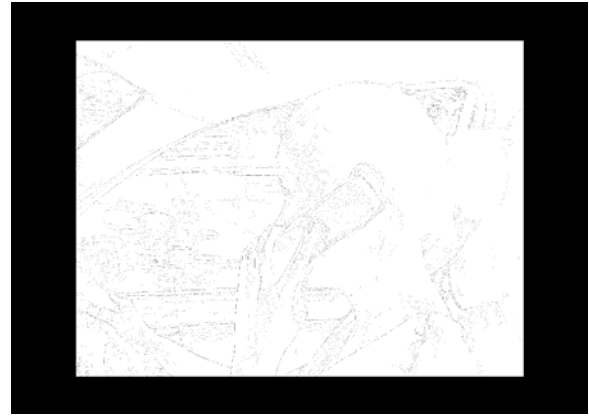
รูปที่ 4.2.1-2 ขอบภาพโดยใช้ CA-ED

3) การทดลอง 4.1.1-3: CSA-ED

ในการทดลอง 4.1.1-3 ใช้ CSA-ED สำหรับรูปที่ 4.1.1-1 จะได้ผลของขอบภาพดังแสดงในรูปที่ 4.2.1-3 ซึ่งจากสมการ (3.3.1-2) กำหนดให้ λ เท่ากับ 0.5 และ 0.7 และ ϵ เท่ากับ 0.5 1 และ 2 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.2.1-3



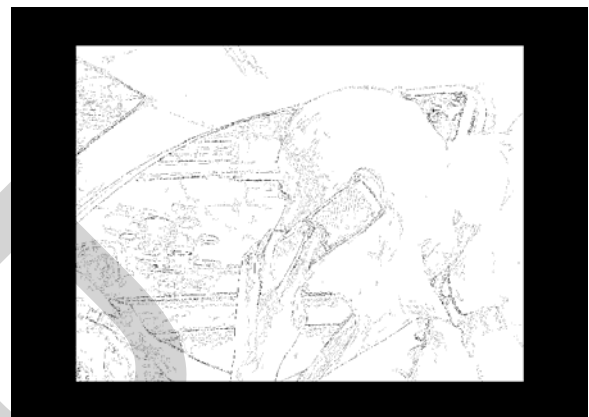
รูปที่ 4.2.1-3.1 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED
($\lambda = 0.5$ และ $\varepsilon = 1$)



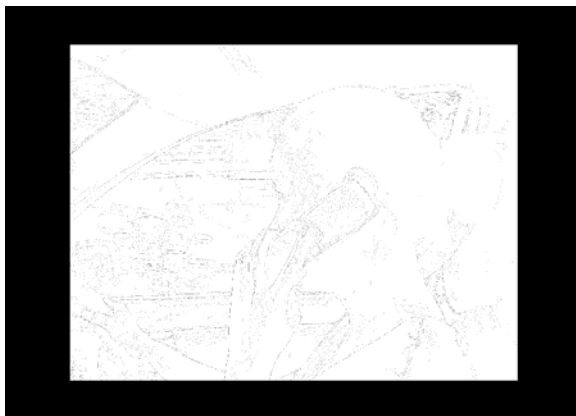
รูปที่ 4.2.1-3.4 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED
($\lambda = 0.7$ และ $\varepsilon = 1$)



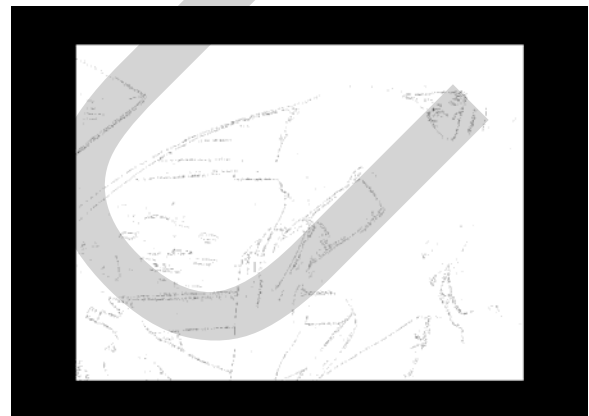
รูปที่ 4.2.1-3.2 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED
($\lambda = 0.5$ และ $\varepsilon = 0.5$)



รูปที่ 4.2.1-3.5 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED
($\lambda = 0.7$ และ $\varepsilon = 0.5$)



รูปที่ 4.2.1-3.3 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED
($\lambda = 0.5$ และ $\varepsilon = 2$)



รูปที่ 4.2.1-3.6 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED
($\lambda = 0.7$ และ $\varepsilon = 2$)

รูปที่ 4.2.1-3 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED

รูปที่ 4.2.1-3.1 $\lambda = 0.5$ และ $\varepsilon = 1$

รูปที่ 4.2.1-3.1 แสดง I_{CSA-ED} ซึ่งให้ขอบหลักจาก SE ของ I_{SA-ED} และขอบเพิ่มเติมจาก WE ของ I_{CA-ED} ด้วย $\lambda = 0.5$ หรือในสัดส่วนที่เท่ากันคือ 0.5: 0.5 โดย I_{SA-ED} และ I_{CA-ED} ไม่ได้มีการเพิ่มรายละเอียดของขอบเนื่องจาก $\varepsilon = 1$

รูปที่ 4.2.1-3.2 $\lambda = 0.5$ และ $\varepsilon = 0.5$

รูปที่ 4.2.1-3.2 แสดง I_{CSA-ED} ซึ่งให้ขอบหลักจาก SE ของ I_{SA-ED} และขอบเพิ่มเติมจาก WE ของ I_{CA-ED} ด้วย $\lambda = 0.5$ หรือในสัดส่วนที่เท่ากันคือ 0.5: 0.5 โดย I_{SA-ED} และ I_{CA-ED} มีการเพิ่มรายละเอียดของขอบโดยใช้ $\varepsilon = 0.5$ ซึ่งจะทำให้ขอบในส่วนรายละเอียดภาพเด่นชัดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 4.2.1-3.1

รูปที่ 4.2.1-3.3 $\lambda = 0.5$ และ $\varepsilon = 2$

รูปที่ 4.2.1-3.3 แสดง I_{CSA-ED} ซึ่งให้ขอบหลักจาก SE ของ I_{SA-ED} และขอบเพิ่มเติมจาก WE ของ I_{CA-ED} ด้วย $\lambda = 0.5$ หรือในสัดส่วนที่เท่ากันคือ 0.5: 0.5 โดย I_{SA-ED} และ I_{CA-ED} มีการลดรายละเอียดของขอบโดยใช้ $\varepsilon = 2$ ซึ่งจะทำให้ขอบในส่วนรายละเอียดภาพเด่นชัดลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 4.2.1-3.1

รูปที่ 4.2.1-3.4 $\lambda = 0.7$ และ $\varepsilon = 1$

รูปที่ 4.2.1-3.4 แสดง I_{CSA-ED} ซึ่งให้ขอบหลักจาก SE ของ I_{SA-ED} และขอบเพิ่มเติมจาก WE ของ I_{CA-ED} ด้วย $\lambda = 0.7$ หรือในสัดส่วน 0.7: 0.3 ส่งผลให้มีขอบหลักจาก SE เพิ่มขึ้นกว่าขอบเพิ่มเติมจาก WE โดย I_{SA-ED} และ I_{CA-ED} ไม่ได้มีการเพิ่มรายละเอียดของขอบเนื่องจาก $\varepsilon = 1$ เมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 4.2.1-3.1

รูปที่ 4.2.1-3.5 $\lambda = 0.7$ และ $\varepsilon = 0.5$

รูปที่ 4.2.1-3.5 แสดง I_{CSA-ED} ซึ่งให้ขอบหลักจาก SE ของ I_{SA-ED} และขอบเพิ่มเติมจาก WE ของ I_{CA-ED} ด้วย $\lambda = 0.7$ หรือในสัดส่วน 0.7: 0.3 ส่งผลให้มีขอบหลักจาก SE เพิ่มขึ้นกว่าขอบเพิ่มเติมจาก WE โดย I_{SA-ED} และ I_{CA-ED} มีการเพิ่มรายละเอียดของขอบโดยใช้ $\varepsilon = 0.5$ ซึ่งจะทำให้ขอบในส่วนรายละเอียดภาพเด่นชัดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 4.2.1-3.2

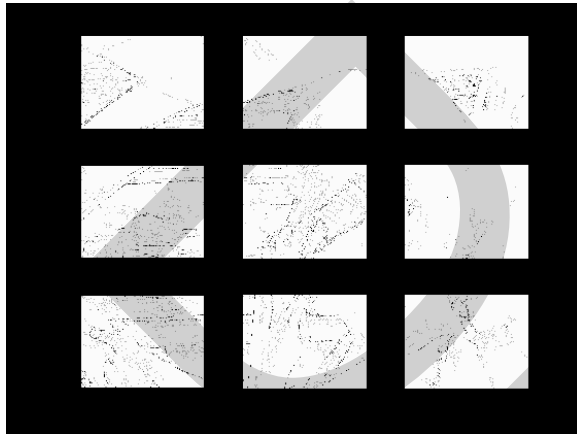
รูปที่ 4.2.1-3.6 $\lambda = 0.7$ และ $\varepsilon = 2$

รูปที่ 4.2.1-3.6 แสดง I_{CSA-ED} ซึ่งให้ขอบหลักจาก SE ของ I_{SA-ED} และขอบเพิ่มเติมจาก WE ของ I_{CA-ED} ด้วย $\lambda = 0.7$ หรือในสัดส่วน 0.7: 0.3 ส่งผลให้มีขอบหลักจาก SE เพิ่มขึ้นกว่าขอบ

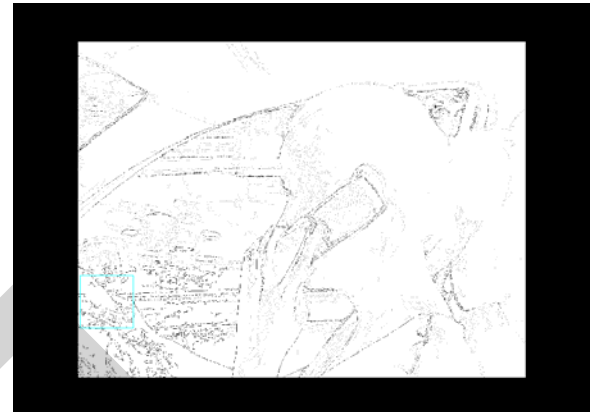
$$= 2$$

4) การทดลอง 4.1.1-4: CSA-ED แยกประกอบภาพ

ในการทดลอง 4.1.1-4 ใช้ CSA-ED สำหรับรูปที่ 4.1.1-1 จะได้ผลของขอบภาพดังแสดงในรูปที่ 4.2.1-4 ซึ่งจากสมการ (3.3.1-2) กำหนดให้ λ เท่ากับ 0.7 และ ε เท่ากับ 1 ตามลำดับ

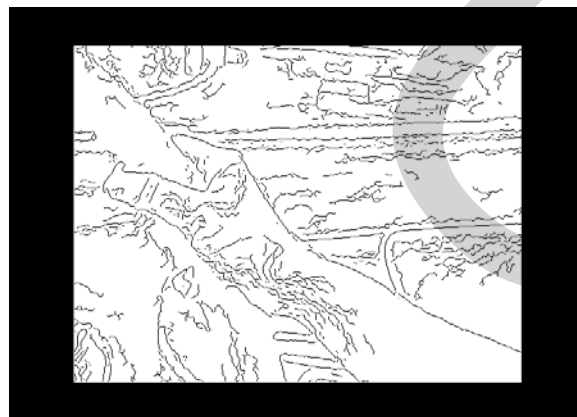


รูปที่ 4.2.1-4.1 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED เมื่อผ่านภาค
แยกภาพและภาคคุณลักษณะภาพ



รูปที่ 4.2.1-4.2 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED เมื่อผ่านภาค
ประกอบภาพ

$$(\lambda = 0.7 \quad \varepsilon = 1 \quad N = 9 \text{ และ } N_{\text{CA-ED}} = 1 (\lambda = 0 \quad \varepsilon = 1))$$



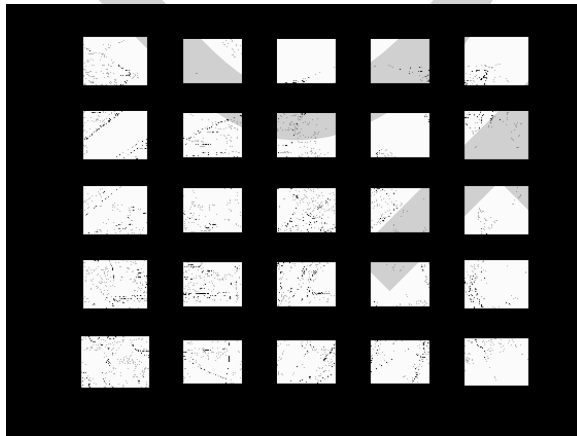
รูปที่ 4.2.1-4.3 ภาพขยายของขอบส่วนภาพที่ได้รับการปรับแต่ง

รูปที่ 4.2.1-4 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED เมื่อผ่านภาคแยกภาพ ภาคคุณลักษณะภาพ ภาคประกอบภาพ และภาพขยายของขอบส่วนภาพที่ได้รับการปรับแต่ง ($\lambda = 0.7 \quad \varepsilon = 1 \quad N = 9$ และ $N_{\text{CA-ED}} = 1 (\lambda = 0 \quad \varepsilon = 1)$)

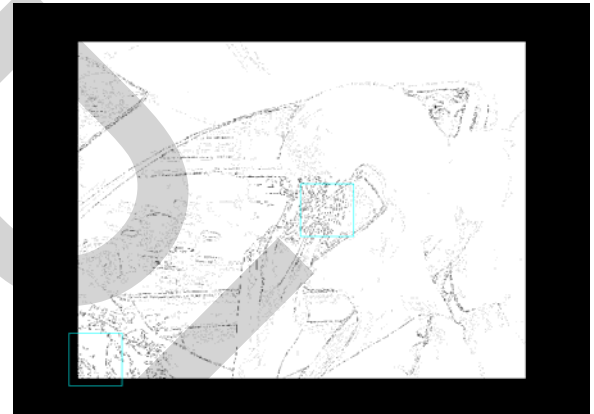
รูปที่ 4.2.1-4.1 แสดง I_{CSA-ED} ซึ่งให้ขอบหลักจาก SE ของ I_{SA-ED} และขอบเพิ่มเติมจาก WE ของ I_{CA-ED} ด้วย $\lambda = 0.7$ หรือในสัดส่วน 0.7: 0.3 ส่งผลให้มีขอบหลักจาก SE เพิ่มขึ้นกว่าขอบเพิ่มเติมจาก WE โดย I_{SA-ED} และ I_{CA-ED} ไม่ได้มีการเพิ่มรายละเอียดของขอบเนื่องจาก $\varepsilon = 1$ เมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 4.2.1-3.4 ($\lambda = 0.7$ และ $\varepsilon = 1$) ทั้งนี้ในรูปที่ 4.2.1-4.2 ยังมีการปรับแต่งขอบเพิ่มเติมด้วย WE ให้มีความเด่นชัดเพิ่มขึ้นดังแสดงด้วยกรอบสี่เหลี่ยมมุมล่างซ้ายของภาพ

ภาคแยกภาพใช้ส่วนภาพจำนวน 9 ส่วนภาพ ($N = 9$) ดังแสดงในรูปที่ 4.2.1-4.1 เมื่อทำการเพิ่มส่วนภาพที่ได้รับการปรับแต่ง 1 ส่วนภาพ ($N_{CA-ED} = 1$) บริเวณมุมล่างซ้ายของภาพที่ผ่านภาคแยกภาพแล้วผ่านภาคประกอบภาพสามารถแสดงดังรูปที่ 4.2.1-4.2 โดยส่วนภาพที่ได้รับการปรับแต่งและขยาย สามารถแสดงดังรูปที่ 4.2.1-4.3

รูปที่ 4.2.1-5 ($\lambda = 0.7$ $\varepsilon = 1$ $N = 25$ และ $N_{CA-ED} = 2$ ($\lambda = 0$ $\varepsilon = 1$))



รูปที่ 4.2.1-5.1 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED เมื่อผ่านภาคแยกภาพ



รูปที่ 4.2.1-5.2 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED เมื่อผ่านภาคประกอบภาพ

($\lambda = 0.7$ $\varepsilon = 1$ $N = 25$ และ
 $N_{CA-ED} = 2$ ($\lambda = 0$ $\varepsilon = 1$))

รูปที่ 4.2.1-5 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED

($\lambda = 0.7$ $\varepsilon = 1$ $N = 25$ และ $N_{CA-ED} = 2$ ($\lambda = 0$ $\varepsilon = 1$))

รูปที่ 4.2.1-5.1 แสดง I_{CSA-ED} ซึ่งใช้ 25 ส่วนภาพ ($N = 25$) ด้วยการเพิ่มส่วนภาพที่ได้รับการปรับแต่ง 2 ส่วนภาพ ($N_{CA-ED} = 2$) บริเวณมุมล่างซ้ายและตรงกลางของภาพที่ผ่านภาคแยกภาพ

รูปที่ 4.2.1-5.2 แสดง I_{CSA-ED} ซึ่งให้ขอบหลักจาก SE ของ I_{SA-ED} และขอบเพิ่มเติมจาก WE ของ I_{CA-ED} ด้วย $\lambda = 0.7$ หรือในสัดส่วน 0.7: 0.3 ส่งผลให้มีขอบหลักจาก SE เด่นชัดเพิ่มขึ้นกว่า

$$= 1$$

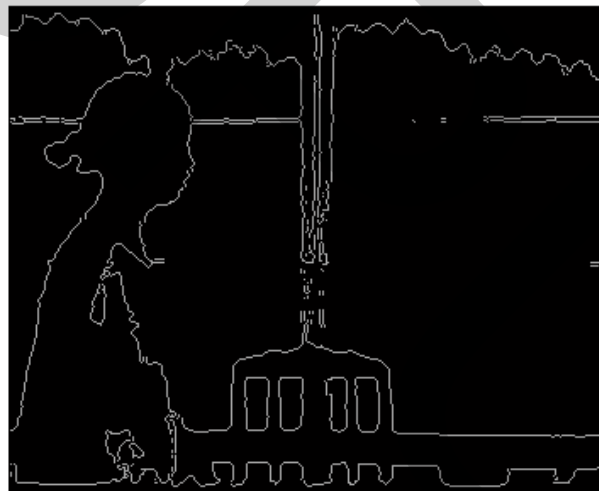
$$\lambda = 0.7 \quad \varepsilon = 1$$

$$N_{\text{CA-ED}} = 2$$

4.2.2 ECMOD

1) การหาขอบภาพ

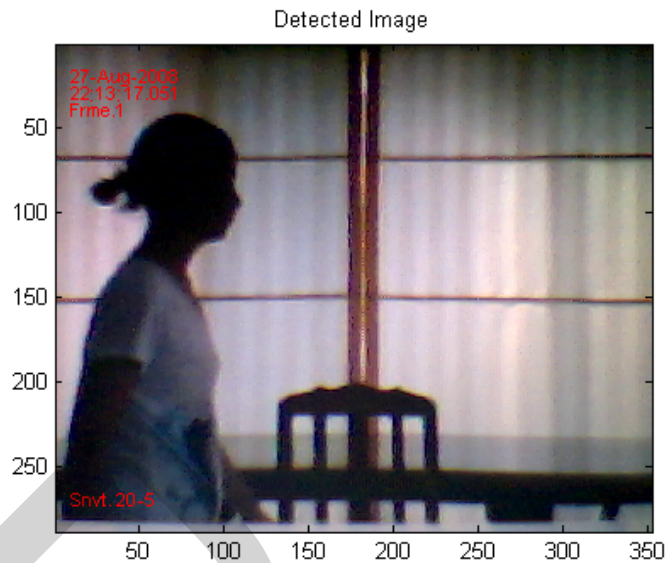
เมื่อทำการทดลองที่ 4.1.2-1 โดยใช้ CSA-ED สำหรับรูปที่ 4.2.1-1 ซึ่งเป็นภาพ “ทดสอบเคลื่อนที่” ที่มีขนาด 4 MP ด้วยกล้องตรวจจับที่ให้ภาพขนาด 288*352 จุดภาพ จะได้ขอบภาพดังแสดงในรูปที่ 4.2.2-1 ซึ่ง $I_{\text{CSA-ED}}$ ที่กำหนดให้ $\lambda = 0.9$ และ $\varepsilon = 4.0$ มีลักษณะเป็น SE และลดทอน WE รวมถึงจัดส่วนขอบขนาดเล็กออกจากภาพ



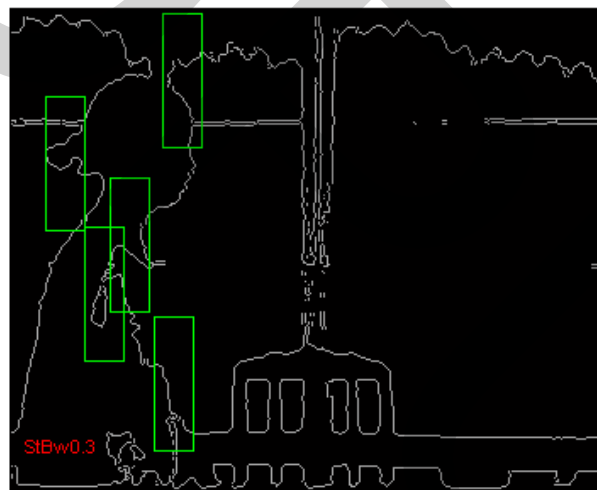
รูปที่ 4.2.2-1 ขอบภาพโดยใช้ CSA-ED

2) การหาจุดศูนย์กลางขอบ

การทดลองที่ 4.1.2-2 เป็นการหาจุดศูนย์กลางขอบ เริ่มจากการตรวจจับการเคลื่อนที่ของ DO ซึ่งคือผู้หญิง ดังแสดงในรูปที่ 4.2.2-2 โดยกำหนดให้ค่า SV เท่ากับ 20×10^{-5} ส่วนรูปที่ 4.2.2-3 แสดงจุดศูนย์กลางขอบและกรอบ



รูปที่ 4.2.2-2 การตรวจจับการเคลื่อนที่



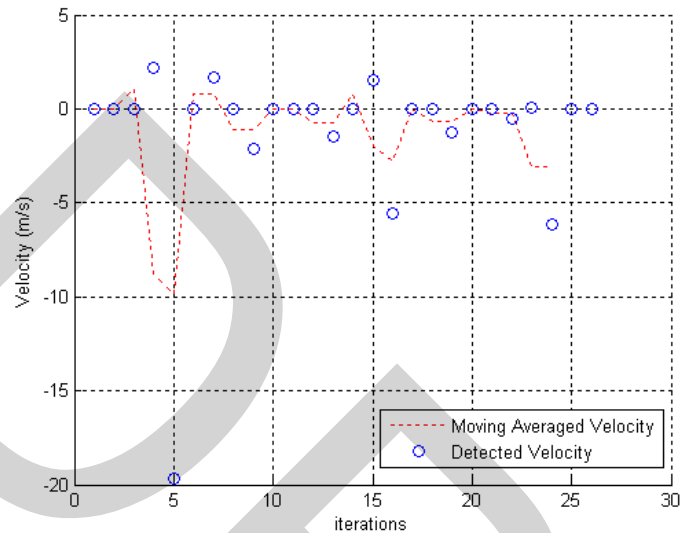
รูปที่ 4.2.2-3 การตรวจจับจุดศูนย์กลางขอบ

3) การหาความเร็ววัตถุเคลื่อนที่

การทดลองที่ 4.1.2-3 เป็นการหาความเร็ววัตถุเคลื่อนที่ดังแสดงในรูปที่ 4.1.2-2 (การเคลื่อนที่ของ DO (ผู้หญิง) ที่เคลื่อนที่ในระยะ 2.0 เมตร และมีทิศทางไปทางขวา หยุดหนึ่ง และไปทางซ้าย สลับไปมา) โดยรูปที่ 4.2.2-4 แสดงความเร็วของ DO ที่ตั้งค่า SV เท่ากับ 10×10^{-5} เนื่องจาก DO เคลื่อนที่ในระยะสั้นและต้องการความไวในการตรวจจับ

แกน x ของรูปที่ 4.2.2-4 แสดงรอบที่ (Iteration) ของการตรวจจับ ส่วนแกน y แสดงความเร็วของ DO ในหน่วย เมตร/วินาที (m/s) ซึ่งค่าบวกของความเร็วเป็นการเคลื่อนที่ไปด้านซ้ายของ DO ส่วนค่าลบของความเร็วเป็นการเคลื่อนที่ไปด้านขวาของ DO

สัญลักษณ์ 'O' แสดงค่าของ $E[V] * VR$ ของ DO ซึ่งค่า VR ได้จากการหาสัดส่วนของ DO และระยะทางที่ได้จากการตรวจจับกับระยะทางซึ่งเมื่อพิจารณาระยะห่างจากอุปกรณ์ตรวจจับกับ DO ประกอบรวม ในการทดลองนี้กำหนดให้ค่า VR เท่ากับ 0.588 ส่วนสัญลักษณ์ '--' แสดง $E[V] * VR$ ที่ใช้ค่า P เท่ากับ 2 เนื่องจาก DO เคลื่อนที่เวลาจริงในช่วงเวลาและระยะทางที่สั้น



รูปที่ 4.2.2-4 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของ DO

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลในส่วน CSA-ED และส่วน ECMOD สำหรับระบบ iAIDS สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

5.1.1 CSA-ED

สมการคุณลักษณะของ CSA-ED ที่ประกอบด้วยพารามิเตอร์ดัชนีการเรียนรู้ (λ) และดัชนีกำลัง (ϵ) มีผลต่อขอบเข้ (SE) และขอบ้าง (WE) ของภาพ รวมถึงการเน้นรายละเอียดของขอบตามลำดับ โดย λ ค่าสูงส่งผลให้มี SE มากกว่า SA-ED ในทางตรงกันข้ามหาก λ ค่าต่ำจะส่งผลให้มี WE จาก CA-ED ส่วน ϵ จะทำให้ภาพมีรายละเอียดของขอบน้อยกว่ากรณีที่ใช้ ϵ ค่าต่ำ

ในงานวิจัย CSA-ED สามารถกำหนดจำนวนส่วนภาพและส่วนภาพที่ต้องการเน้นได้ โดยหากมีการกำหนดส่วนภาพจำนวนมากจะส่งผลให้สามารถกำหนดบริเวณที่ต้องการเน้นขอบภาพได้เฉพาะมากขึ้นซึ่งจะมีผลต่อการประมวลผลลดลงสำหรับการตรวจจับขอบภาพโดยรวม

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าขั้นตอนวิธีที่นำเสนอทั้ง 3 ภาคได้แก่ ภาคแยกภาพ ภาคคุณลักษณะภาพ และภาคประกอบภาพ มีความยืดหยุ่นต่อการตรวจจับภาพ ยืดหยุ่นต่อการเน้นบริเวณขอบภาพ จากการใช้พารามิเตอร์ที่กำหนด

5.1.2 ECMOD

ECMOD ที่นำเสนอสามารถทำการตรวจจับขอบด้วย CSA-ED มาใช้ในการตรวจจับขอบโดยลด WE โดยยังคงเวลาในการประมวลผลให้สามารถตรวจจับขอบของ DO ที่เคลื่อนที่ในเวลาจริงได้

นอกจากนี้ใน ECMOD ยังได้เพิ่มส่วนการหาจุดศูนย์กลางขอบ และการหาความเร็วของ DO บนพื้นฐานระยะทางยูคลีเดียนที่มีการกำหนดความไวในการตรวจจับ DO ได้

ในการประมวลผลพบว่า $E[V]$ และ $\overline{E[V]}$ สามารถคำนวณได้จากสัญญาณภาพที่ตรวจจับได้ ส่วนค่า VR ต้องมีการพิจารณาขนาดของภาพที่ปรากฏจากอุปกรณ์ตรวจจับ ระยะเคลื่อนที่จริง และระยะห่างจากแนวการเคลื่อนที่กับอุปกรณ์ตรวจจับภาพเคลื่อนที่

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 CSA-ED

งานวิจัยในอนาคตในส่วน CSA-ED มุ่งเน้นในการใช้ CSA-ED เพื่อติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุด้วยการใช้ λ และ ϵ แบบปรับตัวตามระบบปัญญาประดิษฐ์ ตลอดจนการลดเวลาในการประมวลผล

5.2.2 ECMOD

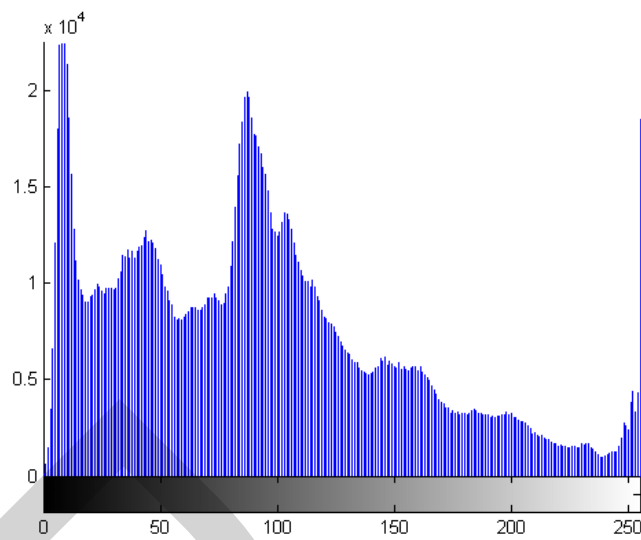
งานวิจัยในอนาคตในส่วน ECMOD มุ่งเน้นในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของลักษณะการเคลื่อนที่และความไวของการตรวจจับ รวมถึงการเคลื่อนที่ 3 มิติของ DO

5.2.3 การพิจารณาระดับดีและความถี่ในภาพ

เพื่อการพัฒนา CSA-ED และ ECMOD ในการลดเวลาการประมวลผลและลดความผิดพลาดในการตรวจจับ งานในอนาคตมีการพิจารณาการใช้ระดับดีและความถี่ ดังแสดงภาพตรวจจับและฮิสโตแกรม (Histogram) ของภาพด้วยรูปที่ 5.2.3-1 และ 5.2.3-2 ตามลำดับ



รูปที่ 5.2.3-1 “สนทนา & เคลื่อนที่” (แบบแผนสีเทา)



รูปที่ 5.2.3-2 ฮิสโตแกรม (Histogram) ของภาพ “สนทนา & เกล็ดอนท์” (x: ระดับสีเทา y: จุดภาพ)

บรรณานุกรม

- [โทร46] ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม. หลักสูตรบัณฑิตศึกษาด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มธป. 2546.
- [หอม48] บงการ หอมนาน และคณะ. โปรแกรมช่วยศึกษาและวิจัยสำหรับระบบวิศวกรรมการสื่อสาร. การประชุมวิศวกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 3. 2548.
- [หอม49] บงการ หอมนาน และคณะ. แบบจำลองการแพร่กระจายของคลื่นสำหรับเครือข่ายพื้นที่ท้องถิ่นไร้สาย IEEE 802.11b: กรณีศึกษา ณ อาคารวิศวกรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต. สุทธิปริทัศน์. (20. 60). หน้า 102 – 109. มกราคม – เมษายน 2549.
- [AzaUdeDil07] P. Azadi, A. Ude, T. Asfour, and R. Dillmann. Stereo-based Markerless Human Motion Capture for Humanoid Robot Systems. IEEE International Conference on Robotics and Automation. IEEE online. Apr. 2007.
- [BaoZhaXia05] P. Bao, L. Zhang, and X. Wu. Canny Edge Detection Enhancement by Scale Multiplication. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. (27. 9). pp. 1486 – 1490. Sep. 2005.
- [HerFuaPla00] L. Herda, P. Fua, R. Plankers, R. Boulic, and D. Thalmann. Skeleton-Based Motion Capture for Robust Reconstruction of Human Motion. IEEE Proceeding Computer Animation. pp. 77 – 83. 2000.
- [Hom05] B. Homnan et al. An Analysis of Novel Packet Duplicated Handoff Using Both Buffer Size and Advertisement Period Based on Mobility Velocity for Wireless Mobile Network. IEEE Vehicular Technology Conference. IEEE online. 2005.
- [KamLofYam00] S. E. El Kamy, M. Lofty, and N. E.-Yamany. A Modified Fuzzy Sobel Edge Detector. 17th National Radio Science Conference. pp. c32-1 – c32-9. Feb. 2000.
- [LiJin04] J. Li and X. Jing. Edge Detection Based on Decision-Level Information Fusion and Its Application in Hybrid Image Filtering. International Conference on Image Processing. pp. 251 – 254. 2004.
- [MarZhu03] J. W. Mark and W. Zhuang. Wireless Communications and Networking. Pearson Education. NJ. 2003.
- [PetBos99] M. Petrou and P. Bosdogianni. Image Processing: The Fundamentals. John Wiley & Sons Ltd. 1999.
- [Sad02] A. H. Sadka. Compressed Video Communications. John Wiley & Sons. 2002.
- [Wen05] W. Wenbin et al. Internet-based Telecontrol System for Wheeled Mobile Robot.

IEEE International Conference on Mechatronics & Automation, pp. 1151 – 1156.
2005.

[WuYinXio07] J. Wu, Z. Yin, and Y. Xiong. The Fast Multilevel Fuzzy Edge Detection of
Blurry Images. IEEE Signal Processing Letters, (14. 5). pp. 344 – 347. May. 2007.

[YamAiz07] T. Yamasaki and K. Aizawa. Content-Based Cross Search For Human Motion Data
Using Time-Varying Mesh and Motion Capture Data. IEEE International Conference
on Multimedia and Expo, pp. 2006 – 2009. 2007.

[Yos03] H. Yoshimoto et al. Vision-based Real-time Motion Capture Using Multiple Cameras.
IEEE Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems, pp.
247 – 251. 2003.