โครงการวิจัยย่อยลำดับที่ 20

เรื่อง การพัฒนาระบบติดตามภาพเคลื่อนไหวอัตโนมัติผ่านไอพี

1. ผู้รับผิดชอบโครงการ	รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย จิตะพันธ์กุล	หัวหน้าโครงการ
	นายธีรพงษ์ ประทุมศิริ	ผู้วิจัยร่วม
	นายณัฐ กาญจนศิริ	ผู้วิจัยร่วม

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบโทรทัศน์วงจรปิดให้มีความทันสมัยยิ่งขึ้น
2. เป็นการออกแบบโปรแกรมการเชื่อมต่อระบบโทรทัศน์วงจรปิดเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

3. ขอบเขตหรือเป้าหมายของโครงการ

1. ศึกษาวิธีการและคุณลักษณะของระบบวงจรปิด
2. ศึกษาการทำงานของกล้องวงจรปิดชนิดติดตาม
3. ศึกษาการทำงานของเครื่องบันทึกภาพชนิด Hard disk
4. นำภาพจากการบันทึกมาทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเพื่อการประมวลผล
5. ออกแบบโปรแกรมการประมวลผลภาพ
6. ทดสอบประสิทธิภาพจากโปรแกรมการประมวลผล

4. ผลิตผลและหรือความสัมฤทธิผลของงานที่ได้ดำเนินการไปแล้ว

4.1 การติดตั้งระบบวงจรปิดเพื่อประมวลสัญญาณภาพ

จากการศึกษาบทความทางวิชาการต่างๆ ค้นพบว่าการพัฒนาโปรแกรมในการตรวจจับและติดตามวัตถุจากภาพวิดีโอมีการทำกันอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาเพื่อใช้ในการบีบอัดภาพวิดีโอที่ใช้ในมาตรฐาน MPEG-4 หรือการแปลความภาพเพื่อใช้ในวัตถุประสงค์ต่างๆ เช่น การติดตามเซลล์ในทางการแพทย์ การประยุกต์ใช้ในการพัฒนาหุ่นยนต์ ห้องอัจฉริยะและแม้กระทั่งการนำไปใช้กับระบบรักษาความปลอดภัยและ surveillance system ก็ถูกกล่าวถึงในบทความบางฉบับเช่นกัน

โดยทั่วไปแล้วเทคนิคในการตรวจจับและติดตามวัตถุที่เคลื่อนที่จากภาพวิดีโอนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอนหลักๆ คือ การตรวจจับหรือแยกวัตถุที่สนใจออกมาก่อน หลังนั้นจึงทำการติดตามวัตถุนั้นโดยใช้ข้อมูลของเฟรมก่อนหน้าช่วยในการตัดสินใจ โดยในหัวข้อต่อไปนี้จะกล่าวถึงหลักการและเทคนิคหลักๆ องแต่ละขั้นตอนตามลำดับ

4.1.1 การตรวจจับวัตถุ (Object detection)

การตรวจจับวัตถุเป็นการหาวัตถุที่สนใจว่าอยู่ในตำแหน่งใดของภาพ โดยการระบุตำแหน่งของวัตถุนั้น แบ่งได้เป็น 3 แบบหลักๆ คือ

- แบบจุด อาจใช้จุดกึ่งกลางของวัตถุที่หาได้แทนตำแหน่งของวัตถุ การแทนตำแหน่งของวัตถุด้วยจุดๆเดียวนี้ไม่ต้องการโปรแกรมที่ซับซ้อนมาก ใช้ประโยชน์ในกรณีที่ไม่ต้องการข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุนั้นๆมาก เช่นขนาด รูปร่าง เป็นต้น

รูปที่ 1. การระบุตำแหน่งของวัตถุด้วยจุด

- <u>แบบรูปทรงเรขาคณิตแบบ</u> เป็นการระบุตำแหน่งวัตถุด้วยรูปทรง เช่น สี่เหลี่ยม หรือวงกลม เป็นต้น โดยการแทนวัตถุเช่นนี้จะทำให้เรารู้ข้อมูลเกี่ยวกับตัววัตถุมากขึ้น เช่น ขนาด ขอบเขตของวัตถุ โดยคร่าวๆ เป็นต้น ซึ่งล้วนขึ้นอยู่กับการเขียนโปรแกรม โดยตัวโปรแกรมก็จะมีความซับซ้อนมากขึ้น ดังจะกล่าวถึงในรายละเอียดต่อไป

- แบบรูปทรงของวัตถุเอง การระบุตำแหน่งของวัตถุด้วยรูปทรงของวัตถุนี้จะทำให้เราสามารถทราบข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุมากที่สุดทั้งรูปร่างและขนาด มีประโยชน์ในการแปลความหมายของภาพมากที่สุด ซึ่งจะนำไปใช้งานกับวัตถุประสงค์ต่างๆ ด้หลากหลายมากขึ้น

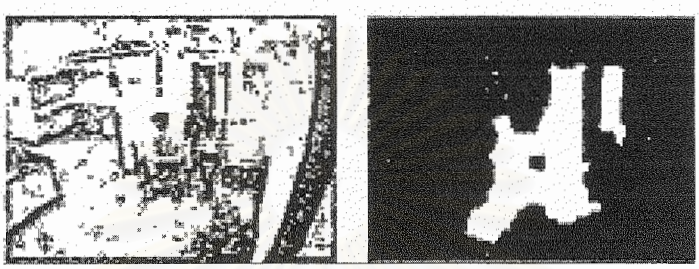
โดยเทคนิคในการตรวจจับวัตถุนั้นมีหลากหลายรูปแบบ โดยการเลือกใช้เทคนิคใดเทคนิคหนึ่งนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ข้อมูลที่เรารู้เกี่ยวกับตัววัตถุที่ต้องการหา ไม่ว่าจะเป็นสี ขนาด รูปร่าง ฯลฯ ข้อมูลของภาพที่จะนำมาประมวลผล เช่น คุณภาพของภาพ สัญญาณรบกวน รูปแบบการเก็บข้อมูล ลักษณะของฉากหลัง เป็นต้น ในที่นี้จะกล่าวถึงเทคนิคที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย และเป็นหลักการพื้นฐานในการพัฒนาโปรแกรมที่ซับซ้อนต่อไป แบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ ได้แก่

1. **Feature detection** การตรวจหาวัตถุโดยใช้เกณฑ์ต่างๆในการตรวจหา เช่น สี, ความเข้มแสง, ลักษณะพื้นผิว เป็นต้น

รูปที่ 2. การตรวจจับบริเวณใบหน้าโดยใช้สี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. **Background subtraction** เทคนิคนี้เป็นการใช้หลักการเปรียบเทียบพิกเซล (pixel) ของภาพที่ต้องการหาวัตถุ กับภาพที่ใช้อ้างอิง เนื่องจากเราต้องการหาวัตถุที่เคลื่อนไหว ดังนั้นส่วนที่เป็นฉากหลังจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงและระบุวัตถุด้วยการเปรียบเทียบว่าพิกเซลค่าไหนมีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากแบบจำลองที่เป็นฉากหลัง

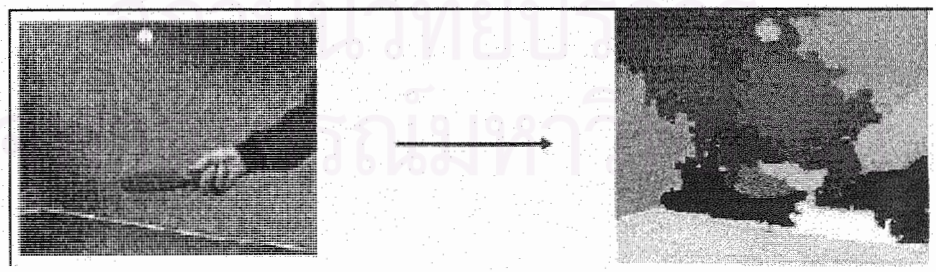


รูปที่ 3. Background subtraction

3. **Change detection** การตรวจจับความเปลี่ยนแปลง เป็นเทคนิคที่คล้ายกับ background subtraction ต่างกันตรงที่ภาพที่ใช้อ้างอิงนั้นไม่ใช่ภาพฉากหลังที่เก็บไว้ แต่เป็นภาพของเฟรมก่อนหน้า เนื่องจากเฟรมแต่ละเฟรมที่อยู่ติดกันจะมีส่วนของฉากหลังใกล้เคียงกันมากกว่า เช่น ในกรณีที่ความเข้มแสงโดยรวมทั้งภาพเปลี่ยนไป เป็นต้น ดังนั้นเทคนิคนี้จึงมีความยืดหยุ่นมากกว่า

4. Segmentation

□Region-based segmentation เป็นการแบ่งภาพออกเป็นหลายๆบริเวณ โดยเลือกเอาบริเวณที่ค่าภายในพิกเซล (สี, ความเข้มแสง) มีค่าใกล้เคียงกัน เป็นบริเวณเดียวกัน สามารถทำได้หลายวิธีการ วิธีนี้จะมีข้อดีตรงที่ ง่ายและเร็ว แต่ก็มีข้อเสีย คือ อาจเกิดการ over segmentation และ seed dependent



รูปที่4. การเกิด over segmentation จาก region-based segmentation

Edge-based segmentation เป็นการแบ่งภาพโดยใช้ขอบเป็นเกณฑ์ ในการหาขอบเหล่านี้สามารถทำได้โดยอาศัยหลักการง่ายๆ คือ บริเวณที่เป็นขอบภายในรูปภาพ คือ บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าของพิกเซลไปมากในทันทีทันใด ดังนั้นเราสามารถหาขอบของภาพได้ด้วยการหาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง หรือหาเกรเดียนท์นั่นเอง เทคนิคในการหาขอบของภาพที่เป็นที่นิยม และ ถือว่าประสบความสำเร็จมากเช่น วิธี canny เป็นการหาขอบของวัตถุโดยนำภาพไปทำ Gaussian convolution เพื่อทำให้ภาพเรียบขึ้น หลังจากนั้นจึงหาเกรเดียนท์ แล้วติดตาม (track) เกรเดียนท์ที่มีค่าสูงที่สุดเทียบกับบริเวณใกล้เคียง แล้วกำหนดให้พิกเซลที่ไม่ใช่จุดสูงสุดเป็นศูนย์ เรียกว่า non-maximal suppression โดยการ track จะใช้ค่า threshold 2 ค่า (T1, T2 ;T1>T2) เป็นเกณฑ์ โดยจะเริ่มที่ T1 แล้ว track ไปเรื่อยๆตามเส้นขอบจนกระทั่งค่าที่พบต่ำกว่าT2 จึงหยุด วิธีการเช่นนี้ทำให้ได้เส้นขอบที่เรียบและไม่แตกออกเป็นหลายเส้นเนื่องจาก noise ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จึงขึ้นอยู่กับการ เลือก Gaussian mask ,upper threshold (T1), lower threshold (T2) [9]

ก.)

ข.)

รูปที่ 5ก.) ภาพที่จะนำมาหาขอบ 5ข.) ภาพที่หาขอบแล้วด้วย canny โดยใช้ค่าขีดบนเท่ากับ 128 และค่าขีดล่างเท่ากับ 1
และใช้ Gaussian mask ที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.0

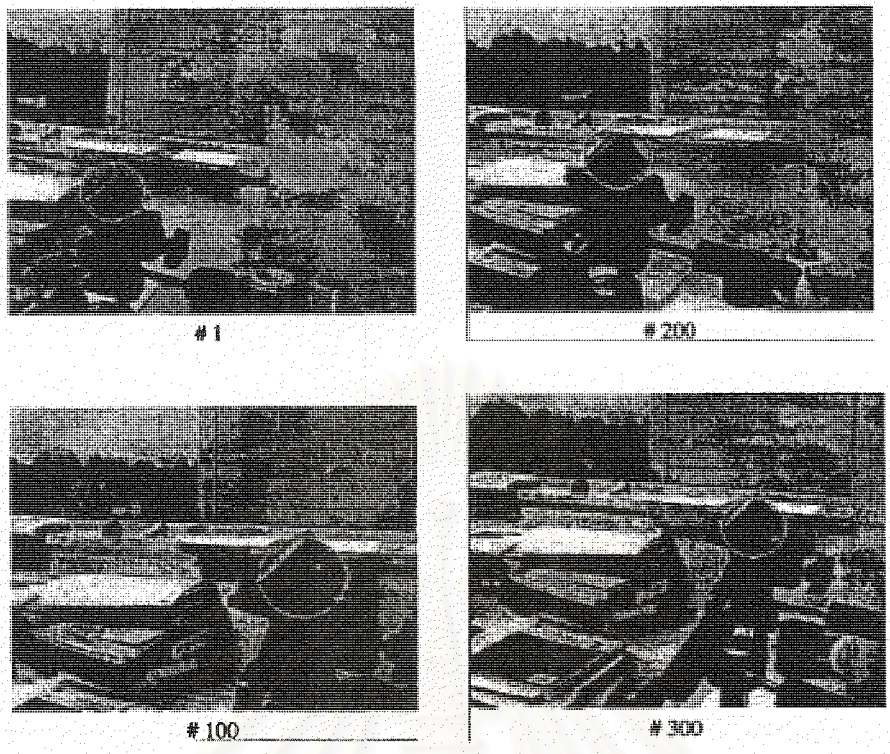
4.1.2 การติดตามวัตถุ (Object tracking)

หลังจากที่เราได้ตรวจหาวัตถุแล้ว ต่อไปก็จะเป็นการติดตามวัตถุ ซึ่งก็คือการตรวจพบว่าวัตถุได้ย้ายไปอยู่ตรงไหนในเฟรมถัดไปทั้งยังสามารถรู้ทิศทางในการเคลื่อนที่ไปอีกด้วย ขั้นตอนนี้มีวิธีในการทำที่หลากหลายมาก ซึ่งส่วนใหญ่แล้วก็จะอาศัยประโยชน์จากเฟรมก่อนหน้าที่เราได้ทำการตรวจจับวัตถุมาแล้วในการทำนายตำแหน่งที่วัตถุน่าจะอยู่ในเฟรมถัดไป หรือมีการประมาณการเคลื่อนที่ (motion estimation) ซึ่งก็คือการหาทิศทางที่วัตถุน่าจะเคลื่อนที่ไปโดยอาศัยข้อมูลจากการเคลื่อนที่ของวัตถุจากเฟรมก่อนๆ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการลดบริเวณที่ต้องมีการตรวจหา(search area) ลง เพราะจะเป็นการประหยัดเวลาในการคำนวณไปได้มาก หรืออาจมีการกำหนดรูปร่างหรือหน้าตาของวัตถุไว้แล้ว(โดยเทียบจากเฟรมก่อนหน้า)

วิธีนี้ก็จะเป็นการลดเวลาในการตรวจหาเช่นกันเนื่องจากเรามีแบบอ้างอิงในการหาทำให้ไม่ต้องตรวจหาอย่างละเอียดเป็นพิกเซล นอกจากประโยชน์ทางด้านการประหยัดเวลาแล้ว การติดตามวัตถุยังช่วยให้การตรวจหามีความผิดพลาดน้อยลง เนื่องจากการอาศัยความต่อเนื่องของการเคลื่อนที่ของวัตถุทำให้ไม่เกิดการตรวจจับผิดพลาดในบริเวณอื่นที่ไม่น่าจะมีวัตถุอยู่

1. Correspondence-based : จะต้องมีการทำตรวจหาวัตถุทุกๆเฟรมแล้วนำวัตถุที่ตรวจจับได้มาทำการเปรียบเทียบกับเฟรมก่อนหน้าว่าตำแหน่งนี้ควรจะมีวัตถุอยู่หรือไม่ เช่น การใช้การทำนายด้วย linear motion model ร่วมกับ ข้อมูลภายในบริเวณของวัตถุจากเฟรมก่อนหน้า เช่น ความสว่าง, สี, รูปร่าง เป็นต้น วิธีนี้จะกำหนดวัตถุเป็นจุดศูนย์กลางของวัตถุ

2. Transformation-based : วิธีนี้จะทำการติดตามวัตถุโดยการหาการเปลี่ยนแปลง (transformation) ของวัตถุ ทั้งการเลื่อนที่ การเปลี่ยนแปลงขนาด รวมไปถึงการหมุนอีกด้วย ในขั้นตอนแรกวิธีนี้หลังจากที่ตรวจจับวัตถุได้มาแล้วจะกำหนดวัตถุไว้เป็นรูปร่างแบบแบน(2มิติ) เช่น สี่เหลี่ยม, วงกลม เป็นต้น หลังจากนั้นจึงทำการค้นหาวัตถุในเฟรมถัดไป วิธีนี้เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากวิธีหนึ่งเรียกว่า 'template matching หรือ block matching' เพียงแต่การตรวจหาวัตถุให้ได้อย่างแม่นยำนั้นต้องคำนึงถึงการที่วัตถุอาจมีการเปลี่ยนแปลงขนาด(scale) หรือมีการหมุน(rotation)ได้ วิธีหนึ่งที่ใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพ คือ M.R. Dobie and P. H. Lewis การใช้ hough transform เป็นการเก็บข้อมูลของวัตถุเป็นชุดของเวคเตอร์ระหว่างจุด feature point ซึ่งมักเป็นจุดตรงขอบ กับ จุดอ้างอิง ดังนั้น และทำการปรับเปลี่ยนเวกเตอร์เหล่านี้ เช่น หมุน หรือเปลี่ยนขนาด แต่วิธีการทำเช่นนี้นั้นต้องการคำนวณที่ซับซ้อน และ ต้องการหน่วยความจำเพิ่มขึ้นมาก แต่ก็สามารถใช้การประมาณการเคลื่อนที่ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นเข้ามาช่วยลดบริเวณที่ต้องทำการตรวจหาวัตถุลงได้ อย่างไรก็ตามวิธีการติดตามวิธีนี้นั้นไวต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับแสงมาก เราสามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีการ เช่น M.R. Dobie and P. H. Lewis การหาขอบภายใน template ก่อน แล้วใช้เป็นตัวเปรียบเทียบแทน หรือ อีกวิธีหนึ่งที่มีการใช้กันมาก คือการใช้ mean-shift tracker โดยข้อมูลในแต่ละพิกเซลของวัตถุจะถูกให้ค่าน้ำหนักโดยใช้ weighted kernel density estimation เป็นการให้ค่าน้ำหนักโดยเทียบกับระยะห่างจากจุด centroid ของวัตถุ และทำการหาวัตถุจาก model นี้ด้วยการวนซ้ำ (iterative) จนได้ค่าที่ใกล้เคียงที่สุด

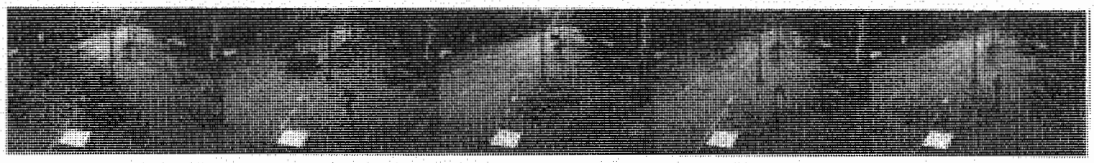


รูปที่ 6. การติดตามวัตถุโดยการหาการเปลี่ยนแปลงไป (transformation) ของวัตถุ

Contour- based : เป็นการติดตามโดยวัตถุโดยการใช้เส้นรอบรูป (Contour) เป็นตัวบ่งบอกวัตถุโดยการติดตามโดยใช้ Contour ของวัตถุนั้น เกิดจากหลักที่ว่าการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้นเกิดจากการเคลื่อนที่ของแต่ละพิกเซลในการสร้างเส้นรอบรูป(Contour) นั้นทำได้โดยการ minimize energy ในปัจจุบันมีอยู่ 2 แนวทาง คือ

- Motion based energy functional : เป็นการใช้ Optical flow โดยการกำหนดเส้นรอบรูป (Contour) ของวัตถุ
- Segmentation base energy functional : เป็นการแบ่งส่วนของภาพกับส่วนของวัตถุกับส่วนของฉากหลัง โดยอ้างอิงจากการสังเกตที่มีมาก่อนหน้า

จากบทความของ Alper Yilmaz, Xin Li,and Mubarak Shah [1] ได้เสนอวิธีการหา band รอบ วัตถุเป็นตัวบ่งบอกว่ามี contour อยู่ band นี้จะเป็นบริเวณที่ส่วนของ background กับ object มาชนกัน โดย band ที่ได้นี้จะได้มาจากการหาความน่าจะเป็นที่จะพบ boundary ของวัตถุ โดย อาศัยข้อมูลจากเฟรมก่อนหน้า band ที่ได้นี้จะกินบริเวณประมาณหนึ่ง แล้วเราจึงหา object contour ภายในบริเวณนี้อีกครั้งหนึ่ง

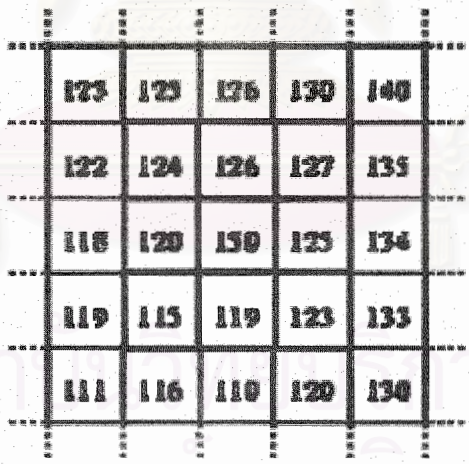


รูปที่ 7. การติดตามวัตถุโดยใช้เส้นรอบรูป (contour)

เมื่อเราสามารถที่จะรู้ได้ว่าวัตถุจากเฟรมนี้ได้เคลื่อนที่ไปอยู่บริเวณไหนของเฟรมถัดไปแล้ว เราก็จะสามารถหา motion vector หรือเวกเตอร์ที่ใช้ในการบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ซึ่งเราสามารถนำข้อมูลนี้มาใช้ให้เป็นประโยชน์ได้ เช่น ใช้ในการกำหนดทิศทางที่กล้องควรจะหมุนไป เป็นต้น

4.2 เทคนิคและวิธีการที่เลือกใช้

4.2.1. Median filter Median filter เป็น filter ชนิดหนึ่งที่ใช้ปรับปรุงภาพ เช่นเดียวกับ Mean filter , median filter จะพิจารณาค่าของแต่ละพิกเซล โดยอาศัยพิกเซลที่อยู่รอบๆ พื่อช่วยในการตัดสินใจว่าค่าในพิกเซลเป็นค่าที่เหมาะสมหรือไม่ หรือเป็นตัวแทนที่ดีเมื่อเทียบกับพิกเซลแวดล้อมหรือไม่ แล้วจึงแทนที่ค่าของพิกเซลนั้นด้วยค่ามัธยฐานของ พิกเซลแวดล้อมรวมทั้งพิกเซลนั้นเองด้วย ดังตัวอย่าง



รูปที่ 8. รูปแทนพิกเซลของรูปภาพและค่าภายในแต่ละพิกเซล

ในตัวอย่างนี้ใช้ Meridian filter ที่มีขนาดของหน้าต่างขนาด 3 x 3 พิกเซล
ค่าพิกเซลแวดล้อมทั้งหมด ได้แก่ 115, 119, 120, 123, 124, 125, 126, 127, 150 ค่ามัธยฐาน คือ 124 ดังนั้นเราจะแทนค่าในพิกเซลกลางเป็น 4 แทนท่า 150 เดิม

ดังจะเห็นได้จากในรูปว่าค่าของพิกเซลกลางคือ 150 ซึ่งมีค่าแตกต่างไปจากพิกเซลแวดล้อมมากจึงถือได้ว่าเป็นตัวแทนที่ไม่ดี

การที่ Median filter ใช้วิธีการคำนวณหามัธยฐานของพิกเซลแวดล้อมนั้น มีข้อดีหลักๆ 2 อย่าง คือ

- การหามัธยฐาน(median) นั้นเป็นการหาค่ากลางที่ทนต่อสิ่งแปลกปลอมได้ดีกว่าการหาเฉลี่ย นั่นคือ พิกเซลเดี่ยวที่ผิดไปจากพิกเซลแวดล้อมจะไม่มีผลกระทบต่อพิกเซลอื่นๆ
- จากการที่นำค่ามาแทนที่ มาจากค่าหนึ่งค่าใดของพิกเซลแวดล้อมจึงไม่มีการสร้างค่าขึ้นมาใหม่ จึงสามารถรักษาข้อมูลรายละเอียดส่วนที่เป็นขอบภายในภาพนั้นๆไว้ได้ดี

จากการพิจารณาลักษณะการทำงานและข้อดีของ median filter สามารถบอกได้ว่า merdian filter เหมาะกับการนำไปใช้ขจัดสัญญาณรบกวน ในลักษณะที่ค่าของพิกเซลเดี่ยวโดดๆมีค่าผิดไปจากรอบมากๆ หรือที่เรียกว่า “salt and peper noise” ดังแสดงในตัวอย่าง

รูปที่ 9. ภาพที่ถูกใส่สัญญาณรบกวนแบบ ‘salt and peper noise’

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 10. ภาพที่ผ่านการกรองสัญญาณรบกวน'salt and peper noise'ด้วยตัวกรอง median filter แล้ว

อย่างไรก็ตาม การใช้ median filter ไม่เหมาะในการขจัดสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน (Gaussian noise) ที่มีปริมาณมากๆ และการใช้ median filter ที่มีขนาดหน้าต่างใหญ่มากๆก็จะทำให้เกิดการ smoothing มากเกินไป

ข้อเสียของ median filter ก็คือ ใช้การคำนวณที่ซับซ้อน(computer expensive)เนื่องจากการหาค่ามัธยฐานต้องนำค่าพิกเซลแวดล้อมทุกค่ามาเรียงลำดับ ซึ่งต้องใช้เวลาในการคำนวนพอสมควรและเวลาที่ใช้นี้จะแปรผันตามขนาดของหน้าต่างที่ใช้เนื่องจากขนาดยิ่งใหญ่ข้อมูลที่ต้องนำมาจัดเรียงยิ่งมีจำนวนมากขึ้น[9]

4.2.2. Morphological operations

การทำ morphological operations มักนำไปใช้ในการแบ่งส่วนภาพ(Image segmentation) เพื่อหาบริเวณ ที่แสดงตัววัตถุหรือบางส่วนของวัตถุที่สนใจ โดย morphology นั้นจะคำนึงถึงโครงสร้างหรือรูปร่างของวัตถุ การ ทำงานโดยทั่วไปของ morphological operator ได้แก่ การเติมช่องโหว่ในวัตถุ แยกวัตถุที่มีการทับซ้อนกันออกจากกัน เชื่อมอาณาบริเวณของวัตถุที่ขาดออกให้ต่อกัน โดยการทำ morphological operationsเหล่านี้

จะไม่มี ความหมายเลย หากไม่มีการกำหนด structuring element ที่จะใช้เสียก่อน โดยจะกล่าวถึงในรายละเอียดต่อไป

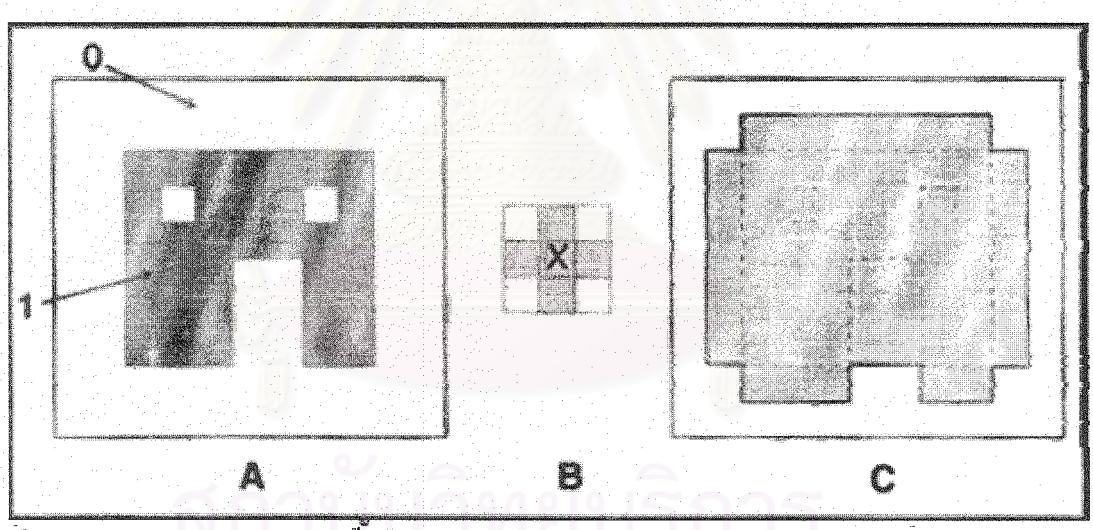
Operation หลัก 2 อย่างของ morphology ได้แก่ dilation (การขยาย, ยืดออก) กับ erosion (การหดเข้า) dilation ทำให้วัตถุขยายออก ช่วยในการเติมช่องโหว่ของวัตถุ และเชื่อมต่อวัตถุที่ขาดจากกัน ส่วน erosion ทำให้วัตถุหดลง โดยกัดกร่อน (etch) ขอบของวัตถุออก operations เหล่านี้สามารถปรับเปลี่ยนให้ตรงกับเป้าหมายใน การใช้งานได้โดยเลือก structuring element ที่เหมาะสม ซึ่งเป็นตัวกำหนดลักษณะการขยายหรือหดของวัตถุ

กระบวนการ dilation ทำโดยการนำ structuring element ไปวางทาบพิกเซลทุกพิกเซลของภาพโดยเลื่อนไปทีละพิกเซลแล้วพิจารณาตามลำดับดังนี้

1. ถ้าจุดกำเนิดของ structuring element อยู่ตรงกับพิกเซลของภาพที่มีค่า '0' ให้เลื่อนไปพิกเซลถัดไป โดยไม่ต้องทำอะไร

2. ถ้าจุดกำเนิดของ structuring element อยู่ตรงกับพิกเซลของภาพที่มีค่า '1' จะนำพิกเซลแต่ละพิกเซลบนภาพ ที่ถูก structuring element วางทาบอยู่มาทำการ OR กับ structuring element

ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.4 การทำ dilation พิกเซลของภาพดั้งเดิมที่ค่าเป็น '1' ทุกพิกเซลจะยังคงอยู่ ขอบเขตของวัตถุจะถูกขยายออกไป และช่องโหว่เล็กๆ จะถูกเติมให้เต็ม



รูปที่ 11. การทำ Dilation A) ภาพดั้งเดิม B) Structural element โดยมีจุดกำเนิดอยู่ที่ x C) ภาพหลังจากการ dilation

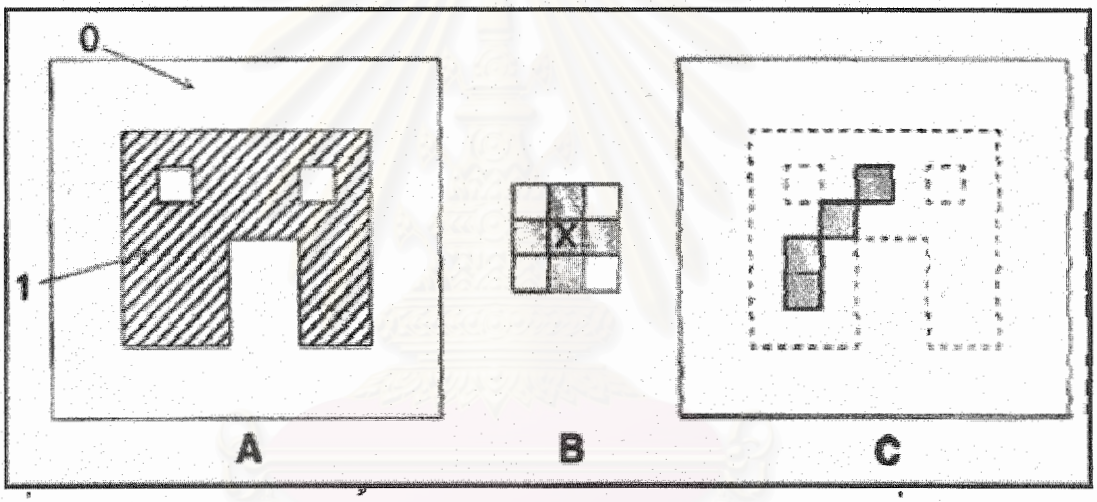
(ส่วนที่เป็นเส้นประแทนภาพเดิม)

ส่วนกระบวนการ erosion นั้นจะคล้ายคลึงกับกระบวนการทำ dilation แต่แทนที่จะเปลี่ยนค่าของพิกเซลให้เป็น '1' กลับการเปลี่ยนเป็น '0' แทนและเช่นเดียวกับขั้นตอนข้างต้น เราจะเลื่อน structuring element ไปทั่วภาพแล้วพิจารณาตามลำดับ

1. ถ้าจุดกำเนิดของ structuring element อยู่ตรงกับพิกเซลของภาพที่มีค่า '0' ให้เลื่อนพิกเซลถัดไปโดยไม่ต้องทำอะไร

2. ถ้าจุดกำเนิดของ structuring element อยู่ตรงกับพิกเซลของภาพที่มีค่า '1' และถ้าเมื่อทาบ structuring element ลงบนจุดนั้นแล้วมีพิกเซลใดพิกเซลหนึ่งยื่นออกไปนอกวัตถุ (พิกเซลที่มีค่าเป็น '1') ให้เปลี่ยนค่า '1' ของพิกเซลที่อยู่ตรงกับจุดกำเนิดของ structuring element แล้วพิกเซลของ structuring element นั้นให้เป็น '0'

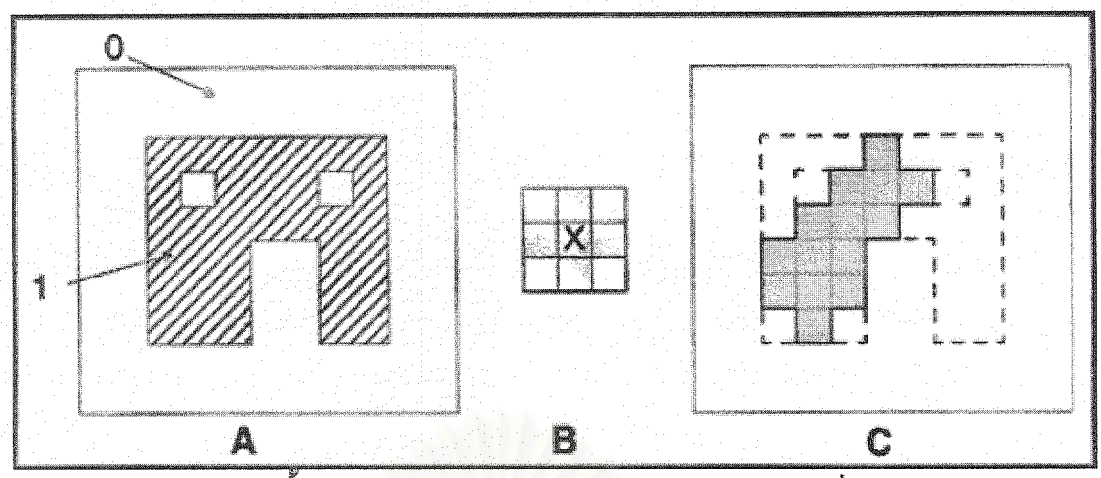
ในรูปที่ 12. พิกเซลที่ยังหลงเหลืออยู่คือพิกเซลที่เมื่อวางตรงกับจุดกำเนิดของ structuring element มีขนาดกว้าง 3 พิกเซล ขาของวัตถุที่กว้าง 2 พิกเซลจึงถูกกัดกร่อนไปหมดในขณะที่ตรงกลางบางส่วนของขาที่กว้าง 3 พิกเซลยังหลงเหลืออยู่



รูปที่ 12. การทำ erosion A) ภาพดั้งเดิม B) Structural element โดยมีจุดกำเนิดอยู่ที่ x
C) ภาพหลังจากการ erosion (ส่วนที่เป็นเส้นประแทนภาพเดิม)

ตัวปฏิบัติการพื้นฐาน 2 อย่างนี้ (dilation, erosion) สามารถนำมาใช้ร่วมกันเพื่อให้ได้ฟังก์ชั่นการทำงานที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น ฟังก์ชั่นที่มีประโยชน์มากฟังก์ชั่นหนึ่ง คือ opening และ closing

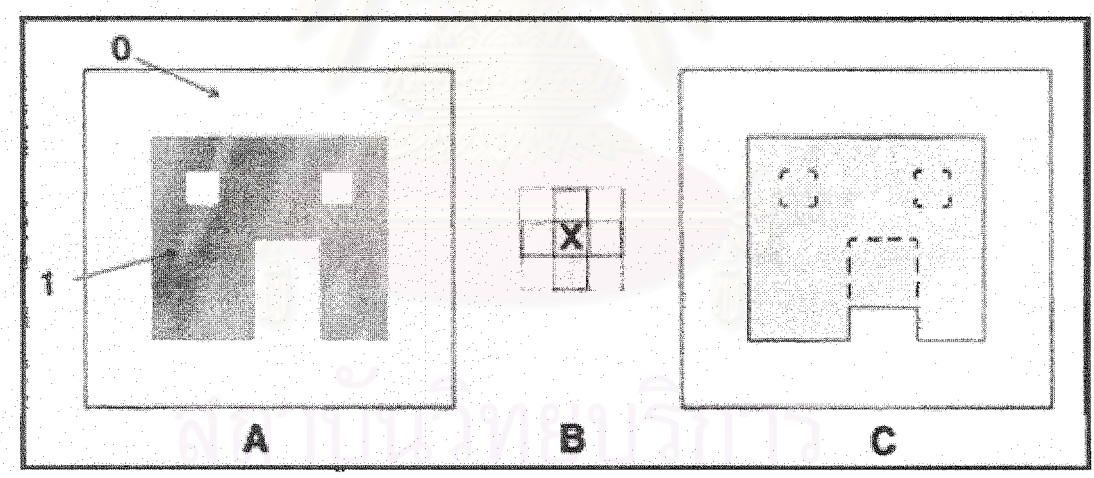
Opening เกิดจากการทำ erosion ตามด้วย dilation ใช้ในการกำจัดพิกเซลในบริเวณที่เล็กเกินกว่าที่จะใส่ structuring element ลงไปได้หรือใช้ structuring element กำจัดวัตถุขนาดเล็กออกไปจากภาพนั่นเอง



รูปที่ 13. การทำ Opening: A) ภาพดั้งเดิม B) Structural element โดยมีจุดกำเนิดอยู่ที่ x C) ภาพหลังจากการ opening;

การทำ erosion ตามด้วย dilation ๖ส่วนที่เป็นเส้นประแทนภาพเดิม)

Closing เกิดจาการทำ dilation แล้วตามด้วย erosion ใช้ในการเติมช่องโหว่หรือช่องว่างเล็กๆและเมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทำ opening (รูปที่ 12 และ closing รูปที่ 13) แล้วจะสังเกตเห็นได้ว่าลำดับในการใช้ dilation และ erosion นั้นมีความสำคัญ เพราะผลที่ได้จากการทำ opening และ closing นั้นออกมาต่างกันถึงแม้จะประกอบด้วย dilation และ erosion ทั้งคู่ก็ตาม [10]



รูปที่ 14. การทำ closing: A) ภาพดั้งเดิม B) Structural element โดยมีจุดกำเนิดอยู่ที่ x C) ภาพหลังจาการ

closing; การทำ dilation ตามด้วยerosion (ส่วนที่เป็นเส้นประแทนภาพเดิม)

4.3 Algorithm

Algorithmที่ได้ทดลองนำมาใช้ในการตรวจจับและติดตามวัตถุในโครงงานนี้ เริ่มจากการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงแต่ละพิกเซลในภาพ (Change detection) โดยเปรียบเทียบระหว่างพิกเซลของภาพปัจจุบันและภาพก่อนหน้า ทำได้โดยการนำค่าที่แทนค่าความสว่างของภาพ (luminance) ของภาพปัจจุบัน $I_{n+1}(x,y)$ มาลบกับค่าของภาพก่อนหน้า $I_n(x,y)$ หลังจากนั้นจึงนำค่าที่ได้มาทำเป็นค่าสัมบูรณ์ เพื่อทำให้ค่าที่ได้ไม่เป็นค่าลบ ดังสมการ

$$D(x,y) = |I_n(x,y) - I_{n-1}(x,y)| \qquad (1.1)$$

$$; \forall(x,y) \in [1,N] \times [1,M]$$

โดย N คือ จำนวนหลัก (column) ของภาพ

M คือ จำนวนแถว (row) ของภาพ

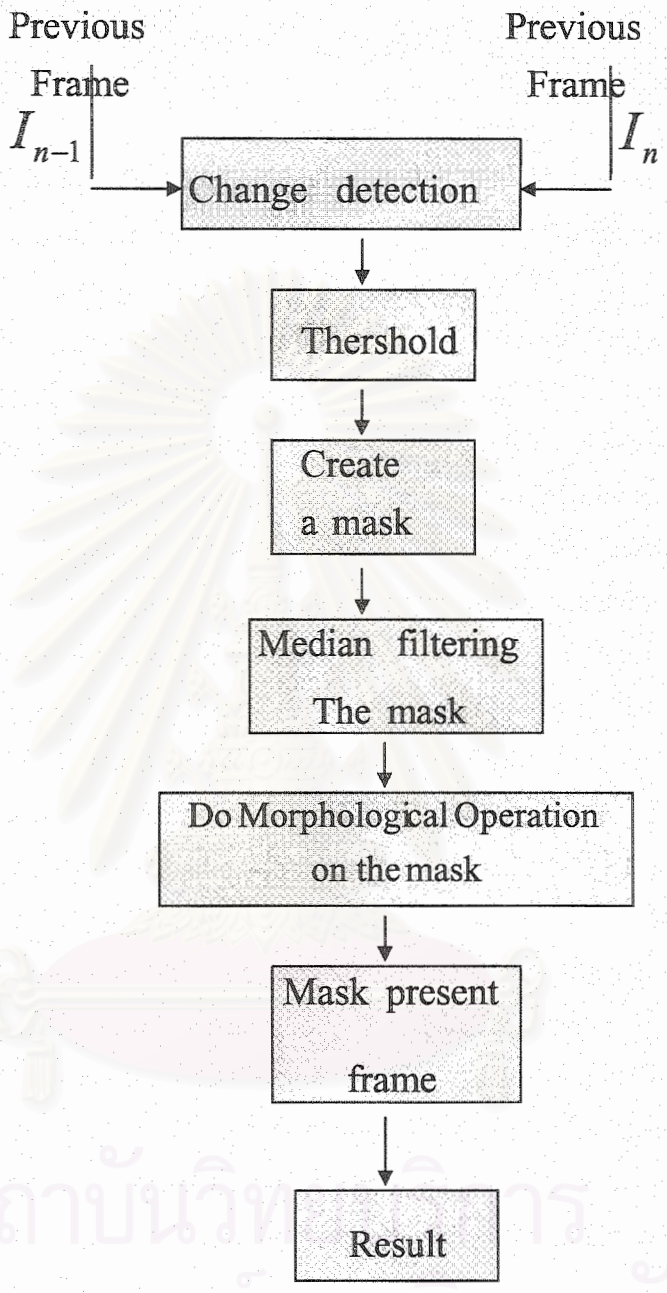
การตรวจหาความเปลี่ยนแปลงของค่าภายในพิกเซลหรือ Change detection นั้น จะหาองค์ประกอบแสง(องค์ประกอบที่แสดงค่าความสว่างของภาพในรูปแบบการเก็บภาพแบบ YUV โดย Y เป็นส่วนที่ใช้เก็บองค์ประกอบแสง และ U,V เป็นองค์ประกอบสี) เนื่องจากเป็นองค์ประกอบที่เก็บรูปร่างหน้าตาและรายละเอียดของรูปภาพ หรือมีลักษณะเป็น grayscale ของภาพนั่นเอง และเนื่องจากส่วนที่ทำให้ภาพคมชัดคือองค์ประกอบ Y องค์ประกอบ U,V จึงเก็บข้อมูลเพียงครึ่งหนึ่งขององค์ประกอบ Y เท่านั้น เพราะไม่ทำให้ภาพที่ออกมาเพี้ยนไปจากเดิมในขอบเขตการรับรู้ได้ด้วยสายตาของมนุษย์

อย่างไรก็ตาม การทำ Change detection นั้นยังไม่สามารถนำไปใช้ได้ทันที เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยก็ถือว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงแล้ว การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากสัญญาณรบกวนนั้นจึงถูกรบกวนเข้าไปด้วย

ขั้นตอนต่อไปจึงมีการใส่ค่าขีดจำกัด (threshold) เพื่อเป็นการแยกแยะส่วนที่เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุกับส่วนที่เป็นสัญญาณรบกวน (background noise) อาศัยการสังเกตที่ว่าการเคลื่อนที่ของวัตถุที่แท้จริงย่อมเกิดความเปลี่ยนแปลงมากกว่าโดยค่า threshold นี้หามาจากค่าเฉลี่ยโดยรวมของการเปลี่ยนแปลงของแต่ละเฟรม สังเกตได้จากกราฟที่แสดงค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเฟรมรวมทั้งการลองผิดลองถูกอีกจำนวนหนึ่งแล้วพิจารณานำค่าที่เหมาะสมมาใช้ ดังสมการ

$$B(x,y) = \begin{cases} 0, D(x,y) < \text{threshold} \\ 1, D(x,y) \geq \text{threshold} \end{cases} \quad (1.2)$$

จากสมการเราจะได้หน้ากากที่ไว้ใช้ครอบภาพดั้งเดิมให้เหลือแต่ตัววัตถุที่แท้จริงเท่านั้น โดยค่า threshold ที่เลือกใช้คือ 2.5 แต่แม้ว่าจะมีการใส่ค่า threshold เข้าไปเพื่อแยกแยะวัตถุที่แท้จริงออกจากสัญญาณรบกวนแล้ว ก็ยังไม่สามารถขจัดสัญญาณรบกวนออกไปได้หมด เนื่องจากการขจัดสัญญาณรบกวนที่มีขนาดใหญ่ ต้องใช้ค่า threshold ที่มีค่ามาก ทำให้บางส่วนของวัตถุถูกตัดออกไปด้วย ในขณะเดียวกัน ถ้าใช้ค่า threshold ที่มีค่าน้อยเกินไป ผลลัพธ์ที่ได้ก็จะมีสัญญาณรบกวนรวมอยู่ด้วยเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงควรเลือกค่า threshold ที่เหมาะสมที่สุด โดยคำนึงถึงปัจจัยสองอย่างข้างต้น และนำไปผ่านกระบวนการกำจัดสัญญาณรบกวนต่อไป กระบวนการกำจัดสัญญาณรบกวนที่เลือกคือ การใช้ median filter มากรองสัญญาณรบกวนออก โดยเลือกใช้ median filter ขนาดหน้าต่าง 6x6 พิกเซล พิจารณาจากขนาดพิกเซลของสัญญาณรบกวน และขนาดของวัตถุ โดยสาเหตุที่เลือกใช้ median filter เนื่องมาจากลักษณะการทำงานของ median filter เป็นการกำจัดค่าของพิกเซลที่แตกต่างจากพวกไป และจากผลที่ได้จากขั้นตอนที่แล้วเราจะได้บริเวณของวัตถุขนาดใหญ่และฉากหลังซึ่งมีจุดของสัญญาณรบกวนเล็กๆ ปะปนอยู่ จุดของสัญญาณรบกวนเล็กๆเหล่านี้เป็นลักษณะเดียวกันกับ ลักษณะของสัญญาณรบกวนแบบ 'salt and pepper noise' ดังตัวอย่างข้างต้น และยังช่วยให้จุดภายในบริเวณวัตถุที่ถูกลบไปกลับคืนมาด้วย นอกจากนี้หากใช้ mean filter ซึ่งใช้การเฉลี่ยค่าพิกเซลรอบๆนอกจากจะขจัดสัญญาณรบกวนได้ไม่ดีนัก ยังทำให้ผลที่ได้ออกมาเบลออีกด้วย ดังนั้น median filter กรองสัญญาณนั้นจะใช้กับหน้ากากก่อนที่จะนำไปครอบภาพเดิม เมื่อกรองสัญญาณเสร็จแล้วจึงค่อยนำไปครอบภาพ วิธีการนี้จะเป็นการลดผลเสียที่เกิดจากการใช้ median filter ที่มีขนาดหน้าต่างใหญ่ เนื่องจากการใช้ median filter กับหน้ากากไม่ทำให้ข้อมูลของภาพที่แท้จริงหายหรือบิดเบือนไปจากเดิมส่วนในขั้นตอนสุดท้ายของ algorithm นี้ คือการใช้ morphological operation เข้ามาช่วยเพื่อให้ได้รูปพรรณสัณฐานของวัตถุ หรือในที่นี้ก็คือตัวคนที่สนใจได้ถูกต้อง โดย operation ที่ใช้คือ opening ทำให้พิกเซลที่ถูกลบไปจากบริเวณตัวคนกลับมาและตามด้วย closing เป็นการทำให้ช่องเล็กๆที่เกิดจากสัญญาณรบกวนถูกปิดไป[11]

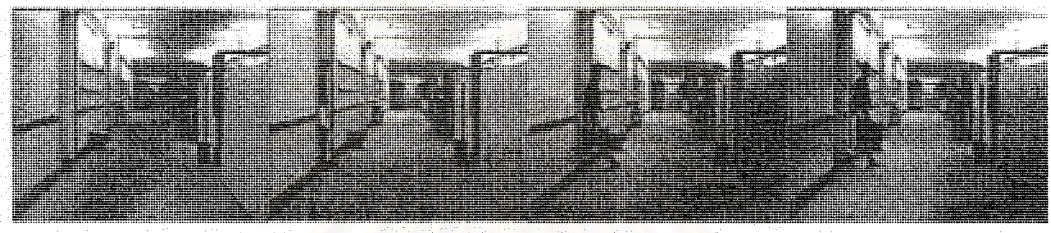


รูปที่ 15 Block diagram แสดง algorithm ที่ใช้

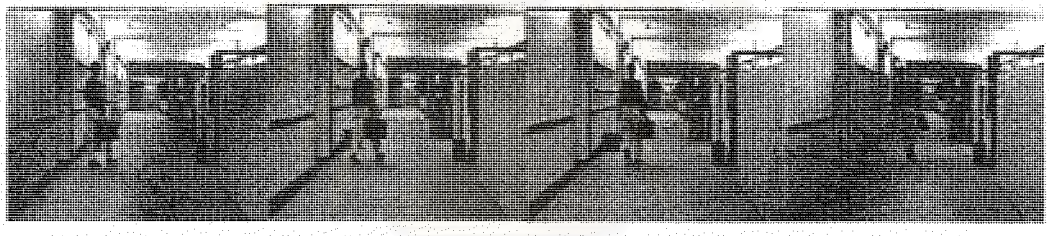
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. ผลการทดลอง

ผลการทดลองต่อไปนี้เป็นผลการทดลองที่ได้จากการทำการทดลองโดยใช้เทคนิคที่ได้นำเสนอแล้วมาทดลอง คือ ในขั้นตอนแรกจะเริ่มจากการทำ Change detection และนำค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงค่า พิกเซลของแต่ละเฟรมมาพล็อต เพื่อพิจารณาหาค่าที่เหมาะสม และเมื่อทำการทดลองได้ค่า threshold ที่เหมาะสม แล้ว จึงนำผลที่ได้ไปผ่าน median filter ต่อไป โดยทดลองใช้ median filter ที่มีขนาดหน้าต่างต่างๆกัน แล้วสังเกต ผลเพื่อเลือกขนาดหน้าต่างที่เหมาะสม จากนั้นในขั้นตอนสุดท้ายได้มีการทำ morphological operations อันได้แก่ opening และ closing ตามลำดับ การทดลองนี้ได้นำลำดับภาพตัวอย่างมาจากhttp://meru.cs.missouri.edu/free_download/videos/ เป็น ลำดับภาพชื่อ hall.qcif มีลักษณะที่กล้องอยู่นิ่ง อัตราแสดงผล 10 เฟรมต่อวินาที โดยในการทดลองนี้จะทำการทดลองกับ 70 เฟรมแรกของลำดับภาพตัวอย่าง



9 # 19 # 26 # 31

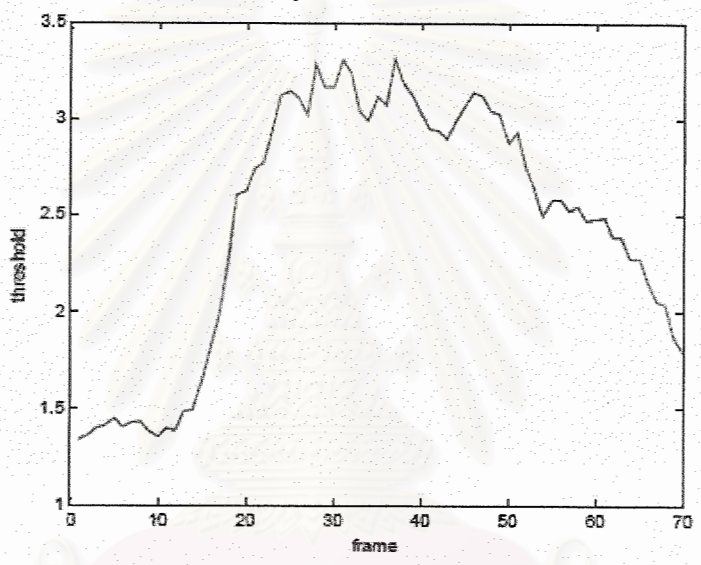


38 # 44 # 51 #68

รูปที่ 16. ตัวอย่างเฟรมต่างๆของลำดับภาพตัวอย่างที่นำมาใช้ในการทดลอง

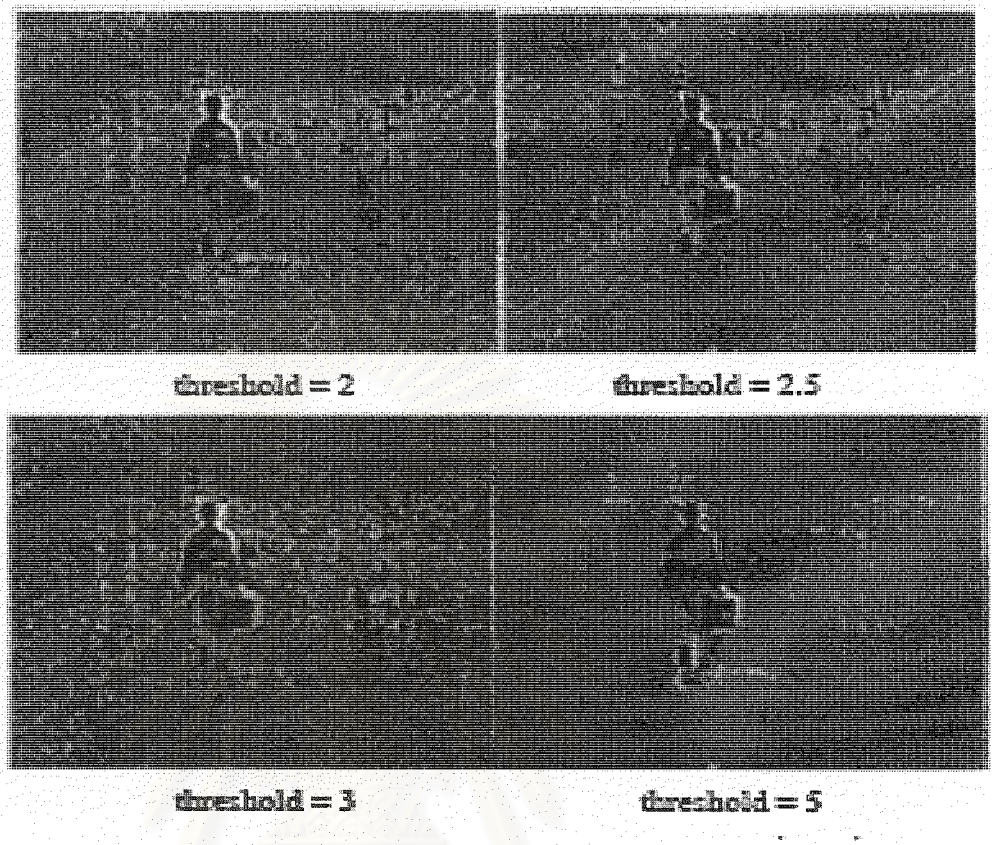
ดับแรกของการทำการทดลองเริ่มจากการทำการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของแต่ละพิกเซลในภาพ (Change detection) ตามสมการที่ 1.1 ตั้งแต่เฟรมแรกจนถึงเฟรมที่ 70 แล้วนำค่าเฉลี่ยที่แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพิกเซลของแต่ละเฟรมมาวาดเป็นกราฟ ดังรูปที่ 18. จากกราฟวิเคราะห์ได้ว่าในช่วง 15 เฟรมแรกค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงยังไม่มากนักเนื่องจากคนยังไม่ได้เดินเข้าไปในเฟรมหรือเริ่มเดินเข้ามาเพียงบางส่วนเท่านั้น ดังนั้น การเลือกค่า threshold จึงควรเลือกหลังจากมีการเปลี่ยนแปลงมากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีค่าอยู่ในช่วง 2 ถึง 3 จึงทำการเลือกค่า threshold จำนวนหนึ่งมาทดลองกับเฟรมที่ 51 ซึ่งได้ผลการทดลองเป็นดังรูป 19

รูปที่ 17. ภาพตัวอย่างเฟรมที่ 51



รูปที่ 18. กราฟค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงค่าพิกเซลของแต่ละเฟรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

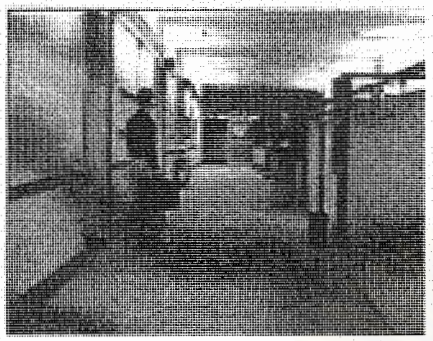


รูปที่ 19. ผลการหา Change detection ของลำดับภาพที่ 51 ที่ค่า threshold ต่างๆ

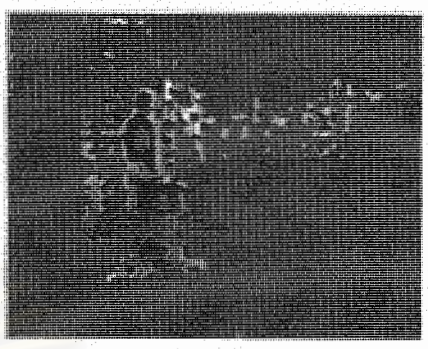
จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการทดลองหา Change detection ด้วยค่า threshold ที่อยู่ระหว่าง 2 ถึง 3 ไม่ให้ผลที่ต่างกันเท่าใดนัก แต่ถ้าเพิ่มค่า threshold ให้มีค่ามากขึ้นเป็น 5 ดังรูป1.19 ผลที่ได้แม้จะทำให้สัญญาณรบกวนหายไปมาก แต่เป็นการทำให้บางส่วนของตัวคนถูกลบออกไปมากเช่นกัน เพราะฉะนั้นการเลือกค่า threshold นอกจากจะต้องคำนึงถึงการขจัดสัญญาณรบกวนแล้วยังมีประสิทธิภาพในการตรวจจับตัวคนอีกด้วย ดังนั้น ค่า threshold ที่เลือกใช้คือ 2.5

ในขั้นตอนต่อไปเป็นการใช้ median filter กรองสัญญาณรบกวนออก ด้วยขนาดหน้าต่างของ filter ที่ ต่างกันหลายๆขนาด ดังนี้ 3x3 พิกเซล 6x6 พิกเซล 9x9 พิกเซล และผลการทดลองที่ได้เป็นดังนี้

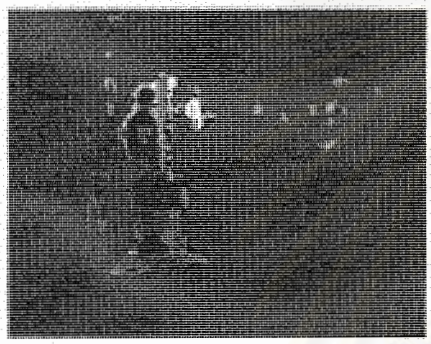
เฟรมที่ 36



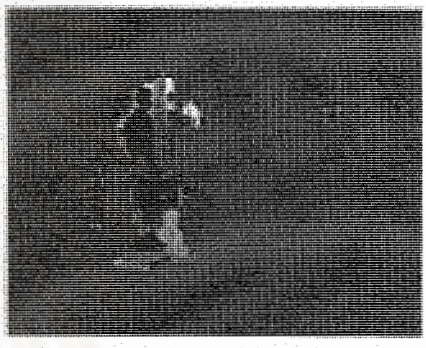
ภาพตัวอย่าง



Window size = 3x3 pixel



Window size = 6x6 pixel

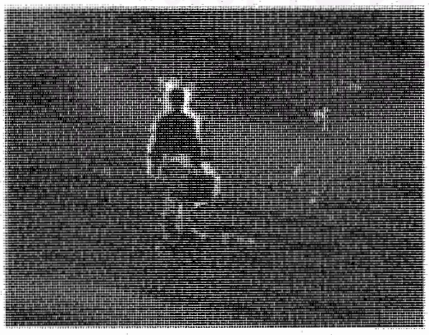


Window size = 9x9 pixel

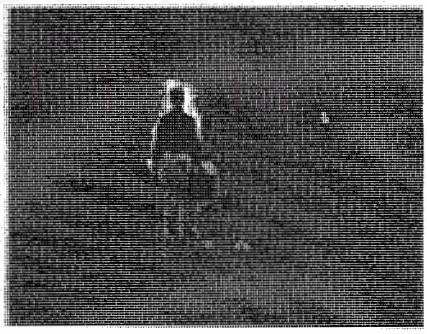
เฟรมที่ 51

ภาพตัวอย่าง

Window size = 3x3 pixel



Window size = 6x6 pixel

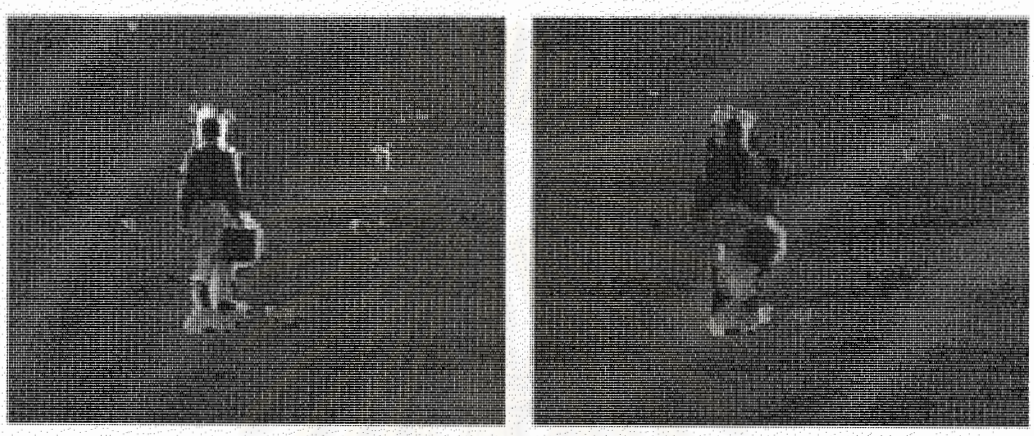


Window size = 9x9 pixel

รูปที่ 20. ผลการทดลองการนำภาพตัวอย่างในเฟรมที่ 51 ไปผ่าน median filter ที่ขนาดหน้าต่างที่ต่างๆ กัน

จากผลการทดลอง จะสังเกตได้ว่า ยิ่งหน้าต่างของ median filter มีขนาดใหญ่เท่าใด สัญญาณรบกวนยิ่งถูกขจัดไปมากเท่านั้น แต่การใช้หน้าต่างที่มีขนาดใหญ่ขึ้นย่อมต้องใช้เวลาในการคำนวณมากขึ้น ดังนั้นเมื่อพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้ระหว่างการใช้หน้าต่างขนาด 6x6 พิกเซล กับ 9x9 พิกเซลซึ่งได้ผลที่ได้ผลที่ไม่แตกต่างกันมากนัก การใช้หน้าต่างขนาด 6x6 พิกเซล จึงถือว่ามีความเหมาะสมมากกว่าในการนำไปใช้

นอกจากนี้การนำภาพไปผ่านตัวกรองสัญญาณนอกจากจะกรองสัญญาณรบกวนออกแล้ว ยังเป็นการทำให้ข้อมูลของภาพที่มีอยู่เดิมหายไปบางส่วนอีกด้วย ดังนั้นการกรองสัญญาณหลังจากนำหน้ากากไปครอบภาพแล้วจึงทำให้ภาพผลที่ได้สูญเสียความคมชัดไป ดังรูปที่ 21



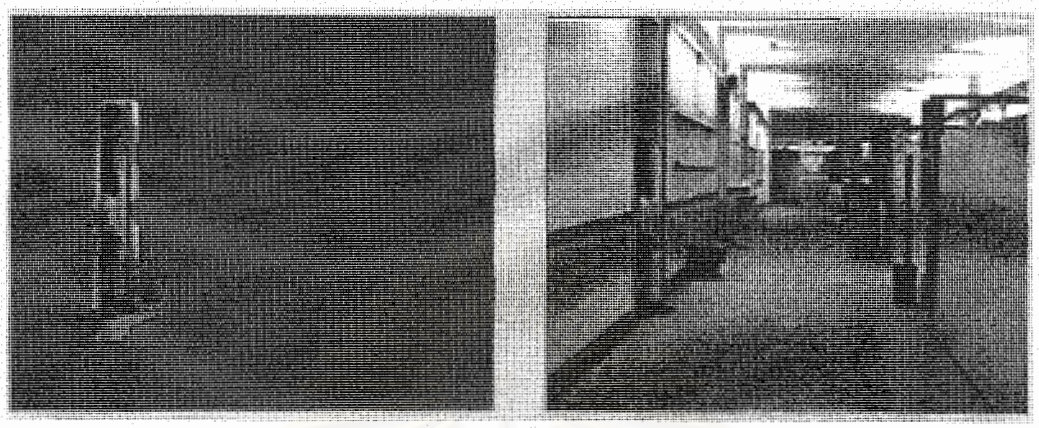
ก.) ข.)

รูปที่ 21. เปรียบเทียบผลของการใช้ median filter ก.) ก่อเอาหน้ากากครอบภาพ
ข.)หลังจากนำหน้ากากครอบภาพแล้ว

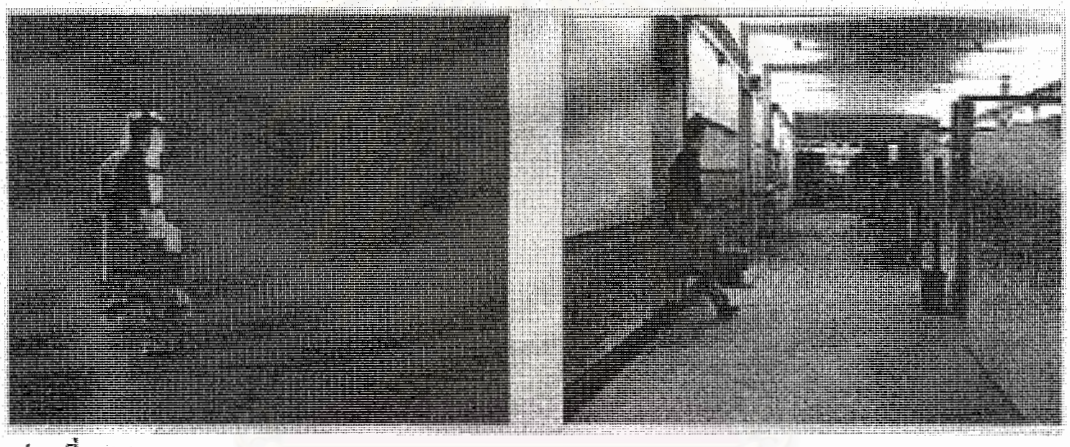
ขั้นตอนสุดท้ายคือการนำไปทำภาพตัวอย่างที่ผ่านการหา Change detection และถูกกรองสัญญาณด้วย median filter มาแล้วไปทำขั้นตอนการ opening กับ closing ตามหลัก morphology โดยใช้ structuring element เป็นรูปเครื่องหมายบวก ซึ่งมีความยาวแต่ละขาเท่ากับ 3 พิกเซลและได้ผลการทดลองเป็นดังรูปที่ 22

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

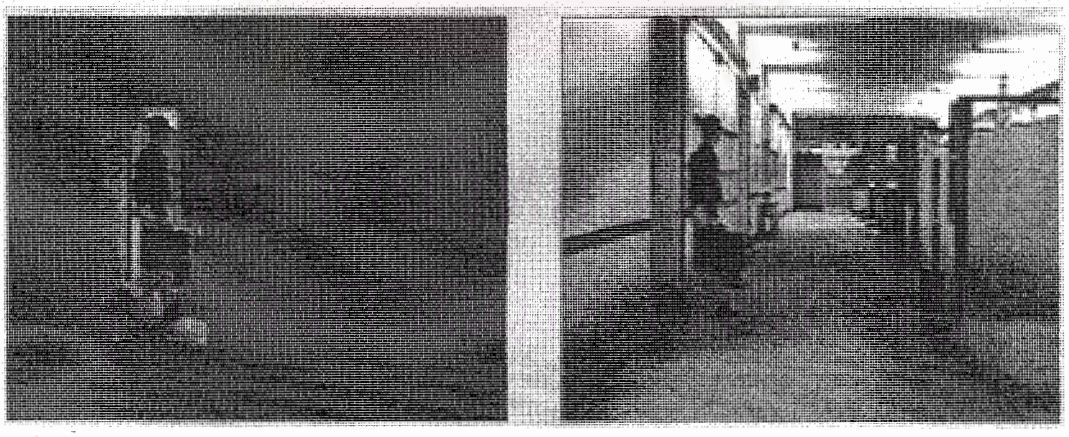
เฟรมที่ 19



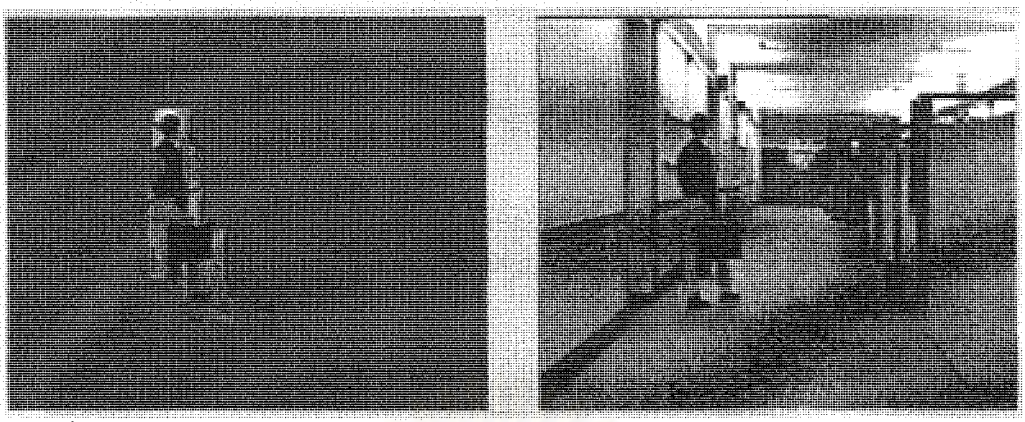
เฟรมที่ 26



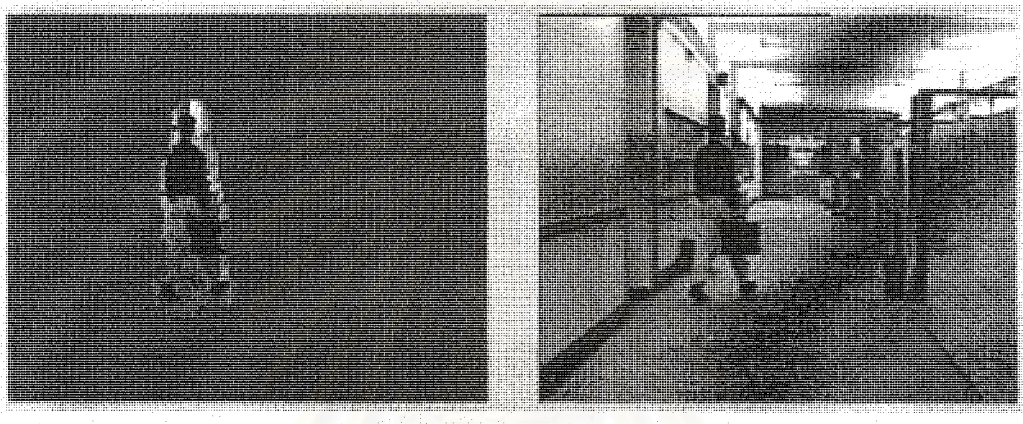
เฟรมที่ 31



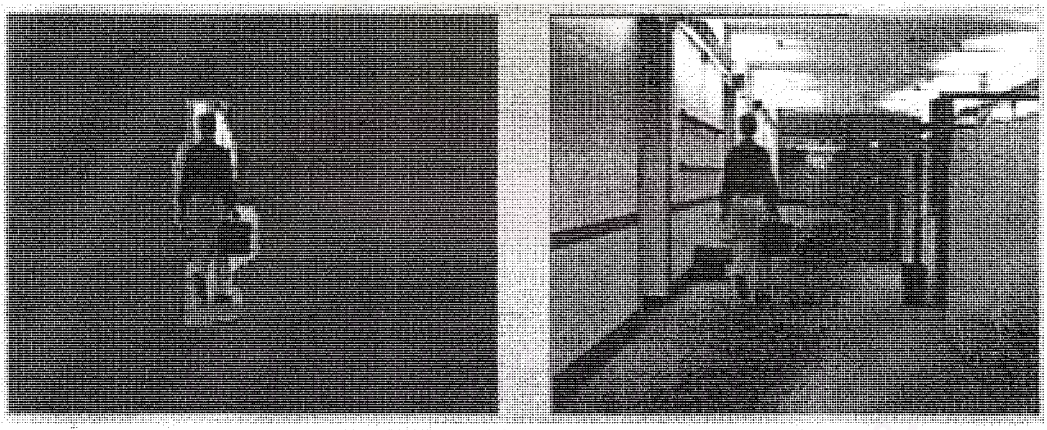
เฟรมที่ 38



เฟรมที่ 44

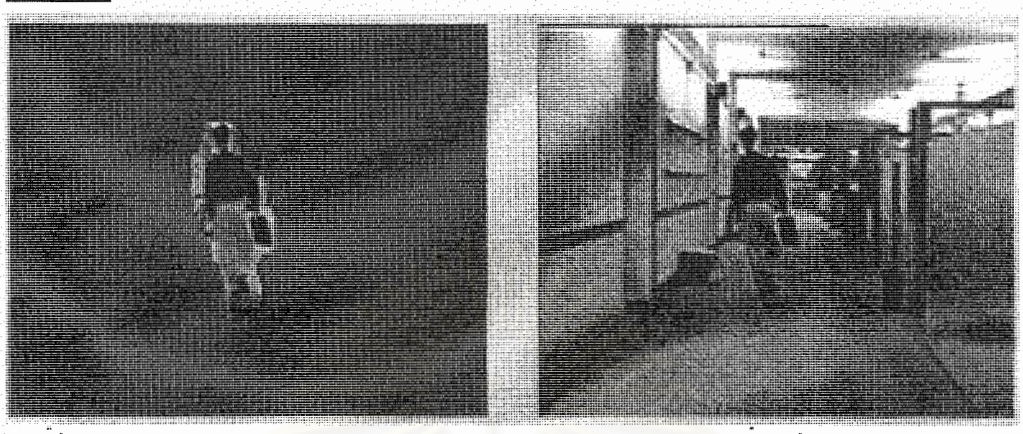


เฟรมที่ 51



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เฟรมที่ 68



รูปที่ 22 ผลการทดลองการติดตามมนุษย์หลังจากการทำ morphology แล้วที่เฟรมต่างๆของลำดับภาพตัวอย่าง

จากผลการทดลองในเฟรมส่วนใหญ่สามารถติดตามมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพพอสมควร โดยไม่มีสัญญาณรบกวน หากแต่มีข้อเสียคือ ขอบของภาพคนที่ตรวจจับได้นั้นยังไม่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงเท่าที่ควรและยังมีการตรวจจับเงาของคนปะปนไปด้วย ซึ่งเห็นได้ชัดเจนจากเฟรมที่ 31 และในบางเฟรมบางส่วนของคนถูกตัดทิ้งไปอันเนื่องมาจากสัญญาณรบกวน

6. สรุป

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาซอฟต์แวร์การติดตามการเคลื่อนไหวของมนุษย์เพื่อนำไปใช้กับระบบตรวจตราสอดส่อง (Surveillance system) โดยกำหนดให้กล้องอยู่นิ่งและมีมนุษย์ปรากฏในกล้องเพียง 1 คน โดยเทคนิคที่เลือกมาใช้เป็นส่วนสำคัญคือการหาความเปลี่ยนแปลงของพิกเซลของเฟรมติดกัน (Change detection) และนำผลที่ได้มาผ่านขั้นตอนการขจัดสัญญาณรบกวนเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น คือการกรองสัญญาณด้วย median filter และการทำ morphological operations ตามลำดับ

ผลที่ได้จากการนำซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นนี้ไปทดลองใช้กับภาพตัวอย่าง จะเห็นได้ว่าซอฟต์แวร์นี้มีความสามารถในการตรวจจับและติดตามมนุษย์ในภาพตัวอย่างได้อย่างมีประสิทธิภาพพอสมควรและเทคนิคที่เสนอนี้มีลักษณะการทำงานที่ง่ายไม่ซับซ้อน จึงใช้เวลาในการประมวลผลต่ำ อย่างไรก็ตามข้อเสียของซอฟต์แวร์นี้คือ ไม่สามารถแสดงขอบของคนได้ตรงกับภาพจริงเท่าที่ควรและในบางเฟรมบางส่วนของคนอาจถูกลบไป เนื่องมาจากบริเวณเสื้อที่คนใส่มีลักษณะเป็นสีเดียวกันทำให้การหาความต่างของพิกเซลอาจไม่เพียงพอ ซึ่งทั้งสองปัญหานี้อาจแก้ไขได้ด้วยการตรวจหาขอบของคนเข้ามาช่วย ดังนั้น การพัฒนาซอฟต์แวร์นี้ต่อไปจึงควรพิจารณานำการหาความต่างขอบมาใช้ปรับปรุงซอฟต์แวร์นี้ในด้านปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น

เอกสารอ้างอิง

[1] : Alper Yilmaz, Xin Li,and Mubarak Shah "Object Contour Tracking Using Level Sets" Univ. of Central Florida

[2] : Benedicte Bascle ', Rachid Deriche "Region tracking through image sequences" INRIA, B.P. 93,06902 Sophia-Antipolis Cedex, France Department of Engineering Science, University of Oxford, Oxford OX1 3PJ, England

[3] : Dorin Comaniciu and VisvanathanRamesh "Mean shift and optimal prediction for efficient object tracking" ,Imaging and Visualization Department , Siemens Corporate Research.

[4] : St_ephane Pateux "Tracking of video objects using a backward projection technique" IRISA/INRIA, Temics Project Campus Universitaire de Beaulieu 35042 Rennes Cedex, FRANCE

[5] : PREM KUCHI, PRASAD GABBUR, P. SUBBANNA BHAT, SUMAM DAVID S. SMIEEE, MIETE "Human Face Detection and Tracking using Skin Color Modeling and Connected Component Operators" Dept. of E&C Engg., Karnataka Regional Engineering College, Surathkal, Karnataka 574157

[6] : Tsuyoshi Yamane, Yoshiaki Shirai and Jun Miura "Person Tracking by Integrating Optical Flow and Uniform brighness Regions", Department of Computer-Controlled Mechanical Systems Osaka University,2-1, Yamadaoka, Suita,Dsaka 565,JAPAN

[7]: C.R. Wren, A. Azarbayejani, and A. Pentland, "Pfinder: Realtime tracking of the human body," *PAMI*, vol. 19, no. 7, pp. 780–785, 1997.

[8] : C. Stauffer and W.E.L. Grimson, "Learning patterns of activity using real time tracking," *PAMI*, vol. 22,No.8, pp. 747–767, 2000.

[9] [online] http://www.cee.hw.ac.uk/hipr/html/median.html

[10][online]http://zone.ni.com/devzone/conceptd.nsf/webmain/8CA8DE2E8881C1AB8625682E0079CE74

[11] : Changick Kim and Jenq-Neng Hwang, "Fast and automatic video object segmentation and tracking for content-base application." *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 12,no. 2, Feb. 2002,pp.122-129

ก.) Main program

```
stop = 70 ;
for nframe=1:stop
    tic
    i = nframe
    number = stop;

   filename = 'C:\My Documents \hall_qcif.qcif';
   file_name_out='C:\My Documents \analysishall.qcif';

r=144;   c=176;
n_frame = nframe;

%acquire data
    datay  = readqcicomponent(filename,n_frame,1);
    datacb = readqcicomponent(filename,n_frame,2);
    datacr = readqcicomponent(filename,n_frame,3);

    ay = double(datay);
    acb = double(datacb);
    acr = double(datacr);

    datay1 =readqcicomponent(filename,n_frame+1,1);
    datacb1=readqcicomponent(filename,n_frame+1,2);
    datacr1=readqcicomponent(filename,n_frame+1,3);

    ay1=double(datay1);
    acb1=double(datacb1);
    acr1=double(datacr1);

%initialize
    image = ay1;
    previous = ay;
    image        = double(image) ;
    previous     = double(previous) ;

%change detection
    change       = abs(image - previous) ;
    th                  = mean(mean(change)) ;

%thresholding
    if th > 2.5
       threshold = th ;
    else
       threshold = 2.5 ;
    end

%create a mask
mov = (change >= threshold) ; %set threshold of different intensity

%filter the mask with median filter
movFilt = medfilt2(mov,[4 4]);

thres(n_frame) = th;
plot(thres);

 %do morphology
 movFilt = eros(movFilt,1);
 movFilt = dil(movFilt,1);
 movFilt = dil(movFilt,1);
```

```
    movFilt = eros(movFilt,7);
    write_yuv_seq(ay,acb,acr,mov,file_name_out7,r,c,n_frame);

    end
```

ข.) ฟังก์ชันอ่านค่าองค์ประกอบ YUV (File : ReadQCIcomponent.m)

```
function Data = ReadQCIcomponent(FileName,nFrame,component);
%Read YUV component
%Y (144*176) and UV (72*88) upsampling to (144*176)
%Ex. Data = ReadQCIcomponent('miss_am.qci',33,3);
fid = fopen(FileName,'rb');
start = 38016*(nFrame-1);
if component == 1                          %component Y
   pos = start ;
    fseek(fid,pos,-1);
    Image = fread(fid,144*176,'uchar');
       for j=1:144
    for i=1:176
    Data(j,i) = Image((j-1)*176+i);
        end
    end
end

if component ~= 1
    if component == 2                      %component U
         pos = start + 144*176 ;
      end
    if component == 3                      %component V
       pos = start + 144*176 + 72*88 ;
    end
       fseek(fid,pos,-1);
       Image = fread(fid,72*88,'uchar');
       for j=1:72
        for i=1:88
           D(j,i) = Image((j-1)*88+i);
        end
    end
 %Upsampling
   for j = 1:72
    for i = 1:88
          Data( 1+2*(j-1):2+2*(j-1), 1+2*(i-1):2+2*(i-1))=D(j,i);
    end
            end
end
if component >= 4
    disp('The component variable is invalid');
end
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.) ฟังก์ชันบันทึกข้อมูลใส่ไฟล์ (M-File : write_yuv_seq2.m)

```
tmp=zeros(msklen,msklen);
for i=1+msk2:msk2-r
    for j=1+msk2:msk2-c
        tmp=erostmp(i-msk2:i+msk2,j-msk2:j+msk2);
        if sum(sum(tmp))<msklen^2+4
            eros(i,j)=0;
        else
            eros(i,j)=1;
        end
    end
end
y=eros(msk2+1:msk2-r,msk2+1:msk2-c);


yyy = ddd.*in_y;
count_cb_cr = 0;
for j=1:2:r
    count_cb_cr = count_cb_cr +1;
    cb(count_cb_cr,:) = ddd(j,:);
    cb_half(count_cb_cr,:) = in_cb(j,:);
    cr_half(count_cb_cr,:) = in_cr(j,:);
end
cr = cb;
count_cb_cr = 0;
for i=1:2:c
    count_cb_cr = count_cb_cr +1;
    cb_real(:,count_cb_cr) = cr(:,i);
    cb_half_real(:,count_cb_cr) = cb_half(:,i);
    cr_half_real(:,count_cb_cr) = cr_half(:,i);
end
cr_real = cb_real;

cr_real1=cr_real.*cr_half_real;
cb_real1=cb_real.*cb_half_real;

fid = fopen(filename_mask,'a');
fwrite(fid,yyy','uint8');
fwrite(fid,cb_real1','uint8');
fwrite(fid,cr_real1','uint8');
fclose(fid);
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง.) ฟังก์ชัน dilation (M-File : dil.m)

```
function y=dil(x,msklen)
%do dilation operation of morphology

[r,c]=size(x);

dil=zeros(r+msklen-1,c+msklen-1);
diltmp=dil;
msk2=(msklen-1)/2;
diltmp(msk2+1:msk2+r,msk2+1:msk2+c)=x;
tmp=zeros(msklen,msklen);
for i=1+msk2:msk2+r
    for j=1+msk2:msk2+c
        tmp=diltmp(i-msk2:i+msk2,j-msk2:j+msk2);
        if sum(sum(tmp))>1
            dil(i,j)=1;
        else
            dil(i,j)=0;
        end
    end
end
y=dil(msk2+1:msk2+r,msk2+1:msk2+c);
```

จ.) ฟังก์ชัน erosion (M-File : eros.m)

```
function y=eros(x,msklen)
%do erosion operation of morphology

[r,c]=size(x);

eros=zeros(r+msklen-1,c+msklen-1);
erostmp=eros;
msk2=(msklen-1)/2;
erostmp(msk2+1:msk2+r,msk2+1:msk2+c)=x;



tmp=zeros(msklen,msklen);
for i=1+msk2:msk2+r
    for j=1+msk2:msk2+c
        tmp=erostmp(i-msk2:i+msk2,j-msk2:j+msk2);
        if sum(sum(tmp))<msklen^2+4
            eros(i,j)=0;
        else
            eros(i,j)=1;
        end
    end
end
y=eros(msk2+1:msk2+r,msk2+1:msk2+c);
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย