# การพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพอัตโนมัติสำหรับการพิมพ์ขวดพลาสติก

นาย ปรีติ ประชาฤทธิ์ภักดี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-17-3877-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I25198518

# DEVELOPMENT OF AUTOMATIC QUALITY CONTROL SYSTEM FOR PLASTIC BOTTLE PRINTING

Mr. Preeti Pracharitpakdee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2005

ISBN 974-17-3877-3

481928

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพอัตโนมัติสำหรับการพิมพ์ขวดพลาสติก |
| โดย | นาย ปรีติ ประชาฤทธิ์ภักดี |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมไฟฟ้า |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | อาจารย์ ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ |

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เจษฎา ชินรุ่งเรือง)

..... กรรมการ

(นางสาว ฐิตินันท์ ชัยพัฒนาการ)

ปรีติ ประชาฤทธิ์ภักดี : การพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพอัตโนมัติสำหรับการพิมพ์ขวดพลาสติก. (DEVELOPMENT OF AUTOMATIC QUALITY CONTROL SYSTEM FOR PLASTIC BOTTLE PRINTING) อ. ที่ปรึกษา : อ.ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ, 59 หน้า. ISBN 974-17-3877-3.

วิทยานิพนธ์นี้กล่าวถึงการออกแบบ สร้าง และพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพอัตโนมัติสำหรับการพิมพ์ขวดพลาสติก โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบภาพที่ต้องการตรวจสอบซึ่งได้ผ่านกระบวนการปรับภาพให้ตรงกับต้นแบบมาแล้ว กับภาพอ้างอิงที่มีความถูกต้องแบบจุดต่อจุด แล้วนำผลการตรวจสอบมาประมวลผลทางสถิติด้วย การควบคุมกระบวนการด้วยสถิติ (Statistical Process Control) เพื่อตัดสินใจว่าลวดลายที่พิมพ์ถูกต้องหรือไม่

การทดสอบการใช้งานระบบควบคุมคุณภาพในห้องปฏิบัติการได้ผลเป็นที่น่าพอใจ โดยสามารถตรวจสอบลวดลายที่มีจุดบกพร่องเป็นแบบรอยเปื้อนพิมพ์ขาดได้ขนาดเล็กได้ละเอียดถึง 1 ตารางมิลลิเมตร (1 มม. x 1 มม.) และสามารถระบุลวดลายที่มีจุดบกพร่องแบบ รอยเปื้อน พิมพ์ขาด และการเลื่อนตำแหน่งของลวดลายได้ถูกต้องถึงร้อยละ 91.1

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า..... ลายมือชื่อนิสิต.....ปรีติ ประชาฤทธิ์ภักดี.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา .....2548..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4570415921 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD: SILK SCREEN/ IMAGE PROCESSING / DEFECT ON PRINTED LABEL OF PLASTIC BOTTLE / SPC

PREETI PRACHARITPAKDEE : DEVELOPMENT OF AUTOMATIC QUALITY CONTROL SYSTEM FOR PLASTIC BOTTLE PRINTING. THESIS ADVISOR : SOMBOON CHONGCHAIKIT, D.Ing., 59 pp. ISBN 974-17-3877-3.

This thesis presents design and development of a quality control system for plastic bottle printing. The inspection algorithm is based on the pixel-by-pixel image comparison between the defect-free reference label image and the inspected label image. The Model-Fitting technique is also utilized for exactly registering of both images before comparison. The results of comparison are processed by SPC (Statistical Process Control) to decide whether the inspected labels are acceptable.

The developed system was tested on 100 printed labels in laboratory with satisfactory result. The dirty and misprinted defects with the size of at least 1 square millimeter (1 millimeter x 1 millimeter) can be detected. The system can detect the dirty labels, misprinted labels and disposition labels with the accuracy of 91.1%

Department .....Electrical Engineering..... Student's signature.....

Field of study....Electrical Engineering.....Advisor's signature.....

Academic year.....2005.....Co-advisor's signature.....

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อ.ดร.สมบูรณ์ จงชัยกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น ตลอดจนจัดหาตำราและการจัดลำดับความคิด จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ และขอขอบคุณ รศ. ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์ และ ผศ.ดร. เจษฎา ชินรุ่งเรือง ที่ทำหน้าที่เป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ บริษัท ไลอ้อนคอนเทนเนอร์ส จำกัด ที่ให้โอกาศในการศึกษา เงินทุนบางส่วนและ ขอขอบคุณพนักงาน บริษัท ไลอ้อนคอนเทนเนอร์ส จำกัด ที่ให้การช่วยเหลือจัดหาตัวอย่างในการทดสอบและให้คำปรึกษาที่มีประโยชน์

ขอขอบคุณ คุณฐิตินันท์ ชัยพัฒนาการ ที่ได้ให้คำปรึกษา ประสานงาน ตลอดจนทำหน้าที่เป็นกรรการสอบวิทยานิพนธ์

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญภาพ..... ฏ

บทที่

1. บทนำ..... 1

1.1. แนวคิดและความเป็นมา..... 1

1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 1

1.3. ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.4. ขั้นตอนในการวิจัย..... 2

1.5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

2. การพิมพ์ซิลค์สกรีนบนขวดพลาสติก..... 3

2.1. การพิมพ์ซิลค์สกรีนในสายการพิมพ์ขวดพลาสติก..... 3

2.2. การควบคุมคุณภาพของการพิมพ์ขวดพลาสติก..... 3

2.3. ระบบตรวจสอบภาพชิ้นงานโดยทั่วไป..... 6

2.4. ระบบตรวจสอบภาพชิ้นงานอัตโนมัติที่มีการพัฒนาขึ้นมาใช้งานแล้ว..... 8

2.4.1. Image Checker 30..... 8

2.4.2. VIScanner SE 24..... 9

3. ทฤษฎีและแนวคิดในการออกแบบ..... 10

3.1. การประมวลผลและรู้จำภาพ..... 10

3.1.1. การประมวลผลภาพเบื้องต้น (Preprocessing)หรือการปรับสภาพ ข้อมูลภาพ (Image Conditioning) ..... 10

3.1.1.1. การเน้นภาพ (Image Encnhancement) ..... 10

3.1.1.2. การสร้างภาพใหม่ (Image Restoration) ..... 11

3.1.2. การแบ่งภาพเป็นส่วนๆ (Segmentation) ..... 11

3.1.2.1. การกำหนดค่า (Labeling) ..... 11

บทที่ หน้า

3.1.2.2.การจัดกลุ่ม (Grouping) ..... 11
3.1.3. การดึงลักษณะสำคัญ (Feature Extraction) และการให้คำอธิบาย (Description) . 12
3.1.4. การรู้จำ (Recognition) และการเข้าคู่ (Matching) ..... 12
3.2. เทคนิคและขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการตรวจสอบภาพชิ้นงานอัตโนมัติ..... 15
3.2.1. วิธีเปรียบเทียบภาพแบบจุดต่อจุด..... 15
3.2.2. วิธีตรวจสอบลักษณะสำคัญ..... 15
3.2.3. วิธีทวนสอบคุณสมบัติ..... 16
3.3. การควบคุมกระบวนการด้วยสถิติ (Statistical Process Control : SPC) ..... 16
3.3.1. การเก็บข้อมูล..... 16
3.3.1.1.การเลือกขนาดกลุ่มย่อย , ความถี่ในการเก็บข้อมูลกลุ่มย่อย และ จำนวนกลุ่มย่อยที่เป็นไปได้ เพื่อให้มีผลใกล้เคียงกับความเป็นจริง ของระบบให้มากที่สุด..... 16
3.3.1.2.การหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และพิสัย ( $R$ ) สำหรับแผนภูมิ $\bar{X}$ and $R$ และหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับแผนภูมิ $\bar{X}$ and $S$ ของข้อมูลแต่ละกลุ่มย่อย..... 17
3.3.2. การคำนวณหาขีดจำกัดบนและล่าง..... 18
3.3.2.1.การคำนวณค่า พิสัยเฉลี่ย ( $\bar{R}$ ) และ ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ ( $\bar{\bar{X}}$ ) สำหรับแผนภูมิ $\bar{X}$ and $R$ และคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\bar{S}$ ) และค่าเฉลี่ยของกระบวนการ ( $\bar{\bar{X}}$ ) สำหรับแผนภูมิ $\bar{X}$ and $S$ ..... 18
3.3.2.2.การคำนวณหาค่าขีดจำกัดบนและค่าขีดจำกัดล่างของค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย. 18
3.3.2.3.การคำนวณหาค่าขีดจำกัดบนและค่าขีดจำกัดล่างของค่าเฉลี่ยและ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน..... 19
3.3.3. คำอธิบายจากแผนภูมิในด้านการควบคุมระบบ..... 20
3.3.3.1.การวิเคราะห์ข้อมูลจากแผนภูมิพิสัย..... 20
3.3.3.2.การวิเคราะห์ข้อมูลจากแผนภูมิค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน..... 20
3.3.3.3.การวิเคราะห์ข้อมูลจากแผนภูมิค่าเฉลี่ย..... 20
3.4. งานวิจัยที่ใกล้เคียง..... 20
3.4.1. การตรวจสอบโดยสายตาประดิษฐ์ (Inspection by Artificial vision) ..... 20
3.4.2. ระบบสำหรับการตรวจสอบการพิมพ์ตัวอักษรโดยใช้ค่าสหสัมพันธ์ปกติ ของภาพตัวอักษรที่ถูกแบ่งส่วน (System for Inspection Pad-printed Character

บทที่ หน้า

Using The Normalized Correlation of The Segmental Character Image) ..... 21
3.4.3. การตรวจสอบด้วยภาพแบบเร็วสำหรับการควบคุมคุณภาพ (Fast Visual Inspection for Quality Control) ..... 21
4. ระบบควบคุมคุณภาพอัตโนมัติสำหรับการพิมพ์ขวดพลาสติกแบบนอกสายการผลิต..... 23
4.1. ส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์..... 23
4.2. ส่วนประกอบทางซอฟต์แวร์..... 23
4.2.1. ส่วนตั้งระบบ (Setting Phase) ..... 24
1. ส่วนเก็บภาพอ้างอิง..... 24
2. ส่วนกำหนดค่าความเข้มสีและกำหนดจุดตรวจสอบความเข้มสี..... 24
3. ส่วนแบ่งภาพและตัดส่วนภาพ..... 24
4. ส่วนกำหนดพื้นที่เพื่อใช้ในการปรับตำแหน่งภาพ..... 26
5. ส่วนอ่านภาพอ้างอิง..... 26
4.2.2. ส่วนการตรวจสอบ (Running Phase) ..... 26
1. การจับภาพ (Grabbing Image) ..... 26
2. การประมวลผลภาพ (Image Processing) ..... 26
2.1. ฟังก์ชันเลือกภาพฉลากอ้างอิงที่ตรงกันกับภาพฉลากที่ต้องการตรวจสอบมากที่สุด (Best Matched Reference Selection Function) ..... 27
2.2. ฟังก์ชันปรับตำแหน่ง (Positioning Function) ..... 27
2.3. ฟังก์ชันตรวจสอบแบบหยาบ ..... 29
2.4. ฟังก์ชันปรับภาพให้ตรงกับภาพต้นแบบ (Image Registration) ..... 30
2.5. ฟังก์ชันการเปรียบเทียบภาพ (Image Comparison Function) ..... 37
3. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (Statistic Analysis) ..... 41
4. แสดงผล (Operator Display) ..... 41
5. การทดสอบและผลการทดสอบ..... 43
5.1. โปรแกรมการตรวจสอบที่พัฒนาขึ้น..... 43
5.2. สภาพแวดล้อมที่สร้างขึ้นเพื่อการทดสอบ..... 43
5.2.1. ขวดที่ใช้ทดสอบ..... 43
5.2.2. สถานีการตรวจสอบจำลองที่จัดสร้างขึ้นเพื่อการทดสอบ..... 44
5.3. ตัวแปรที่ทำการศึกษาและทดสอบ..... 47
5.3.1. ขนาดของจุดบกพร่องที่เล็กที่สุดที่สามารถตรวจสอบได้..... 47

บทที่ หน้า

5.3.2. อัตราความผิดพลาด (Error Rate) ..... 48
5.3.3. เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบต่อหนึ่งชิ้นงาน..... 54
5.4. วิจารณ์ผลการทดลอง..... 54
6. สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ..... 55
6.1. สรุปผล..... 55
6.2. ข้อเสนอแนะ..... 55
รายการอ้างอิง..... 57
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 59

# สารบัญตาราง



ตาราง หน้า

ตารางที่ 3.1 ค่าคงที่ที่ใช้คำนวณค่าขีดจำกัดบนและขีดจำกัดล่าง ซึ่งกำหนดโดยจำนวนสมาชิกของกลุ่มย่อย..... 19
ตารางที่ 3.2 ค่าคงที่ที่ใช้คำนวณค่าขีดจำกัดบนและขีดจำกัดล่าง ซึ่งกำหนดโดยจำนวนสมาชิกของกลุ่มย่อย..... 19
ตารางที่ 5.1 ค่าจำนวนพิกเซลที่เป็นจุดบกพร่องจากภาพฉลากที่พิมพ์บกพร่องแบบที่พิมพ์ไม่ครบ (Misprint defect) และแบบที่พิมพ์สกปรก (Dirty) ขนาดต่างๆ ..... 47
ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบการตรวจสอบอัตราการตรวจสอบผิดพลาด ..... 53

# สารบัญภาพ



ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 2.1 กระบวนการพิมพ์ขวดด้วยวิธีซิลค์สกรีน..... 3
รูปที่ 2.2 ขวดที่มีลวดลายไม่ตรงตำแหน่งที่ถูกต้อง โดยส่วนของตัวอักษรด้าน
ซ้ายล่างผลส้ม และใบไม้ พิมพ์ในตำแหน่งที่ไม่ถูกต้อง..... 4
รูปที่ 2.3 ขวดที่มีการพิมพ์เปรอะเปื้อน โดยเปื้อนที่ตำแหน่งมุมบนซ้ายของภาพ..... 5
รูปที่ 2.4 ขวดที่มีการพิมพ์ลวดลายไม่สมบูรณ์ โดยพิมพ์ไม่ครบถ้วนที่ตัวอักษร
ด้านล่างซ้ายของภาพ ..... 6
รูปที่ 2.5 โครงสร้างโดยทั่วไปของระบบตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติ ..... 8
รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของระบบรู้จำ ..... 12
รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมของระบบการรู้จำโดยใช้ทฤษฎีทางด้านการตัดสินใจ..... 14
รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมของระบบการรู้จำโดยใช้วิธีทางโครงสร้าง / ไวยากรณ์..... 14
รูปที่ 4.1 บล็อคไดอะแกรมแสดงอุปกรณ์ของระบบควบคุมคุณภาพการพิมพ์ขวด
อัตโนมัติ..... 24
รูปที่ 4.2 ภาพที่ถูกแบ่งส่วนเป็น 64 ส่วน แต่ละส่วนมีขนาด 90 x 64 พิกเซล ..... 25
รูปที่ 4.3 ภาพที่ถูกตัดส่วนที่ไม่ต้องการตรวจสอบออก โดยส่วนที่ถูกตัดออกจะถูก
ลงสีเป็นสีดำ ..... 25
รูปที่ 4.4 ตัวอย่างหน้ากากที่ผู้ควบคุมตั้งค่าเอาไว้เพื่อใช้ในกระบวนการเลื่อนตำแหน่ง ..... 26
รูปที่ 4.5 การหาค่าการเลื่อนตำแหน่งโดยเริ่มจากจุด (0,0) แบบก้นหอย ..... 29
รูปที่ 4.6 ตัวอย่างของการหาตำแหน่งจุดควบคุมในภาพ โดยการเลือกทุกๆ 16 พิกเซล
ในแนวนอนและแนวตั้ง ..... 31
รูปที่ 4.7 การหาตำแหน่งของจุดควบคุมของภาพที่ต้องการตรวจสอบในบริเวณรอบๆ
ที่ตรงกันกับจุดควบคุมของภาพต้นแบบมากที่สุดโดยการตัดส่วนของภาพทั้ง
สองมาเปรียบเทียบกัน ..... 31
รูปที่ 4.8 การหาค่าประมาณของเวคเตอร์เลื่อนตำแหน่ง..... 34
รูปที่ 4.9 การประมาณค่าแบบเส้นตรง ..... 35
รูปที่ 4.10 ตำแหน่งของพิกเซลใหม่ที่ไม่เป็นเลขจำนวนเต็ม จึงอยู่ในพิกเซลอื่น 4 พิกเซล..... 36
รูปที่ 4.11 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึมตรวจสอบเมื่อตรวจสอบ
ลวดลายที่พิมพ์ถูกต้อง..... 39
รูปที่ 4.12 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึมตรวจสอบเมื่อตรวจสอบ
ลวดลายที่พิมพ์ผิดพลาด..... 40

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 4.13 ตัวอย่างการแสดงผลเมื่อมีการตรวจสอบผิดพลาด ..... 41
รูปที่ 4.14 บล็อคไดอะแกรมของระบบควบคุมคุณภาพอัตโนมัติสำหรับการพิมพ์ขวดพลาสติก ..... 42
รูปที่ 5.1 ตัวอย่างขวดที่ใช้ในการทดสอบ ..... 44
รูปที่ 5.2 ขวดขณะวางอยู่บนแท่นยึดจับชิ้นงาน ..... 45
รูปที่ 5.3 ภาพขวดที่ได้ทดลองถ่ายด้วยสถานีทดสอบ ..... 46
รูปที่ 5.4 สภาพแวดล้อมขณะจัดการทดสอบ ..... 46
รูปที่ 5.5 ตัวอย่างขวดที่มีจุดบกพร่องแบบต่างๆ .....49- 52