

การพัฒนาคลาสมอดูลสำหรับสร้างและถอดรหัสบาร์โค้ด PDF417

และการประยุกต์ใช้งาน

Development of Encode and Decode PDF417 ActiveX DLL and Applications

โดย

นางสาวพจนีย์ วรกิจธำรงค์ชัย

รหัส 44067038



H001985

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. นพพร โชติภักดิ์

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการพัฒนาระบบงาน
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วัน เดือน ปี	23 ส.ค. 2545
เลขทะเบียน	01985
เลขเรียกหนังสือ	ฉพ. พ176 ก 2545
"ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล."	

6 116 3

ชื่อหัวข้อ	การพัฒนาคลาสโมดูลสำหรับสร้างและถอดรหัสบาร์โค้ด PDF417 และการประยุกต์ใช้งาน
นักศึกษา	นางสาว พงนิษฐ์ วรกิจธำรงค์ชัย
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. นพพร โชติกกำธร
ระดับการศึกษา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	วิทยาการสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2545

บทคัดย่อ

PDF417 (Portable Data File 417) เป็นบาร์โค้ด 2 มิติชนิดหนึ่งที่มีความจุข้อมูลสูง จึงเป็นเหมือนไฟล์ข้อมูลในตัวเอง เนื่องจากอาศัยบาร์โค้ด 1 มิติมาเรียงต่อกันเป็นชั้นๆ ทำให้สามารถเก็บข้อมูลได้จำนวนมาก โครงการพัฒนาระบบงานนี้จึงทำการวิจัยเพื่อพัฒนา ActiveX DLL สำหรับเข้ารหัส สร้าง และถอดรหัสบาร์โค้ดชนิดนี้ให้สามารถรองรับข้อมูลภาษาอังกฤษ และภาษาไทยได้ โดยให้มีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐานของบาร์โค้ด ซึ่งใช้หลักการของการประมวลผลภาพดิจิทัลมาประยุกต์เพื่อรองรับการทำงานกับรูปภาพของบาร์โค้ด อีกทั้งพัฒนาตัวอย่างโปรแกรมประยุกต์ใช้งานบาร์โค้ดชนิดนี้กับระบบงานออกใบขับขี่ที่นำเอาบาร์โค้ดมาใช้เป็นเหมือนฉลากเก็บข้อมูลสำคัญๆ ไว้ด้านหลังใบขับขี่เพื่อเป็นการนำ ActiveX DLL ที่พัฒนาขึ้นไปใช้งาน

Title	Development of Encode and Decode PDF417 ActiveX DLL and Applications
Student	Miss Pojanee Worakithamrongchai
Advisor	Dr. Nopporn Chotikakamthorn
Level of Study	Master of Science in Information Technology
Major	Information Science
Academic Year	2002

ABSTRACT

PDF417 (Portable Data File 417) is a high-density two-dimensional (2D) barcode symbology that essentially consists of a series of vertical stacking of one-dimensional (1D) barcode. This system development project focuses on the development of ActiveX Dll for encoding and decoding a barcode according to the PDF417 standard. The program has been designed to support both Thai and English. Image processing techniques have been used in the decoding part, to support a barcode read by a standard general purpose scanner. Moreover this project develops PDF417-applied Driving License Issuing System that uses ActiveX Dll for generate and decode barcode as well.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพัฒนาระบบงาน แอปพลิเคชัน PDF417 สำหรับการพัฒนา ActiveX DLL เพื่อเข้ารหัส สร้างและถอดรหัสบาร์โค้ด PDF417 และระบบงานออกใบขับขี่ที่นำบาร์โค้ดชนิดนี้มาประยุกต์ใช้นี้จะไม่สามารถสำเร็จลงได้ หากขาดความร่วมมือจากทุกฝ่าย ดิฉันในฐานะผู้จัดทำโครงการ มีความรู้สึกยินดีและซาบซึ้งต่อพระคุณของบุคคลดังรายนามต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.นพพร โชติกคำธร อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการนี้ที่ท่านได้ให้โอกาสในการพัฒนาโครงการ และยังสละเวลาให้คำปรึกษา และแนะแนวทางการพัฒนาโครงการเป็นอย่างดีจึงจนโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ และอาจารย์พิเศษที่มีส่วนช่วยในการสั่งสอนวิชาความรู้ เพื่อใช้ในการทำงาน และมีส่วนต่อโครงการพัฒนาระบบงานนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการติดต่อกับทางคณะ

ขอขอบคุณเพื่อน พี่ และรุ่นน้องที่คอยช่วยเหลือ แนะนำ และให้กำลังใจในเรื่องต่างๆ

ขอขอบคุณนายปริญญา วลีเกียรติกุลที่คอยให้คำปรึกษา ช่วยหาข้อมูล และที่สำคัญช่วยเป็นกำลังใจในยามท้อแท้ จนทำให้โครงการนี้สำเร็จลงได้

สุดท้ายที่สำคัญที่สุด ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาของข้าพเจ้าที่คอยถามไถ่ และเป็นกำลังใจให้ดิฉันตลอดเวลา

พจนีย์ วรกิจธำรงค์ชัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV-V
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	1-2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2-3
1.5 เนื้อหาใน โครงการพัฒนาระบบงาน.....	3
2. เทคโนโลยี PDF417.....	4
2.1 โครงสร้างและลักษณะของบาร์โค้ด PDF417.....	4-6
2.2 มาตรฐานการสร้างบาร์โค้ด PDF417.....	6
2.2.1 High-level encoding.....	7-10
2.2.2 Low-level encoding.....	10-11
2.3 มาตรฐานการถอดรหัสบาร์โค้ด PDF417.....	14
2.3.1 Low-level decoding.....	14
2.3.2 High-level decoding.....	14-15

3. การพัฒนาโปรแกรม.....	16
3.1 ActiveX DLL สำหรับการเข้ารหัส สร้าง และถอดรหัสบาร์โค้ด PDF417.....	16
3.1.1 คลาสโมดูล EncodePDF417.....	17-22
3.1.2 คลาสโมดูล DecodePDF417.....	23-28
3.2 โปรแกรมประยุกต์ใช้งานบาร์โค้ด PDF417.....	28
3.2.1 การสร้างและถอดรหัสบาร์โค้ด.....	30-33
3.2.2 การจัดการฐานข้อมูลใบขับขี่.....	34-42
4. การเตรียมภาพก่อนการประมวลผลภาพดิจิทัล.....	43
5. บทสรุปและแนวทางการพัฒนาโปรแกรมในอนาคต.....	45
บรรณานุกรม.....	46
ภาคผนวก.....	47
ภาคผนวก ก.	48
ขั้นตอนการสร้าง Project ให้เป็น ActiveX Dll และการคอมไพล์พร้อม	
บันทึกไฟล์ ActiveX Dll.....	48
ตัวอย่างการทดลองถอดรหัสบาร์โค้ด PDF417.....	49
ภาคผนวก ข.	50
ตาราง t-sequence.....	50-61
ประวัติผู้เขียน.....	62

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1	Text compaction code value.....	8-9
2.2	State Transitions.....	10
2.3	ข้อมูลที่ถูกเข้ารหัสในส่วน of indicator codeword ในแต่ละแถว.....	11
2.4	Error correction level กับจำนวน error correction codeword.....	12
2.5	Error correction level ที่เหมาะสมกับจำนวน data codeword.....	12
3.1	Text Compaction code value ของตัวอักษรภาษาไทย.....	17-18
3.2	ตาราง Temp_T_X_sequence เก็บค่า X-sequence และค่าสัมประสิทธิ์.....	22
3.3	เขตข้อมูลและรายละเอียดของตาราง License.....	29
3.4	เขตข้อมูลและรายละเอียดของตาราง Province.....	29
3.5	เขตข้อมูลและรายละเอียดของตาราง TypeLicense.....	30
3.6	ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการเพิ่มข้อมูลใบขับขี่ใหม่.....	35-36
3.7	ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการลบข้อมูลใบขับขี่.....	37-38
3.8	ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการแก้ไขข้อมูลใบขับขี่.....	39-40
3.9	ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการค้นหาข้อมูลใบขับขี่.....	41-42

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

2.1 X-dimension.....	4
2.2 ลักษณะ และโครงสร้างของ PDF417.....	5
2.3 บาร์โค้ดในเทอมของเมตริกซ์.....	6
2.4 รูปแบบแท่งและช่องว่างของ X-sequence (31111334).....	7
2.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง X-sequence กับ t-sequence.....	11
3.1 โครงสร้างของ ActiveX DLL ที่พัฒนาขึ้น.....	16
3.2 การเปลี่ยนแปลงสถานะของค่า codeword พิเศษ.....	18
3.3 ขั้นตอนการเข้ารหัสและสร้างรูปภาพบาร์โค้ด.....	19
3.4 การวาดจุดสีดำขาวตามค่า X-sequence.....	22
3.5 ขั้นตอนการถอดรหัสข้อมูลจากไฟล์รูปภาพบาร์โค้ด(ส่วนที่1).....	23
3.6 ขั้นตอนการถอดรหัสข้อมูลจากไฟล์รูปภาพบาร์โค้ด(ส่วนที่2).....	24
3.7 ขั้นตอนการถอดรหัสข้อมูลจากไฟล์รูปภาพบาร์โค้ด(ส่วนที่3).....	25
3.8 อี-อาร์ ไคอะแกรมของฐานข้อมูลใบขับขี่.....	28
3.9 กล่องข้อความ(textBox) ต่างๆเพื่อรับข้อมูลใบขับขี่.....	31
3.10 ขั้นตอนการอ้างอิงถึง ActiveX DLL PDF417Dll.....	32
3.11 ขั้นตอนการสั่งพิมพ์บาร์โค้ดออกจากเครื่องพิมพ์.....	33
4.1 ตำแหน่งของจุดที่พิจารณา(x,y) และจุดรอบข้างทั้ง 8 จุด.....	43
4.2 รูปแบบของค่าสีทั้ง 9 จุดในแต่ละกรณีที่ต้องเปลี่ยนแปลงค่าสีเพื่อตัดจุดที่เกินมา.....	44

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

จากข้อจำกัดในด้านปริมาณข้อมูลที่ต้องการเข้ารหัสเพื่อสร้างบาร์โค้ดแบบ 1 มิติ และความต้องการในการแปลงข้อมูลจำนวนมากๆ ให้เป็นบาร์โค้ดซึ่งพิมพ์อยู่บนพื้นที่ที่จำกัดเป็นสิ่งผลักดันในการคิดค้น และพัฒนาเทคโนโลยีบาร์โค้ด 2 มิติขึ้นมา จากเดิมบาร์โค้ด 1 มิติทั่วไปมักแปลงข้อมูลพวกรหัสสินค้า ซึ่งต้องนำรหัสสินค้านี้ไปอ้างอิงถึงข้อมูลที่สำคัญอื่นๆ จากฐานข้อมูลอีกต่อหนึ่ง แต่ด้วยมาตรฐานใหม่ของบริษัท 2 มิติ ทำให้สามารถแปลงข้อมูลอื่นๆ เช่น ราคาสินค้า จำนวนสินค้า วันที่รับสินค้า และข้อมูลสำคัญอื่นๆ ได้ โดยไม่จำกัดแค่เพียงรหัสสินค้านั้น ดังนั้นบาร์โค้ด 2 มิติจึงเป็นเสมือนไฟล์ข้อมูลในตัวเอง กล่าวคือด้วยความจุของข้อมูล บาร์โค้ด 2 มิติสามารถเก็บข้อมูลซึ่งเคลื่อนย้ายไปกับฉลากบาร์โค้ดได้ทุกที่ถึงแม้ฐานข้อมูลจะไม่พร้อมให้เข้าใช้งานก็ตาม

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเทคโนโลยีบาร์โค้ด 2 มิติแบบ PDF417
2. เพื่อศึกษามาตรฐานในการสร้าง และถอดรหัสบาร์โค้ด PDF417
3. เพื่อพัฒนาโปรแกรมในการเข้ารหัส พิมพ์ และถอดรหัสบาร์โค้ด PDF417 ให้สอดคล้องกับมาตรฐานของ PDF417 โดยสามารถประยุกต์ใช้งานกับข้อมูลภาษาอังกฤษ และภาษาไทย
4. เพื่อศึกษา และพัฒนาฟังก์ชันการเข้ารหัสบาร์โค้ด PDF417 ให้ทำงานเป็นเสมือนโพซิเตอร์ หรือ คลาสในการสร้างบาร์โค้ด โดยระบบงานที่มีการนำเอาเทคโนโลยี PDF417 นี้มาประยุกต์ใช้งานนั้นสามารถเรียกใช้ฟังก์ชันในการเข้ารหัสบาร์โค้ดนี้ แล้วได้ผลลัพธ์ออกเป็นรูปภาพของบาร์โค้ดของข้อมูลพร้อมพิมพ์ได้ ทำให้ฟังก์ชันการเข้ารหัสบาร์โค้ดนี้สะดวกและใช้งานได้กับทุกโปรแกรม

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ในโครงการพัฒนาระบบงานนี้ได้มุ่งเน้นศึกษาเทคโนโลยีบาร์โค้ด 2 มิติแบบ PDF417 ใน 2 ส่วนหลักคือ

1. มาตรฐานการเข้ารหัสบาร์โค้ด PDF417 ให้รองรับข้อมูลภาษาอังกฤษ และภาษาไทยได้ จึงทำการศึกษาการเข้ารหัสบาร์โค้ดจากข้อมูลภาษาไทยเพิ่มเติมจากมาตรฐานเดิมขึ้นมา
2. มาตรฐานการถอดรหัสบาร์โค้ด PDF417 โดยอาศัยหลักการของ Image Processing เข้ามาช่วยรองรับการทำงานกับรูปภาพของบาร์โค้ด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากคุณสมบัติ และข้อดีของบาร์โค้ด PDF417 ทำให้การประยุกต์ใช้งานบาร์โค้ดชนิดนี้เป็น การขยายประสิทธิภาพการทำงานจากการใช้บาร์โค้ด 1 มิติทั่วไปอย่างมาก โดยคาดว่าโปรแกรมนี้ สามารถถูกนำไปใช้เป็นเสมือนระบบงานย่อยของระบบงานใหญ่ที่มีการนำเอาเทคโนโลยี PDF417 นี้มาประยุกต์ใช้งานได้เช่น (Symbol Technologies. 2001 ; Instrumental Software. 2001)

1. ระบบงานออกเอกสารทางราชการ : PDF417 เป็นมาตรฐานหนึ่งที่ถูกใช้กับงานเอกสารทาง ราชการอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะงานออกบัตรทางราชการ เช่น บัตรประจำตัวประชาชน, บัตรประจำตัวผู้ขับขี่, ใบเรียกเก็บเงินของสาธารณูปโภคต่างๆ เช่น ไฟฟ้าและประปา หรือ เอกสารการเสียภาษี, ดวงตราไปรษณียากร รวมทั้งหนังสือเดินทางด้วย
2. ระบบงานด้านสาธารณสุข : PDF417 สามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการติดตามการดำเนินงานทางด้านสาธารณสุข เช่น การใช้ PDF417 เป็นเสมือนฉลากของถุงเลือดซึ่งจะผนึกไว้กับ ถุงเลือดเพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับเลือดที่บริจาคทำให้ดึงข้อมูลมาใช้ได้โดยตรง หรือการออกใบ สั่งยาอัตโนมัติ เพื่อลดต้นทุน และลดความผิดพลาดที่เกิดจากการป้อนข้อมูลได้
3. ระบบงานด้าน Logistic : PDF417 ถูกใช้เป็นฉลากโดยผนึกแนบไปกับใบส่งของ หรือ เอกสารการส่งของ เพื่อให้ขั้นตอนการจัดส่งสินค้าทำได้รวดเร็วขึ้น และยังช่วยในการติดตามการจัดส่งสินค้าด้วย นอกจากนี้ PDF417 ยังเป็นทางเลือกในการอำนวยความสะดวก สำหรับการติดต่อสื่อสารข้อมูลดิจิทัลให้แก่ลูกค้าที่ไม่รองรับการทำ EDI โดยส่งข้อมูลใน รูปแบบของ PDF417 แทน
4. ระบบงานด้านการผลิตและการบำรุงรักษา : PDF417 ถูกใช้เป็นตัวเก็บข้อมูลสำคัญของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะติดไปกับตัวผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ในการบำรุงรักษาผลิตภัณฑ์นั้นภายหลัง เช่นการใช้ PDF417 เก็บข้อมูลเกี่ยวกับรถยนต์ หรือ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ทำให้การบำรุงรักษา หรือ การปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ทำได้รวดเร็วและง่ายขึ้น เพราะข้อมูลถูกดึงจาก PDF417 ได้ทันที
5. ระบบงานด้านการค้าปลีก : ในธุรกิจการค้าปลีกต้องมีข้อมูลเข้า และออกเสมอ PDF417 จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถเข้าถึงข้อมูลเกี่ยวกับสินค้า ณ จุดที่เกิดกิจกรรมการค้าปลีกได้ไม่ว่า จะที่ไหน หรือเมื่อใดตามที่ต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 เนื้อหาในโครงการพัฒนาระบบงาน

โครงการพัฒนาระบบงานนี้ประกอบด้วยการศึกษาเทคโนโลยีบาร์โค้ด 2 มิติแบบ PDF417 ในส่วนของมาตรฐานในการเข้ารหัส และถอดรหัสบาร์โค้ด PDF417 เพื่อพัฒนาโมดูล และฟังก์ชัน การเข้ารหัสและถอดรหัสบาร์โค้ด PDF417 ให้ทำงานเป็นเสมือนโพซีเเยอร์ หรือ คลาสในการสร้าง และถอดรหัสบาร์โค้ด ซึ่งพัฒนาโดยใช้ภาษา Visual Basic 6 ในการพัฒนา กล่าวคือเป็นการสร้าง คลาสโมดูลและฟังก์ชัน ให้จัดเก็บอยู่ใน dynamic-link libraries (DLLs) เพื่อให้สะดวก และสามารถถูกนำไปใช้งานใหม่ได้ (reusability) ในระบบงานอื่นๆ

เพื่อแสดงถึงการประยุกต์ใช้งานบาร์โค้ด และการนำคลาสโมดูลและฟังก์ชันในการเข้ารหัสและถอดรหัสบาร์โค้ด PDF417 มาใช้งานใหม่ จึงได้พัฒนาระบบงานออกใบขับขี่ที่นำบาร์โค้ด PDF417 นี้มาใช้เก็บข้อมูลสำคัญโดยระบบงานสามารถจัดการฐานข้อมูลใบขับขี่ในเบื้องต้น สร้าง และถอดรหัสบาร์โค้ดเพื่อนำข้อมูลไปใช้ต่อไปได้



บทที่ 2

เทคโนโลยี PDF417

2.1 โครงสร้างและลักษณะของบาร์โค้ด PDF417 (Pavlidis, Theodosios.et al. (1993))

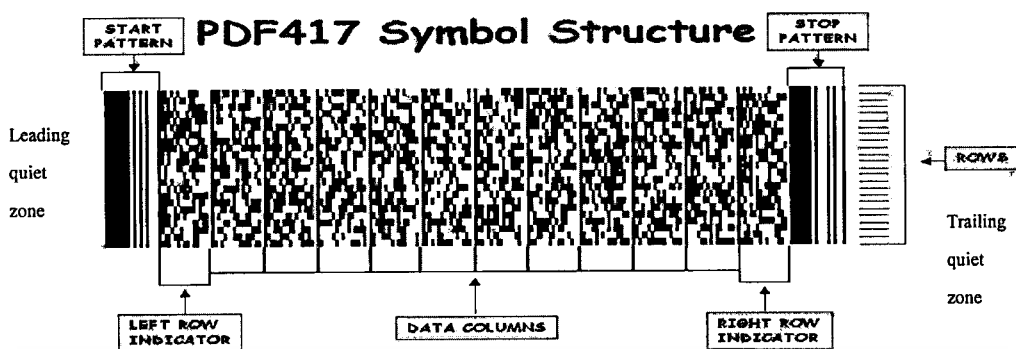
บาร์โค้ด PDF417 (Portable Data File 417) เป็นบาร์โค้ด 2 มิติประเภท Stacked code โดยมีแท่ง และช่องว่างสลับกันไปเหมือนบาร์โค้ด 1 มิติเพียงแต่สามารถนำแท่ง และช่องว่างเหล่านั้นมาเรียงต่อกันเป็นชั้นๆได้ ทำให้สามารถบรรจุข้อมูลได้มากกว่าคือประมาณ 1 กิโลไบต์ต่อ 1 บาร์โค้ด ดังนั้นบาร์โค้ดชนิดนี้จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้งานได้มากกว่าเป็นแค่อินเด็กซ์ที่อ้างอิงไปยังฐานข้อมูล กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ PDF417 เป็นเสมือนไฟล์ข้อมูลที่เคลื่อนย้ายได้ จึงเป็นที่มาส่วนหนึ่งของชื่อบาร์โค้ดชนิดนี้ นอกจากนี้ PDF417 มีการแปลงข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบข้อมูลที่ผิดพลาดที่อาจเกิดจากการฉีกขาด หรือถูกทำลาย

เช่นเดียวกับบาร์โค้ดทั่วไป PDF417 ประกอบด้วยแท่ง (บริเวณที่เป็นสีดำ) และช่องว่าง (บริเวณที่เป็นสีขาว) โดยมีหน่วยความกว้างที่ต่ำที่สุดของแท่ง และช่องว่างซึ่งเรียกว่า module หรือ X-dimension ดังรูปที่ 2.1 หากแท่ง หรือช่องว่างใดกว้าง 3X หมายความว่า แท่งหรือช่องว่างนั้นมีความกว้างเป็น 3 เท่าของความกว้างที่ต่ำที่สุด



รูปที่ 2.1 X-dimension

PDF417 ประกอบด้วยหลาย codeword ที่เรียงต่อกันทั้งในแนวนอน และแนวตั้ง ซึ่งมีจำนวนแถว 3-90 แถวส่วนแต่ละแถวสามารถบรรจุ codeword ได้ 1 - 30 codeword ดังนั้นบาร์โค้ด 1 อันสามารถบรรจุ codeword ได้ 929 codeword (0-928) ดังรูปที่ 2.2 (Autoid.org. 2001. ; AIM : The AIM global Network. 2001)



รูปที่ 2.2 ลักษณะ และโครงสร้างของ PDF417

จากรูปที่ 2.2 ในแต่ละแถวประกอบด้วย (เรียงจากซ้ายไปขวา)

1. leading quiet zone
2. start character (start pattern) : ใช้บ่งบอกถึงจุดเริ่มต้นของแต่ละแถวของบาร์โค้ดโดยมีรูปแบบแท่งและช่องว่าง หรือ X-sequence คือ 81111113
3. left row indicator symbol character (left indicator codeword) : ใช้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับค่าต่างๆ ของ PDF417 เช่น จำนวนแถว จำนวนหลัก ลำดับที่ของแต่ละแถว และระดับการตรวจสอบข้อมูลที่ผิดพลาด
4. data column (data codeword) : ใช้เก็บข้อมูลจริงข้อมูลจริง (data codeword) และข้อมูลในการตรวจสอบข้อผิดพลาด (error correction) ซึ่งสามารถบรรจุ codeword ได้ 1-30 codeword โดยในหนึ่ง codeword จะประกอบด้วยแท่ง 4 แท่ง ช่องว่าง 4 ช่องว่างสลับกันไปโดยเริ่มจากแท่ง ซึ่งต้องมีความกว้างรวมของแท่ง และช่องว่างเท่ากับ 17 ต่อหนึ่ง codeword จึงเป็นที่มาส่วนหนึ่งของชื่อบาร์โค้ด
5. right row indicator symbol character (right indicator codeword) : ใช้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับค่าต่างๆ ของ PDF417 เช่น จำนวนแถว จำนวนหลัก ลำดับที่ของแต่ละแถว และระดับการตรวจสอบข้อมูลที่ผิดพลาด
6. stop character (stop pattern) : ใช้บ่งบอกถึงจุดสิ้นสุดของแต่ละแถวของบาร์โค้ด โดย X-sequence คือ 711311121
7. trailing quiet zone

หากพิจารณาบาร์โค้ดในเทอมของเมตริกซ์ดังรูปที่ 2.3

S T A R T	L_1	d_{15}	d_{14}	R_1	S T O P
	L_2	d_{13}	d_{12}	R_2	
	L_3	d_{11}	d_{10}	R_3	
	L_4	d_9	d_8	R_4	
	L_5	d_7	d_6	R_5	
	L_6	d_5	d_4	R_6	
	L_7	d_3	d_2	R_7	
	L_8	d_1	d_0	R_8	
	L_9	e_3	e_2	R_9	
	L_{10}	e_1	e_0	R_{10}	

รูปที่ 2.3 บาร์โค้ดในเทอมของเมตริกซ์

- L คือ left row indicator codeword
R คือ right row indicator codeword
e คือ error correction codeword
 d_{15} คือ Symbol length descriptor codeword ซึ่งในรูปที่ 2.3 แทนด้วยค่าตัวเลข 16
 d_{14} ถึง d_1 คือ data codeword
 d_0 คือ pad codeword

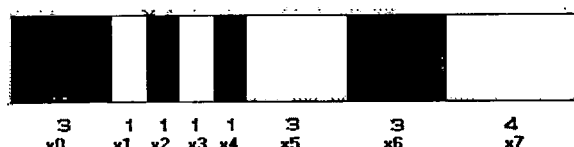
2.2 มาตรฐานการสร้างบาร์โค้ด PDF417 (Wang, Ynjiun P. 1993 ; Autoid.org. 2001)

ในการสร้างบาร์โค้ด PDF417 ต้องเข้ารหัสข้อมูลเพื่อแปลงข้อมูลให้เป็นบาร์โค้ด โดยการเข้ารหัสบาร์โค้ด (Encoding) มี 2 ขั้นตอนคือ

1. High-level encoding : เป็นการแปลงข้อมูลให้เป็นค่า codeword ที่มีค่าตั้งแต่ 0-928
2. Low-level encoding : เป็นการแปลงค่า codeword ให้เป็น X-sequence โดยจับคู่ค่า codeword กับ t-sequence แล้วนำค่า t-sequence ที่ได้มาแปลงเป็นรูปแบบแท่ง และช่องว่าง อีกทีหนึ่ง

codeword ประกอบด้วย 17 modules หรือ X-dimension (หน่วย) ที่มี 4 แท่ง 4 ช่องว่างสลับกันไปโดยมีความกว้างของแต่ละแท่ง หรือช่องว่างเท่ากับ 1-6 หน่วย แต่ความกว้างรวมของ 1 codeword ต้องเท่ากับ 17 เสมอ ซึ่งcodeword สามารถเขียนให้อยู่ในรูปลำดับตัวเลข 8 ตัวได้ซึ่งใช้แทนความกว้างของแท่งและช่องว่างอย่างละ 4 ตัวสลับกันไป ซึ่งก็คือรูปแบบแท่งและช่องว่าง หรือ

เรียกว่า “X-sequence”(X0, X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7) เช่น 31111334 สามารถแสดงรูปแบบแท่งและช่องว่างดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 รูปแบบแท่งและช่องว่างของ X-sequence (31111334)

codeword ถูกแบ่งออกเป็น 3 คลัสเตอร์ คือ คลัสเตอร์ 0, คลัสเตอร์ 3, คลัสเตอร์ 6 เพื่อกำหนด t-sequence ซึ่งจะถูกละเปลี่ยนให้เป็น X-sequence อีกต่อหนึ่งในขั้นตอน Low-level encoding ค่าคลัสเตอร์ (cluster number) สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{cluster number} = (X_0 - X_2 + X_4 - X_6) \bmod 9$$

$$\text{หรือ} \quad \text{cluster number} = ((\text{row number}) \bmod 3) * 3$$

ในแต่ละคลัสเตอร์จะมีค่า codeword ตั้งแต่ 0 ถึง 928 การหาค่า t-sequence ของ codeword ต้องใช้ตาราง t-sequence* โดยหาค่าตามค่าคลัสเตอร์ และ codeword ที่คำนวณได้ ซึ่งค่าคลัสเตอร์นี้เองช่วยแยกข้อมูลที่มี X-sequence ที่เหมือนกันได้แต่อยู่คนละแถว ให้สามารถแปลงข้อมูลกลับได้อย่างถูกต้อง

2.2.1 High-level encoding

เป็นการแปลงข้อมูลให้เป็นค่า codeword ซึ่งขึ้นอยู่กับโหมดของข้อมูลที่จะนำมาแปลง โดยแบ่งออกเป็น 3 โหมดคือ

1. โหมด Text compaction : โหมดข้อมูลที่เป็นตัวอักษร ตัวเลข และเครื่องหมายพิเศษ โดยมีค่า 0-29 ดังตารางที่ 2.1 แบ่งเป็น 4 โหมดย่อยคือ

1. Alpha : โหมดตัวอักษรตัวใหญ่
2. Lower : โหมดตัวอักษรตัวเล็ก
3. Mixed : โหมดตัวเลขและเครื่องหมายพิเศษ
4. Punctuation : โหมดเครื่องหมายพิเศษ

* ตาราง t-sequence ได้จากภาคผนวก ข.

ตารางที่ 2.1 Text compaction code value

Value/Submode	Alpha	Lower	Mixed	Punctuation
0	A	a	0	!
1	B	b	1	“
2	C	c	2	#
3	D	d	3	\$
4	E	e	4	%
5	F	f	5	&
6	G	g	6	‘
7	H	h	7	(
8	I	i	8	)
9	J	j	9	:
10	K	k	:	;
11	L	l	!	<
12	M	m	“	=
13	N	n	#	>
14	O	o	\$	?
15	P	p	%	@
16	Q	q	&	[
17	R	r	‘	\
18	S	s	(	]
19	T	t	)	^
20	U	u	*	_
21	V	v	+	`
22	W	w	,	{
23	X	x	-	
24	Y	y	.	}
25	Z	z	/	~
26	SPACE	SPACE	SPACE	SPACE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Value/Submode	Alpha	Lower	Mixed	Punctuation
27	ll	as	al	al
28	ml	ml	ll	ll
29	ps	ps	ps	ml

โดยโหมดย่อย Alpha เป็นโหมดย่อยมาตรฐานของ PDF417 และไม่ว่าจะเปลี่ยนโหมดมาจากโหมดอื่นมาเป็นโหมดนี้ โหมดย่อยมาตรฐานก็คือ Alpha

ขั้นตอนการแปลงข้อมูลให้เป็นค่า codeword คือ

1. หาค่าของข้อมูล (ตัวอักษร ตัวเลข และเครื่องหมายพิเศษ) จากตารางที่ 2.1 แล้วนำมาเรียงต่อกันเป็นชุดตัวเลข
2. นำชุดตัวเลขที่ได้จากขั้นที่ 1 มาแบ่งเป็นคู่ๆ โดยกำหนดให้ตัวเลขแรกเป็น high-value ตัวเลขที่สองเป็น low-value
3. คำนวณค่า codeword จากสูตร $\text{codeword} = (\text{high-value} * 30) + \text{low-value}$

2. โหมด Byte compaction : เป็นโหมดข้อมูลไบนารี (ไบนารี) โดยสามารถแปลงจากข้อมูล 6 ไบนารีต่อ 5 codeword

ขั้นตอนการแปลงข้อมูลให้เป็นค่า codeword คือ

1. แบ่งข้อมูลออกเป็นชุด ชุดละ 6 ไบนารี แต่ละไบนารีทำให้เป็นเลขฐานสิบหากชุดข้อมูลใดไม่ถึง 6 ไบนารีจะได้ค่า codeword ตามค่าข้อมูลนั้นเลย
2. คำนวณ t (ตัวแปรชั่วคราว) จากสูตร

$$t = b_0 * 256^5 + b_1 * 256^4 + b_2 * 256^3 + b_3 * 256^2 + b_4 * 256^1 + b_5 * 256^0$$
3. นำค่า t ที่ได้จากขั้นที่ 2 มาวนคำนวณหาค่า codeword ดังนี้

for i = 0 to n-1 // n คือจำนวนไบนารี

begin

ci = t mod 900

t = t div 900

end

โดยที่ ci = c0, c1, c2, ..., cn-1 คือค่า codeword

t คือ ตัวแปรชั่วคราว

3. โหมด Numeric compaction : เป็นโหมดข้อมูลที่เป็นตัวเลขซึ่งควรใช้กับข้อมูลที่เป็นชุดตัวเลขที่ต่อเนื่องกันยาวๆ โดยสามารถแปลงจากข้อมูล 2.93 ตัวเลขต่อ 1 codeword

ขั้นตอนการแปลงข้อมูลให้เป็นค่า codeword คือ

1. แบ่งข้อมูลออกเป็นชุด ชุดละ 44 ตัวเลข (ซึ่งอาจมีจำนวน ตัวเลขไม่ถึงในชุดสุดท้าย)
2. เพิ่มเลข 1 ไปที่ตำแหน่งแรกทางซ้ายมือของแต่ละชุด
3. วนคำนวณหาค่า codeword ดังนี้

for i = 0 to n-1 // n คือจำนวน codeword

begin

ci = x mod 900

x = x div 900

end

โดยที่ ci = c0, c1, c2, ..., cn-1 คือค่า codeword

x คือ ตัวเลขที่นำมาแปลงต้องนำหน้าด้วยเลข 1 เสมอ

n คือ จำนวน codeword ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

สูตร จำนวน codeword (n) = INT(จำนวนตัวเลข / 3) + 1

หมายเหตุ : เนื่องจาก PDF417 สามารถเก็บข้อมูลที่ต่างโหมดกันได้ จึงต้องใช้ codeword เฉพาะบ่งบอกการเปลี่ยนโหมดข้อมูลดังตารางที่ 2.2 ซึ่งจะแทรกอยู่ระหว่างสองโหมดข้อมูลที่เปลี่ยนกัน

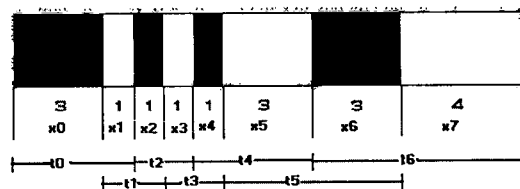
ตารางที่ 2.2 State Transitions

Begin Sate	End state	Codeword
Text Compaction	Byte Compaction	901
Text Compaction	Numeric Compaction	902
Byte Compaction	Text Compaction	900
Byte Compaction	Numeric Compaction	902
Numeric Compaction	Byte Compaction	901
Numeric Compaction	Text Compaction	900

2.2.2 Low-level encoding

เป็นการแปลงค่า codeword ที่ได้จาก high-level encoding มาเป็น X-sequence โดยหาค่าของ t-sequence ของ codeword ตามค่าคลัสเตอร์ แล้วนำ t-sequence มาหา X-sequence โดยอาศัย

ความสัมพันธ์ระหว่าง t-sequence ($t_0, t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6$) กับ X-sequence ($X_0, X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7$) ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง X-sequence กับ t-sequence

ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่าง X-sequence กับ t-sequence สามารถเขียนได้ดังสูตร

$$t_i = X_i + X_{i+1} \quad ; i = 0, 1, 2, 3, \dots, 6$$

และจากข้อกำหนดของ PDF417

$$1 < X_i < 6 \quad ; i = 0, 1, 2, 3, \dots, 7 \text{ และ } X_0 + X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 = 17$$

ดังนั้น $t_0 + t_2 + t_4 + t_6 = 17$

นอกจากนี้ยังมีการเข้ารหัสข้อมูลอื่นๆที่จำเป็นในการตรวจสอบความถูกต้องในขั้นตอนถอดรหัสทั้งในระดับแถว และในระดับบาร์โค้ดทั้งหมดคือ

1. **left and right row indicator codeword** ใช้ตรวจสอบความถูกต้องในขั้นตอนถอดรหัสในระดับแถวซึ่งประกอบด้วยข้อมูลของ จำนวนแถว ลำดับที่ของแต่ละแถว ระดับ error correction และจำนวนสคัมภ์ โดยแต่ละ left and right row indicator ในแต่ละแถวจะมีข้อมูลเหล่านี้แตกต่างและสลับกันไปดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลที่ถูกเข้ารหัสในส่วนของ indicator codeword ในแต่ละแถว

แถวที่	Left row indicator	Right row indicator
0	ลำดับที่ของแต่ละแถว,จำนวนแถว	ลำดับที่ของแต่ละแถว,จำนวนสคัมภ์
1	ลำดับที่ของแต่ละแถว,ระดับ Error correction	ลำดับที่ของแต่ละแถว,จำนวนแถว
2	ลำดับที่ของแต่ละแถว,จำนวนสคัมภ์	ลำดับที่ของแต่ละแถว,ระดับ Error correction

แถวที่ 3,6,9,... ข้อมูลของ left และ right row indicator codeword เหมือนแถวที่ 0

แถวที่ 4,7,10,13... ข้อมูลของ left และ right row indicator codeword เหมือนแถวที่ 1

แถวที่ 5,8,11,14,... ข้อมูลของ left และ right row indicator codeword เหมือนแถวที่ 2

ขั้นตอนการสร้าง left row indicator codeword คือ

แถวที่ 0 : $\text{codeword} = 30 * (\text{ลำดับแถว} \div 3) + ((\text{จำนวนแถว} - 1) \div 3)$

แถวที่ 1 : $\text{codeword} = 30 * (\text{ลำดับแถว} \div 3) + (\text{ระดับ error correction} * 3) + (\text{จำนวนแถว} - 1)$
mod 3

แถวที่ 2 : $\text{codeword} = 30 * (\text{ลำดับแถว} \div 3) + (\text{จำนวนสดมภ์} - 1)$

2. **error correction codeword** ใช้ตรวจสอบความถูกต้องในขั้นตอนถอดรหัสในระดับบาร์โค้ดทั้งหมด โดยนำ data codeword ที่มีทั้งหมดในบาร์โค้ดมาเข้ารหัสอีกที PDF417 เองมีความยืดหยุ่นในการเลือก error correction level ได้ดังตารางที่ 2.4 แต่โดยทั่วไประดับที่ควรใช้ตามสัดส่วนของจำนวน data codeword เป็นดังตารางที่ 2.5 ซึ่งจะเห็นว่าหากระดับยิ่งสูงก็ต้องเสียพื้นที่ของบาร์โค้ดเก็บข้อมูลส่วนนี้มากขึ้น กินพื้นที่ของ data codeword แทนแต่ทนทานต่อความผิดพลาดได้มากกว่า จึงควรเลือกระดับ error correction ให้เหมาะสม

ตารางที่ 2.4 Error correction level กับจำนวน error correction codeword

Error correction level	Number of error correction codeword
0	2
1	4
2	8
3	16
4	32
5	64
6	128
7	256
8	512

ตารางที่ 2.5 Error correction level ที่เหมาะสมกับจำนวน data codeword

Number of Data codewords	Minimum Error correction level
1 to 40	2
41 to 160	3
161 to 320	4
321 to 863	5

ขั้นตอนการสร้าง error correction codeword คือ

1. กำหนดค่าของตัวแปรเหล่านี้

n = จำนวน data codeword ทั้งหมด

s = ระดับ error correction

k = จำนวน error correction codeword ที่สัมพันธ์กับระดับ error correction ดังตารางที่ 2.2

$g_k(x)$ = สมการ polynomial $(x-3)(x-3^2)(x-3^3)\dots$

a_k = สัมประสิทธิ์ของแต่ละพจน์จากสมการของ $g_k(x)$ แล้วนำมา Modulus กับ 929

เช่น หาก $s = 1$ ดังนั้น $k = 4$

$$g_4(x) = (x-3)(x-3^2)(x-3^3)(x-3^4)$$

$$= 59049 - 2916x + 3510x^2 - 120x^3 + x^4$$

$$\text{ดังนั้น } a_0 = 59049 \bmod 929 = 522$$

$$a_1 = -2916 \bmod 929 = 568$$

$$a_2 = 3510 \bmod 929 = 723$$

$$a_3 = -120 \bmod 929 = 809$$

d_n = ค่าของ data codeword แต่ละค่า $d_0, d_1, \dots, d_n$

2. กำหนดค่าเริ่มต้นของ error correction codeword คือ $c_0, c_1, \dots, c_{k-1} = 0$

3. กำหนดค่าเริ่มต้นของตัวแปรชั่วคราว t_1, t_2 , และ $t_3 = 0$

4. วนหาค่า error correction codeword ชั่วคราว

for each codeword $d_i = d_{n-1}, \dots, d_0$

begin

$$t_i = (d_i + c_{k-1}) \bmod 929$$

for each error correction codeword $c_j = c_{k-1}, \dots, c_1$

begin

$$t_2 = (t_1 * a_j) \bmod 929$$

$$t_3 = 929 - t_2$$

$$c_j = (c_{j-1} + t_3) \bmod 929$$

end

$$t_2 = (t_1 * a_0) \bmod 929$$

$$t_3 = 929 - t_2$$

$$c_0 = t_3 \bmod 929$$

end

5. คำนวณค่า Error correction codeword สุดท้าย

codeword $c_j = c_0, \dots, c_{k-1}$

begin

if $c_j \text{ not } 0$

$c_j = 929 - c_j$

end

2.3 มาตรฐานการถอดรหัสบาร์โค้ด PDF417

การถอดรหัสบาร์โค้ด (Decoding) จะถอดรหัสจากซ้ายไปขวา บนลงล่างมี 2 ขั้นตอนคือ

3.1 Low-level decoding เป็นการแปลง X-sequence กลับเป็นค่า codeword

3.2 High-level decoding เป็นการแปลงค่า codeword กลับเป็นข้อมูลหรือข้อความ

2.3.1 Low-level decoding

เป็นการแปลง X-sequence กลับเป็นค่า codeword คือนำ X-sequence ที่สแกนได้มาแปลงเป็น t-sequence โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างลำดับตัวเลขทั้ง 2 ค่าแล้วนำ t-sequence ที่ได้มาหาค่า codeword ตามค่าคลัสเตอร์ของ codeword นั้น

2.3.2 High-level decoding

เป็นการแปลงค่า codeword ที่ได้จากขั้นตอน Low-level decoding กลับเป็นข้อมูลซึ่งขึ้นอยู่กับโหมดของข้อมูลที่นำมาแปลงเช่นเดียวกับในขั้นตอนการเข้ารหัสบาร์โค้ดคือ

1. โหมด Text compaction : แปลงค่า codeword กลับเป็นข้อมูลตัวอักษร ตัวเลข หรือเครื่องหมายพิเศษ

ขั้นตอนการแปลงค่า codeword ให้เป็นข้อมูลคือ

1. แยกค่า codeword ออกเป็น 2 ค่าโดยใช้สูตร ค่า codeword = (high-value * 30) + low-value
2. แปลงค่า high-value และ low-value เป็นข้อมูลจากตารางที่ 2.1 ตามโหมดย่อยปัจจุบัน หากค่าที่ได้เป็นค่าของการเปลี่ยนโหมด แสดงว่าการแปลงค่าครั้งต่อไป จะดูค่าข้อมูลตามโหมดย่อยที่เปลี่ยนไปใช้นั้นๆ

2. โหมด Byte compaction : แปลงค่า codeword กลับเป็นข้อมูลแบบไบนารี

ขั้นตอนการแปลงค่า codeword ให้เป็นข้อมูลคือ

1. แบ่งค่า codeword ออกเป็นชุด ชุดละ 5 ค่า หากชุดใดมีจำนวนไม่ถึง 5 ค่าจะได้ข้อมูลตามค่า codeword นั้นเลย
2. วนคำนวณหาค่า t (ตัวแปรชั่วคราว) โดยมีค่าเริ่มต้น $t = 0$

for $i = 0$ to $n-1$ // n คือจำนวน codeword

begin

$$t = (t * 900) + c_i$$

end

โดยที่ $c_i = c_0, c_1, c_2, \dots, c_{n-1}$ คือค่า codeword

t คือ ตัวแปรชั่วคราว

3. คำนวณหาค่าข้อมูล $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ จากสูตร

$$t = b_0 * 256^5 + b_1 * 256^4 + b_2 * 256^3 + b_3 * 256^2 + b_4 * 256^1 + b_5 * 256^0$$

3. โหมด Numeric compaction : แปลงค่า codeword กลับเป็นข้อมูลชุดตัวเลขยาวๆ

ขั้นตอนการแปลงค่า codeword ให้เป็นข้อมูลคือ

1. แบ่งค่า codeword ออกเป็นชุด ชุดละ 16 ค่า (ซึ่งอาจมีจำนวนไม่ถึงในชุดสุดท้าย)
2. วนคำนวณหาค่า x (ตัวแปรชั่วคราว) โดยมีค่าเริ่มต้น $x = 0$

for $i = 0$ to $n-1$ // n คือจำนวน codeword

begin

$$x = (x * 900) + c_i$$

end

โดยที่ $c_i = c_0, c_1, c_2, \dots, c_{n-1}$ คือค่า codeword

x คือ ตัวแปรชั่วคราว

3. ข้อมูล คือค่าของ x ที่ตัวเลข 1 ที่ตำแหน่งซ้ายสุดออก

บทที่ 3

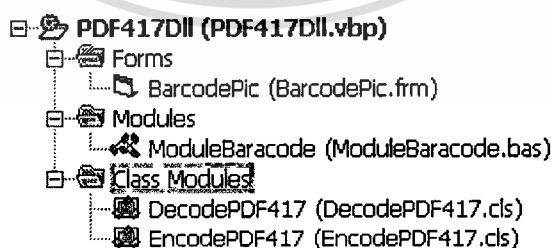
การพัฒนาโปรแกรม

เพื่อให้เข้าใจถึงมาตรฐาน ประโยชน์ และการประยุกต์ใช้งานบาร์โค้ด PDF417 จึงได้พัฒนาโมดูลการทำงาน และระบบงานขึ้นมาดังนี้

1. ActiveX DLL เป็นการพัฒนาโมดูลและฟังก์ชันในการเข้ารหัสเพื่อสร้างไฟล์รูปภาพบาร์โค้ด และการถอดรหัสข้อมูลจากไฟล์รูปภาพกลับมาเป็นข้อมูลเดิม เพื่อให้สอดคล้องกับหลักการของ Reusability โดยเป็นการแบ่งโปรแกรมออกเป็นรูทีน หรือโมดูลย่อยๆ แล้วจัดเก็บไว้เป็นไลบรารี เพื่อสามารถถูกเรียกใช้จากโปรแกรมอื่นต่อไปได้
2. โปรแกรมประยุกต์ใช้งานบาร์โค้ด PDF417 เป็นการพัฒนาระบบงานออกใบขับขี่ที่ใช้บาร์โค้ดเก็บข้อมูลสำคัญๆ โดยอาศัยโมดูลและฟังก์ชันต่างๆของ ActiveX DLL ที่พัฒนาขึ้นในส่วนแรกมารองรับการสร้างและถอดรหัสข้อมูลของบาร์โค้ด รวมทั้งจัดการเกี่ยวกับฐานข้อมูลใบขับขี่ด้วย

3.1 ActiveX DLL สำหรับการเข้ารหัส สร้าง และถอดรหัสบาร์โค้ด PDF417

เป็นการพัฒนาไลบรารี(ActiveX DLL) ที่รวบรวมโมดูลและฟังก์ชันต่างๆที่ใช้เข้ารหัสข้อมูลเพื่อสร้างไฟล์รูปภาพบาร์โค้ด และการถอดรหัสข้อมูลจากไฟล์รูปภาพบาร์โค้ดกลับมาเป็นข้อมูลเดิมที่ถูกนำไปใช้งานต่อไป ซึ่งมีขั้นตอนการสร้าง Project ให้เป็น ActiveX Dll และการคอมไพล์พร้อมบันทึกไฟล์ ActiveX Dll ดังรูปในภาคผนวก ก. โดยโครงสร้างของ ActiveX DLL ที่พัฒนาขึ้นเป็นดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของ ActiveX DLL ที่พัฒนาขึ้น

จากรูปโครงสร้างของ ActiveX DLL ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 2 คลาสโมดูลคือ

3.1.1 คลาสโมดูล EncodePDF417

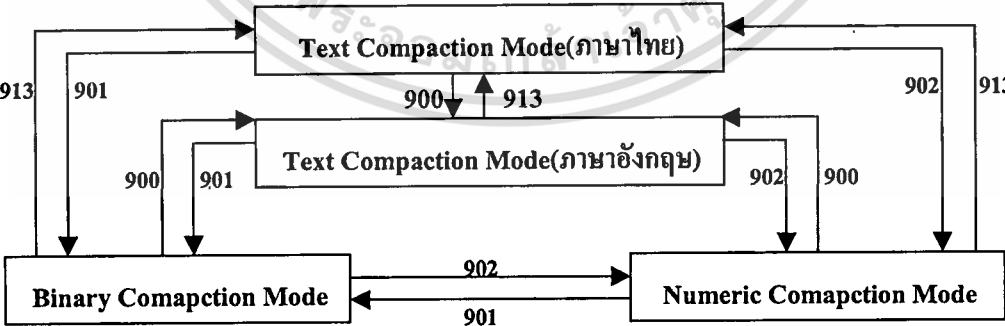
เป็นคลาสโมดูลที่รวบรวมโมดูล และฟังก์ชันต่างๆในการเข้ารหัส และสร้างไฟล์รูปภาพ บาร์โค้ด ซึ่งสามารถรองรับข้อมูลทั้งภาษาอังกฤษและภาษาไทย รวมทั้งข้อมูลที่เป็นชุดตัวเลขยาวๆ และข้อมูลที่เป็นแบบไบนารี(0 และ 1) เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐาน PDF417 ที่สามารถเก็บข้อมูลที่ต่างโหมดกันได้ สำหรับข้อมูลภาษาไทย ได้กำหนดค่าของตัวอักษรภาษาไทยเพื่อใช้เข้ารหัสข้อมูลเพิ่มเติมจากมาตรฐานเดิมที่สามารถเข้ารหัสได้เฉพาะภาษาอังกฤษดังตารางที่ 3.1 และกำหนดค่า codeword พิเศษที่ใช้ระบุถึงการเปลี่ยนโหมดข้อมูลเป็นข้อมูลภาษาไทยเพิ่มขึ้นคือ 913 ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสถานะของค่า codeword พิเศษจึงเป็นดังรูปที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 Text Compaction code value ของตัวอักษรภาษาไทย

Value/Submode	Alpha1	Alpha2	Alpha_Vowel	Mixed
0	ก	ฅ	ร	0
1	ข	ณ	ฤ	1
2	ฃ	ด	ล	2
3	ค	ต	ภ	3
4	ค	ถ	ว	4
5	ฌ	ท	ศ	5
6	ง	ธ	ษ	6
7	จ	น	ส	7
8	ฉ	บ	ห	8
9	ช	ป	ฬ	9
10	ซ	ผ	อ	๐
11	ฌ	ฝ	ฮ	๑
12	ญ	พ	า	๒
13	ฎ	ฟ	ำ	๓
14	ฏ	ภ	ั	๔
15	ฐ	ม	อ	๕
16	ฑ	ย	ั	๖
17	ฑ	อุ	ิ	๗

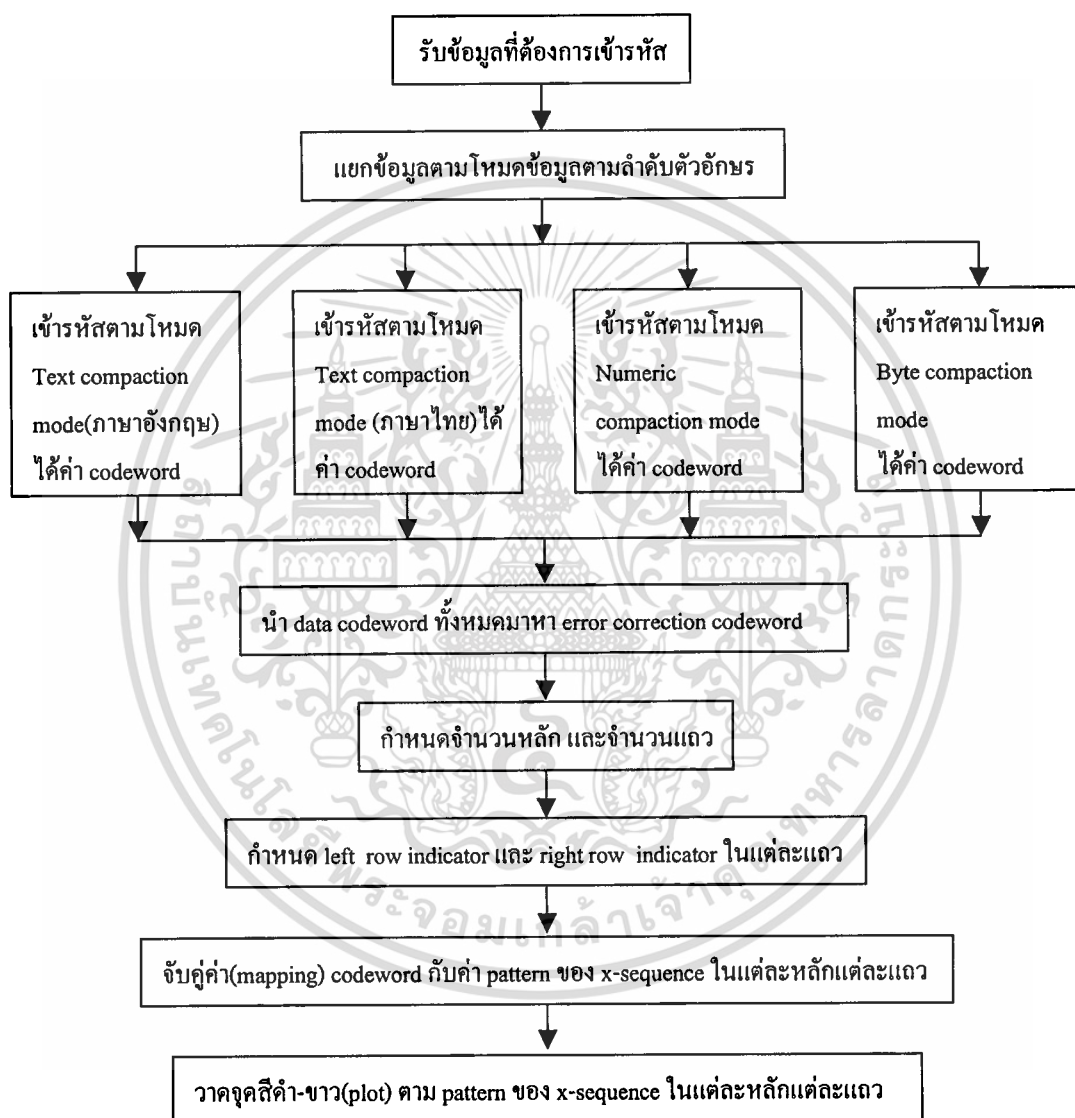
18	ะ	อุ	ด้	ณ
19	คั	คุ	ค็	ธ
20	า	฿	คิ	*
21	คำ	เ	“	+
22	คิ	แ	(	,
23	คื	โ	)	-
24	คี่	ใ	,	.
25	คี้	ไ	?	/
26	SPACE	SPACE	SPACE	SPACE
27	Alpha2	Alpha1	Alpha1	Alpha1
28	Alpha_Vowel	Alpha_Vowel	Alpha2	Alpha2
29	Mix	Mix	Mix	Alpha_Vowel

จากตารางที่ 3.1 จะแบ่งโหมดของตัวอักษรตามค่ารหัส ASCII ของตัวอักษรภาษาไทยทั้งพยัญชนะ สระ และวรรณยุกต์โดยจัดแบ่งสระและวรรณยุกต์ให้กระจายอยู่ใน 3 โหมดย่อยคือ โหมดย่อย Ap1 โหมดย่อย Ap2 และโหมดย่อย Alpha_Vowel เนื่องจากคำในภาษาไทยมีการผสมระหว่างพยัญชนะ สระ และวรรณยุกต์ปนกันไป ดังนั้นจึงจัดค่าโหมดของสระ และวรรณยุกต์กระจายไปเพื่อไม่ให้ต้องสลับโหมดไปมา ทำให้เปลืองค่า codeword ที่ต้องใช้เก็บค่า codeword ที่ระบุถึงการเปลี่ยนโหมดย่อยแทน ส่วนเครื่องหมายพิเศษที่ใช้ได้นั้นจะกำหนดตามที่มืออยู่บนเป็นคีย์บอร์ดภาษาไทย และเป็นตัวเลขทางด้านขวา



รูปที่ 3.2 การเปลี่ยนแปลงสถานะของค่า codeword พิเศษ

นอกจากนี้ยังมีโมดูลในการพิมพ์บาร์โค้ดที่สร้างได้ออกทางเครื่องพิมพ์โดยสามารถกำหนดความกว้าง และความสูงของบาร์โค้ดได้ตามต้องการเพื่อให้สามารถพิมพ์ลงใบขับขี่ด้านหลังได้พอดี และโมดูลในการบันทึกไฟล์รูปภาพที่สร้างได้ โดยสามารถรองรับไฟล์รูปภาพได้ 3 ประเภทคือ ไฟล์ภาพ.bmp ไฟล์ภาพ.jpg และไฟล์ภาพ.gif



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการเข้ารหัสและสร้างรูปภาพบาร์โค้ด

ขั้นตอนการเข้ารหัสและสร้างรูปภาพบาร์โค้ดคือ

1. รับข้อมูล(ชุดตัวอักษร ตัวเลข หรือเครื่องหมายพิเศษ)ที่ต้องการเข้ารหัส
2. แยกข้อมูลที่ได้ว่าเป็นข้อมูลโหมดใดระหว่าง Text compaction mode(ภาษาอังกฤษ) Text compaction mode(ภาษาไทย) Numeric compaction mode หรือ Byte compaction mode ซึ่งอาจเป็นข้อมูลที่สลับโหมดกันไปก็ได้ แล้วแต่ลำดับข้อมูล
3. เข้ารหัสในแต่ละ โหมดข้อมูลเพื่อหาค่า codeword

3.1 ขั้นตอนการแปลงข้อมูลให้เป็นค่า codeword ของโหมด Text compactionทั้งภาษาไทย

และภาษาอังกฤษ คือ

1. หาค่าของข้อมูล(ตัวอักษร ตัวเลข และเครื่องหมายพิเศษ)จากตาราง Text compaction code value สำหรับตัวอักษรภาษาไทย(ตารางที่3.1) หรือภาษาอังกฤษ (ตารางที่2.1) แล้วนำมาเรียงต่อกันเป็นชุดตัวเลข
 2. นำชุดตัวเลขที่ได้จากขั้นที่ 1 แบ่งเป็นคู่ๆโดยกำหนดให้ตัวเลขแรกเป็นhigh-value ตัวเลขที่สองเป็น low-value
 3. คำนวณค่า codeword จากสูตรค่า codeword = (high-value * 30) + low-value
- #### 3.2 ขั้นตอนการแปลงข้อมูลให้เป็นค่า codeword ของโหมด Byte compaction คือ

1. แบ่งข้อมูลออกเป็นชุด ชุดละ 6 ไบต์ แต่ละไบต์ทำให้เป็นเลขฐานสิบหากชุดข้อมูลใดไม่ถึง6ไบต์จะได้ค่าcodeword ตามค่าข้อมูลนั้นเลย

2. คำนวณ t (ตัวแปรชั่วคราว) จากสูตร

$$t = b_0 * 256^5 + b_1 * 256^4 + b_2 * 256^3 + b_3 * 256^2 + b_4 * 256^1 + b_5 * 256^0$$

3. นำค่า t ที่ได้จากขั้นที่ 2 มาวนคำนวณหาค่า codeword ดังนี้

for i = 0 to n-1 // n คือจำนวนไบต์

begin

$$ci = t \bmod 900$$

$$t = t \div 900$$

end

โดยที่ ci = c0, c1, c2, ..., cn-1 คือค่า codeword

t คือ ตัวแปรชั่วคราว

3.3 ขั้นตอนการแปลงข้อมูลให้เป็นค่า codeword ของโหมด Numeric compaction คือ

1. แบ่งข้อมูลออกเป็นชุด ชุดละ 44 ตัว (ซึ่งอาจมีจำนวนตัวเลขไม่ถึงในชุดสุดท้าย)
2. เพิ่มเลข 1 ไปที่ตำแหน่งแรกทางซ้ายมือของแต่ละชุด
3. วนคำนวณหาค่า codeword ดังนี้

for i = 0 to n-1 // n คือจำนวน codeword

begin

ci = x mod 900

x = x div 900

end

โดยที่ ci = c0, c1, c2, ..., cn-1 คือค่า codeword

x คือตัวเลขที่นำมาแปลงต้องนำหน้าด้วยเลข 1 เสมอ

n คือ จำนวน codeword ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

สูตร จำนวน codeword (n) = INT(จำนวนตัวเลข / 3) + 1

เมื่อได้ค่า codeword ทั้งหมดจึงนำรวมกันโดยหากมีการเปลี่ยนโหมดก็ให้ค้นค่า codeword แต่ละโหมดด้วยค่า codeword พิเศษดังแสดงในรูปที่ 3.2

4. นำ data codeword ที่ได้ทั้งหมดมาใช้เป็นค่าเริ่มต้นเพื่อหา error correction codeword ซึ่งมีขั้นตอนดังที่กล่าวในบทที่ 2 โดยกำหนดค่า

- ระดับ error correction ให้ยึดโน้มนิตตามตารางที่ 2.4
- จำนวน data codeword ทั้งหมดเท่ากับ จำนวน data codeword ที่ได้จากขั้นที่แล้วบวก 1
- ค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละพจน์จากสมการ Polynomial $gk(x) = (x-3)(x-3^2)(x-3^3) \dots$ ซึ่งนำมา Modulus กับ 929 นั้นเก็บอยู่ในฐานข้อมูลดังตารางที่ 3.2 เพื่อให้ดึงข้อมูลได้เร็วกว่าในไฟล์ข้อมูล(file.txt)

5. กำหนดจำนวนหลัก เท่ากับ $\sqrt{\text{จำนวนcodeword ทั้งหมด}} - 7$ เพื่อให้ภาพบาร์โค้ดที่ถูกพิมพ์นั้นขีดออกเมื่อถูกพิมพ์ขนาด 3" x 1" จะได้ง่ายต่อการถอดรหัส และจำนวนแถว เท่ากับ (จำนวนcodeword ทั้งหมด) div (จำนวนหลัก)
6. หาค่า left and right row indicator ในแต่ละแถวโดยอาศัยข้อมูลในการสร้าง left and right row indicator จากขั้นตอนที่แล้ว(จำนวนหลัก จำนวนแถว และระดับ error correction)และลำดับที่ในแต่ละแถว ซึ่งมีขั้นตอนดังบทที่ 2
7. วาดจุดสีดำ-ขาว(plot)ตาม pattern ของ X-sequence โดยค่า X-sequence นี้ได้จากการจับคู่ค่า(mapping) codeword กับค่า X-sequence ซึ่งถูกเก็บในฐานข้อมูลดังตารางที่ 3.2 (สำหรับ

left row indicator codeword, data codeword, และ right row indicator codeword)ในการ
วาดจุดสีดำ-ขาวนี้จะวาดจากซ้ายไปขวา บนลงล่างโดยเริ่มจาก pattern ของ start pattern,
left row indicator , data , right row indicator, และ stop pattern ตามลำดับในแต่ละแถว
โดยวาดจุดสีดำสลับขาวแล้วแต่ค่าของ X-sequence ในแต่ละค่าทั้ง 8 ค่า
เช่น X-sequence คือ 31111334 เป็นการวาดจุดสีดำต่อกัน 3 จุด, จุดสีขาว 1 จุด, จุดสีดำ 1
จุด, จุดสีขาว 1 จุด, จุดสีดำ 1 จุด, จุดสีขาวต่อกัน 3 จุด, จุดสีดำต่อกัน 3 จุด และจุดสีขาวต่อ
กัน 4 จุดตามลำดับดังรูปที่3.4 วาดจนครบทุกหลักในแต่ละแถว และครบทุกแถว



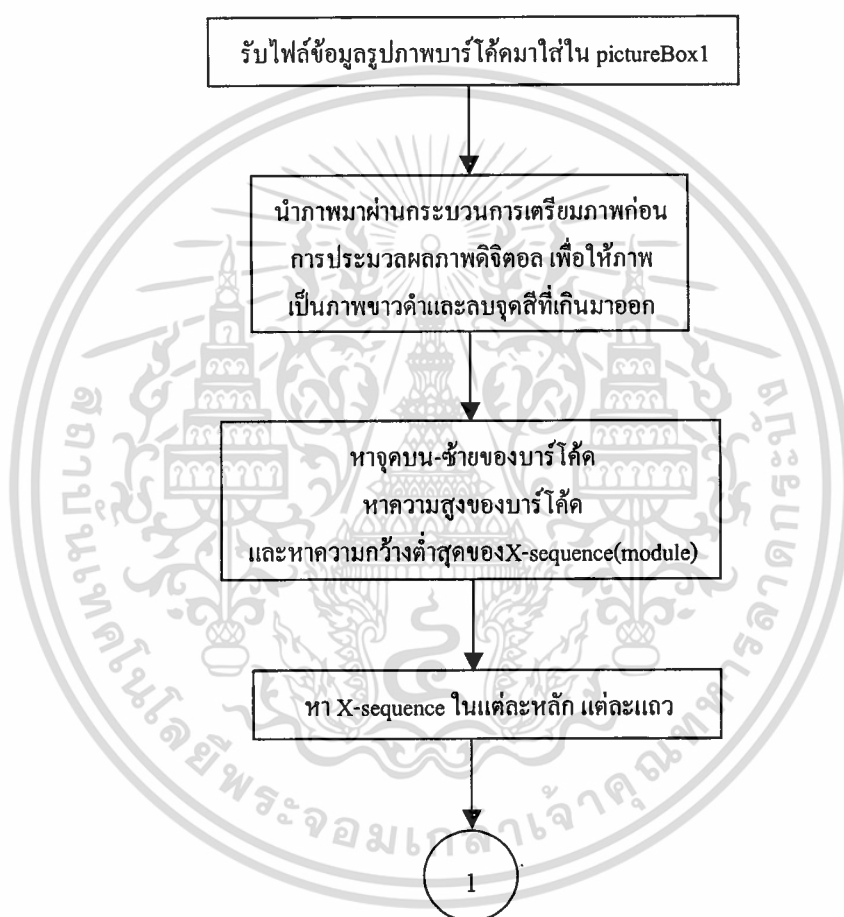
รูปที่ 3.4 การวาดจุดสีดำ-ขาวตามค่า X-sequence

ตารางที่ 3.2 ตาราง Temp_T_X_sequence เก็บค่า X-sequence และค่าสัมประสิทธิ์

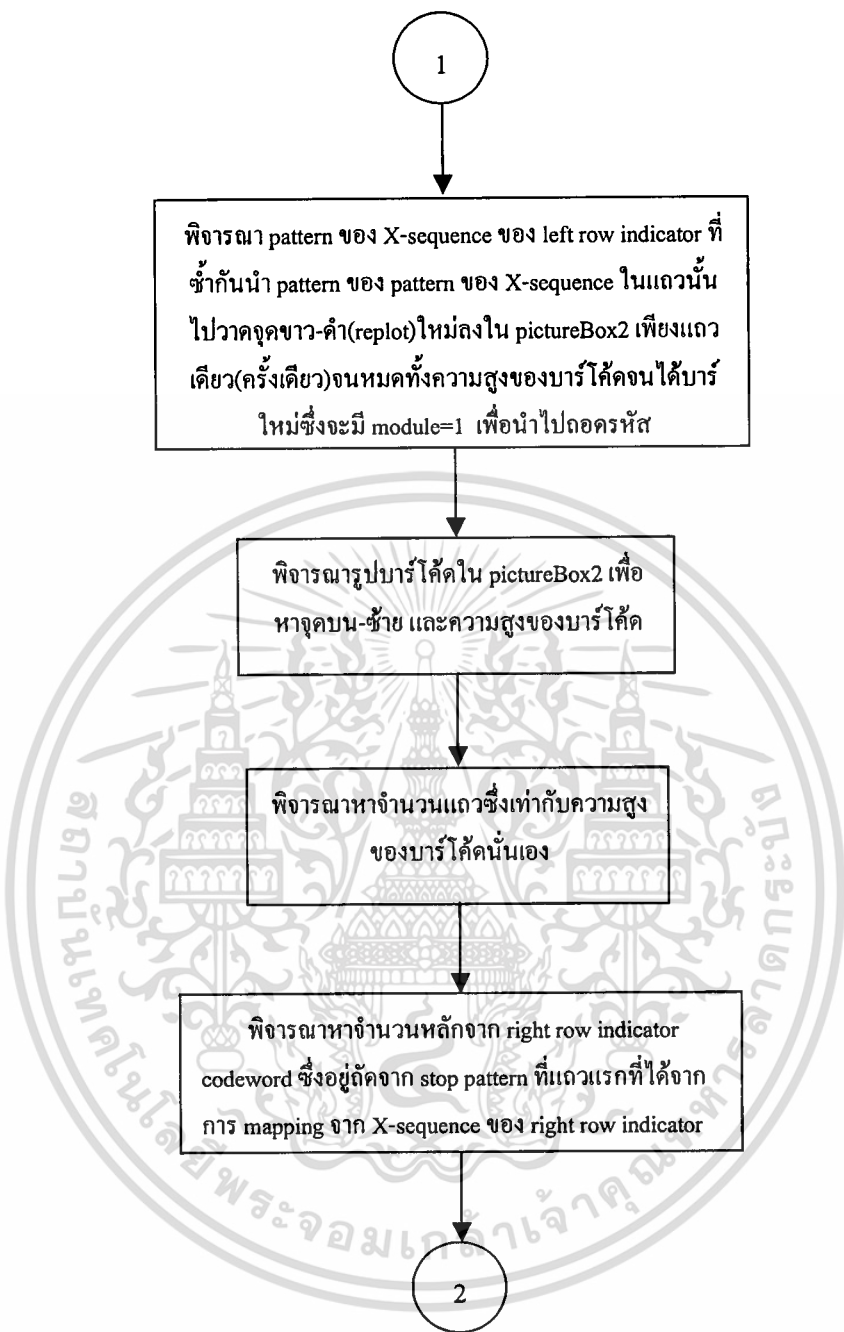
ชื่อเขตข้อมูล	ชนิดข้อมูล	ประเภทคีย์	คำอธิบาย
OrderID	Number	Primary key	เก็บค่า codeword
X_seq_clus0	Text		เก็บค่า X sequence ในคลัสเตอร์ที่0
X_seq_clus3	Text		เก็บค่า X sequence ในคลัสเตอร์ที่3
X_seq_clus6	Text		เก็บค่า X sequence ในคลัสเตอร์ที่6
Coef_0	Number		เก็บค่าสัมประสิทธิ์ของerror correction ระดับ 0
Coef_1	Number		เก็บค่าสัมประสิทธิ์ของerror correction ระดับ 1
Coef_2	Number		เก็บค่าสัมประสิทธิ์ของerror correction ระดับ 2
Coef_3	Number		เก็บค่าสัมประสิทธิ์ของerror correction ระดับ 3
Coef_4	Number		เก็บค่าสัมประสิทธิ์ของerror correction ระดับ 4
Coef_5	Number		เก็บค่าสัมประสิทธิ์ของerror correction ระดับ 5
Coef_6	Number		เก็บค่าสัมประสิทธิ์ของerror correction ระดับ 6
Coef_7	Number		เก็บค่าสัมประสิทธิ์ของerror correction ระดับ 7
Coef_8	Number		เก็บค่าสัมประสิทธิ์ของerror correction ระดับ 8

3.1.2 คลาสโมดูล DecodePDF417

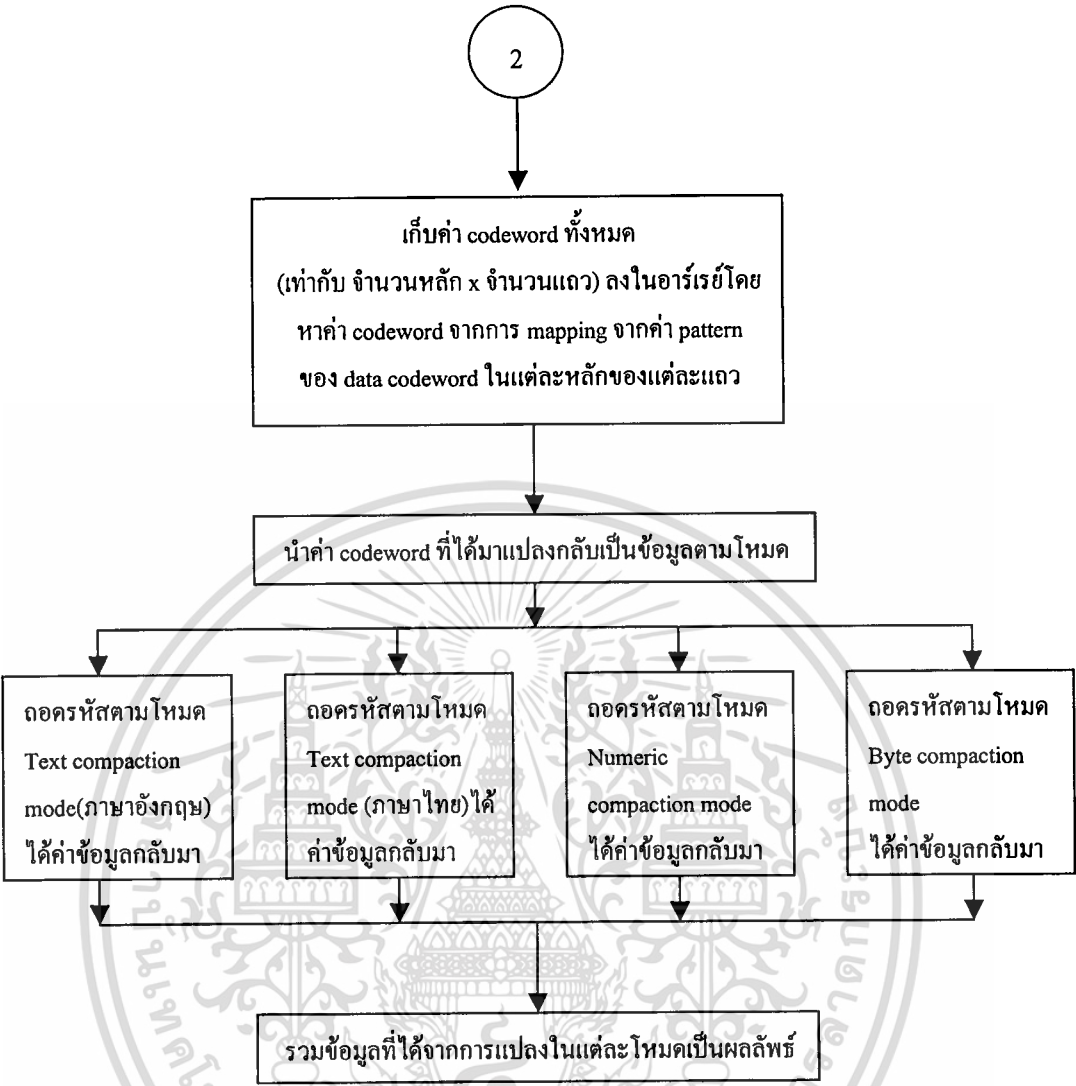
เป็นคลาสโมดูลที่รวบรวมโมดูล และฟังก์ชันต่างๆ ในการถอดรหัสข้อมูลจากไฟล์รูปภาพบาร์โค้ด ทั้งรูปภาพที่สร้างจากคลาสโมดูล EncodePDF417 และรูปที่ได้จากการสแกน ดังนั้นจึงต้องนำภาพมาผ่านกระบวนการเตรียมภาพก่อนการประมวลผลภาพดิจิทัลโดยใช้หลักการของการประมวลผลภาพดิจิทัล เพื่อจัดหรือลบข้อมูล (information) ที่ไม่เกี่ยวข้องหรือที่เราไม่สนใจออกไปก่อนนำภาพมาประมวลผลหาค่าข้อมูลที่ถูกเข้ารหัสอยู่ในบาร์โค้ด



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการถอดรหัสข้อมูลจากไฟล์รูปภาพบาร์โค้ด(ส่วนที่1)



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการถอดรหัสข้อมูลจากไฟล์รูปภาพบาร์โค้ด(ส่วนที่2)



รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการถอดรหัสข้อมูลจากไฟล์รูปภาพบาร์โค้ด(ส่วนที่3)

ขั้นตอนการถอดรหัสข้อมูลจากไฟล์รูปภาพบาร์โค้ดคือ

- 1. รับไฟล์ข้อมูลภาพบาร์โค้ดมาใส่ใน pictureBox1
- 2. นำภาพมาผ่านกระบวนการเตรียมภาพก่อนการประมวลผลภาพดิจิทัลโดยมีขั้นตอนดังจะกล่าวต่อไปในบทที่4 เพื่อให้ภาพเป็นภาพขาวดำ และลบข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องออกก่อนกล่าวคือลบจุดสีที่เกินมาซึ่งทำให้จำนวนรูปแบบแท่งและช่องว่างเกินจากความเป็นจริงทำให้ถอดรหัสข้อมูลผิดพลาด

3. ไล่หาจุดสีดำจุดแรกที่อยู่บนซ้ายของบาร์โค้ด เพื่อหา
 - ความสูงของบาร์โค้ดโดยนับจำนวนจุดที่เป็นสีดำในแนวดิ่งไล่ลงจากจุดถัดจากมุมบนซ้ายไปด้านขวา 3 จุด(กรณีขอบซ้ายของบาร์โค้ดไม่เรียบมีจุดขาวปน) จนพบจุดขาว
 - ความกว้างต่ำสุดของ X-sequence(module) โดยไล่จากจุดบนซ้ายไปจนเจอจุดขาวแล้วเริ่มนับจำนวนจุดขาวไปจนพบจุดดำ และเริ่มนับจำนวนจุดดำไปจนพบจุดขาว ทำสลับกันไป 5 ครั้งแล้วนำมาหารด้วย 5 เป็นค่าของ module เพราะจุดเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของ start pattern ซึ่งมีความกว้างเป็น 1 module
4. หา pattern ของ X-sequence ในแต่ละแถวทั้ง start pattern, left row indicator, data, right row indicator และ stop pattern
5. จาก pattern ที่ได้ในแต่ละแถวจากขั้นที่แล้วนำมาตรวจสอบดูว่ามี pattern ของ left row indicator ซ้ำกันหรือไม่ ถ้าซ้ำคือยังเป็น pattern อันเดิมข้อมูลเดิม ถ้าไม่ซ้ำแสดงว่าไล่ไปแถวข้อมูลใหม่แล้วจึงนำ pattern เดิมนั้นไปวาดใหม่(วาดจุดขาว-ดำ)ลงใน pictureBox2 เพียงแถวเดียว เริ่มจากจุด(2,2) แล้วกำหนด pattern ในการวนหาว่าซ้ำหรือไม่เป็น pattern ที่ไม่ซ้ำจากครั้งที่แล้ว วนหาและวาดไปจนหมดความสูงของบาร์โค้ด
6. จากขั้นที่ 6 จะได้รูปบาร์โค้ดที่มีขนาดของ module เป็น 1 หน่วย(1 พิกเซล) และความสูงในแต่ละแถวคือ 1 จึงทำการถอดรหัสโดยใช้ภาพใน pictureBox2 นี้ โดยไล่หาจุดบนซ้ายของบาร์โค้ด และหาความสูงของบาร์โค้ด
7. พิจารณหาจำนวนแถว ซึ่งความสูงของบาร์โค้ดที่ได้จากขั้นที่ 6 คือจำนวนแถวของบาร์โค้ดนั่นเอง เพราะภาพใน pictureBox2 เป็นภาพที่ถูกวาดใหม่จากแถวที่มี pattern ซ้ำเพียงครั้งเดียวของบาร์โค้ดต้นฉบับ ดังนั้นความสูงในแต่ละแถวคือ 1 นั่นเอง
8. พิจารณหาจำนวนหลักจาก right row indicator codeword ในแถวแรกที่ได้จากการ mapping จาก X-sequence ของ right row indicator ซึ่งอยู่ถัดจาก stop pattern โดยจับคู่ค่า pattern เพื่อหาค่า codeword จากฐานข้อมูลตารางที่ 3.2 ซึ่งจำนวนหลักเท่ากับ ค่า codeword ที่ได้บวก 1
9. หาค่า codeword จากการ mapping จากค่า X-sequence ของ data codeword ในแต่ละหลักของแต่ละแถวให้หมด แล้วเก็บค่า codeword ทั้งหมด(เท่ากับ จำนวนหลัก x จำนวนแถว) ลงในอาร์เรย์
10. นำค่า codeword ที่ได้มาแปลงกลับเป็นข้อมูลตามโหมดข้อมูล
 - 10.1 ขั้นตอนการแปลงค่า codeword ให้เป็นข้อมูลของโหมด Text compaction ทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษคือ

1. แยกค่า codeword ออกเป็น 2 ค่าโดยใช้สูตร

$$\text{codeword} = (\text{high-value} * 30) + \text{low-value}$$

2. แปลงค่า high-value และ low-value เป็นข้อมูลจากตารางที่ 2.1 (สำหรับตัวอักษรภาษาอังกฤษ) หรือจากตารางที่ 3.1 (สำหรับตัวอักษรภาษาไทย) ตามโหมดย่อย ปัจจุบัน หากค่าที่ได้เป็นค่าของการเปลี่ยนโหมด แสดงว่าการแปลงค่าครั้งต่อไปจะดูค่าข้อมูลตามโหมดย่อยที่เปลี่ยนไปใช้นั้นๆ

10.2 ขั้นตอนการแปลงค่า codeword ให้เป็นข้อมูลของโหมด Byte compaction คือ

1. แบ่งค่า codeword ออกเป็นชุด ชุดละ 5 ค่า หากชุดใดมีจำนวนไม่ถึง 5 ค่าจะได้ข้อมูลตามค่า codeword นั้นเลย

2. วนคำนวณหาค่า t (ตัวแปรชั่วคราว) โดยมีค่าเริ่มต้น $t = 0$

for $i = 0$ to $n-1$ // n คือจำนวน codeword

begin

$$t = (t * 900) + c_i$$

end

โดยที่ $c_i = c_0, c_1, c_2, \dots, c_{n-1}$ คือค่า codeword

t คือ ตัวแปรชั่วคราว

3. คำนวณหาค่าข้อมูล $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ จากสูตร

$$t = b_0 * 256^5 + b_1 * 256^4 + b_2 * 256^3 + b_3 * 256^2 + b_4 * 256^1 + b_5 * 256^0$$

10.3 ขั้นตอนการแปลงค่า codeword ให้เป็นข้อมูลของโหมด Numeric compaction คือ

1. แบ่งค่า codeword ออกเป็นชุด ชุดละ 16 ค่า (ซึ่งอาจมีจำนวนไม่ถึงในชุดสุดท้าย)

2. วนคำนวณหาค่า x (ตัวแปรชั่วคราว) โดยมีค่าเริ่มต้น $x = 0$

for $i = 0$ to $n-1$ // n คือจำนวน codeword

begin

$$x = (x * 900) + c_i$$

end

โดยที่ $c_i = c_0, c_1, c_2, \dots, c_{n-1}$ คือค่า codeword

x คือ ตัวแปรชั่วคราว

3. ข้อมูล คือค่าของ x ที่ตัดเลข 1 ที่ตำแหน่งซ้ายสุดออก

11. เชื่อมข้อมูลที่ได้จากการถอดรหัสในแต่ละโหมดข้อมูลเข้าด้วยกัน รวมกันเป็นผลลัพธ์

นอกจากActiveX DLL จะประกอบด้วย 2 คลาสโมดูลแล้วยังประกอบด้วยโมดูล ModuleBarcode เพื่อใช้ประกาศตัวแปรโกลบอล PicDllPath เพื่อใช้เป็นตัวแปรกำหนดตำแหน่งของไฟล์รูปภาพที่สร้างขึ้นว่าอยู่ที่ใดให้อัตโนมติ กล่าวคือ เพื่อให้สะดวกในการบันทึกและเปิดไฟล์รูปภาพขึ้นมาใช้งาน จึงกำหนดให้ตำแหน่งของไฟล์อยู่ที่ App.path & "test.bmp" ซึ่งจะดึงตำแหน่งของแอปพลิเคชันที่เก็บอยู่มาเชื่อมกับชื่อไฟล์รูปภาพ(test.bmp) นั่นเอง ทำให้ไฟล์รูปภาพบาร์โค้ดที่สร้างขึ้นมาจัดเก็บไว้ที่ตำแหน่งนี้อยู่แล้ว หากแอปพลิเคชันใดต้องการนำ DLL นี้ไปใช้ก็เพียงอ้างอิงการใช้ DLL มายังไฟล์ PDF417Dll.DLL นี้ก็สามารถสร้างไฟล์รูปภาพบาร์โค้ด PDF417 จากข้อมูลที่ส่งเข้ามาให้อัตโนมติ และใช้งานรูปภาพบาร์โค้ดที่สร้างขึ้นได้เลย

จากโมดูลที่สร้างขึ้นเพื่อถอดรหัสนั้น ยังคงมีข้อจำกัดในการถอดรหัสอยู่คือรูปภาพบาร์โค้ดที่นำมาถอดรหัสนั้นต้องไม่เอียง และมีความกว้างค่าสุดของ X-sequence หรือค่า module มากกว่า 5 พิกเซลขึ้นไปเพื่อป้องกันไม่ให้แท่งสีดำขาดหายไป จึงได้ทำการทดลองถอดรหัสจากรูปภาพบาร์โค้ดต่างๆดังตัวอย่างการทดลองถอดรหัสบาร์โค้ด PDF417 ในภาคผนวก ก.

3.2 โปรแกรมประยุกต์ใช้งานบาร์โค้ด PDF417

เนื่องจากบาร์โค้ด PDF417 ถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางโดยเฉพาะระบบงานออกบัตรทางราชการ จึงได้พัฒนาโปรแกรมระบบงานออกใบขับขี่ที่นำบาร์โค้ด PDF417 มาใช้เก็บข้อมูลสำคัญเพื่อติดไว้ด้านหลังใบขับขี่ ทำให้สามารถดึงข้อมูลสำคัญเหล่านั้นออกมาใช้งานได้ถึงแม้จะไม่สามารถติดต่อฐานข้อมูลได้ในขณะนั้นก็ตาม จึงทำให้บาร์โค้ดเป็นเสมือนไฟล์ข้อมูลในตัวเอง และเพื่อตอบสนองต่อมาตรการตัดเค้นการขบขิยานพาหนะ บาร์โค้ดนี้สามารถดึง เก็บบันทึก และปรับปรุงแก้ไขของผู้ขับขี่แต่ละคนได้สะดวกยิ่งขึ้น โดยไม่ต้องติดต่อกับฐานข้อมูล เพราะข้อมูลเต็มถูกเก็บลงในตัวบาร์โค้ดเอง

นอกจากโปรแกรมจะทำการสร้างบาร์โค้ดเพื่อเก็บข้อมูลสำคัญแล้ว ยังรองรับการทำงานกับฐานข้อมูลใบขับขี่ด้วย เพื่อให้สามารถเพิ่ม ลบ ค้นหา และแก้ไขข้อมูลในฐานข้อมูลใบขับขี่ได้ในเบื้องต้น ดังนั้นจึงทำการออกแบบฐานข้อมูลโดยอาศัยหลักการของอี-อาร์ โมเดลดังรูปที่3.8



รูปที่ 3.8 อี-อาร์ โมเดลของฐานข้อมูลใบขับขี่

จากอี-อาร์ ไคอะแกรมของฐานข้อมูลใบขับขี่สามารถนำมาสร้างเป็นตารางที่ใช้ในฐานข้อมูลซึ่งมีรายละเอียดของตารางต่างๆดังนี้

1. ตาราง License(volumeID,name,address,birthD,strtD,endD,ID,type,codeProvince,score) เป็นตารางที่เก็บข้อมูลและรายละเอียดสำคัญของใบขับขี่ ประกอบด้วยเขตข้อมูลดังตารางที่3.3

ตารางที่ 3.3 เขตข้อมูลและรายละเอียดของตาราง License

ชื่อเขตข้อมูล	ชนิดข้อมูล	ประเภทคีย์	คำอธิบาย
volumeID	Number	Primary key	เก็บหมายเลขฉบับที่ใบขับขี่
name	Text		เก็บชื่อและนามสกุลของผู้ขับขี่
address	Memo		เก็บที่อยู่ของผู้ขับขี่
birthD	Date/Time		เก็บวันเกิดของผู้ขับขี่
startD	Date/Time		เก็บวันอนุญาตของใบขับขี่
endD	Date/Time		เก็บวันสิ้นอายุของใบขับขี่
ID	Text		เก็บหมายเลขประจำตัวประชาชน
Type	Number	Foreign key	เก็บรหัสประเภทใบขับขี่
codeProvince	Number	Foreign key	เก็บรหัสนายทะเบียนจังหวัด
score	Number		เก็บแต้มของผู้ขับขี่

2. ตาราง Province(code, provinceName) เป็นตารางที่เก็บรหัสนายทะเบียนจังหวัด และชื่อนายทะเบียนจังหวัดของใบขับขี่ ประกอบด้วยเขตข้อมูลดังตารางที่3.4

ตารางที่ 3.4 เขตข้อมูลและรายละเอียดของตาราง Province

ชื่อเขตข้อมูล	ชนิดข้อมูล	ประเภทคีย์	คำอธิบาย
Code	Number	Primary key	เก็บรหัสนายทะเบียนจังหวัด
provinceName	Text		เก็บชื่อนายทะเบียนจังหวัด

3. ตาราง TypeLicense(code, typeName) เป็นตารางที่เก็บรหัสของประเภทใบขับขี่ และชื่อของประเภทใบขับขี่ ประกอบด้วยเขตข้อมูลดังตารางที่3.5

ตารางที่ 3.5 เขตข้อมูลและรายละเอียดของตาราง TypeLicense

ชื่อเขตข้อมูล	ชนิดข้อมูล	ประเภทคีย์	คำอธิบาย
Code	Number	Primary key	เก็บรหัสประเภทใบขับขี่
typeName	Text		เก็บชื่อประเภทใบขับขี่

ในการทำงานของโปรแกรมระบบงานออกใบขับขี่นี้แบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วนคือ

- 1. การสร้าง และถอดรหัสบาร์โค้ด
- 2. การจัดการฐานข้อมูลใบขับขี่

3.2.1 การสร้างและถอดรหัสบาร์โค้ด

การเข้ารหัสเพื่อสร้าง และพิมพ์บาร์โค้ด และการถอดรหัสบาร์โค้ดนี้อาศัยการเรียกใช้งานโมดูล และฟังก์ชันต่างๆในไลบรารี PDF417DII.DLL ที่สร้างขึ้นในส่วนของ ActiveX DLL สำหรับการเข้ารหัส สร้าง และถอดรหัสบาร์โค้ด PDF417ที่กล่าวมาแล้ว โดยทางโปรแกรมจะส่งผ่านข้อมูลใบขับขี่ซึ่งประกอบด้วย หมายเลขบันทึก ชนิดใบขับขี่ วันอนุญาต วันสิ้นอายุบัตร ชื่อ ที่อยู่ วันที่เกิด เลขประจำตัว นายทะเบียนจังหวัด และเดิม รวมกันเป็นข้อมูลประเภท String ผ่านการเรียก ใช้โฟซีเซอร์ genPDF417 (ข้อมูลใบขับขี่ as String) เพื่อเข้ารหัสข้อมูลแล้วสร้างไฟล์รูปภาพบาร์โค้ดชื่อ “test.bmp” ซึ่งมีตำแหน่งไฟล์อยู่ที่ “App.Path\test.bmp” โดยที่ App.Path เป็นตำแหน่ง(path)ของโปรแกรมนี้อยู่ติดตัวนั่นเอง

เพื่อความสะดวกในการพิมพ์ หรือป้อนข้อมูลของผู้ใช้ และการดูข้อมูลจากการถอดรหัสบาร์โค้ด จึงแบ่งกล่องข้อความ(textBox) เพื่อรับข้อมูลใบขับขี่ดังรูปที่ 3.9 แทนที่จะพิมพ์ข้อมูลทั้งหมดยาวลงในกล่องข้อความเพียงอันเดียว ดังนั้นจึงใช้หลักการของ HTML คือใช้แท็กเปิด และแท็กปิดวางคร่อม ข้อมูลแต่ละอัน แต่เพื่อเป็นการประหยัดจำนวน codeword ที่ต้องใช้แทนแท็กเปิด และแท็กปิดนี้ จึงใช้แค่แท็กเปิดอันเดียวเชื่อมกับข้อมูลในแต่ละกล่องข้อความ แล้วใช้แท็กเปิดของข้อมูลต่อไปเป็นแท็กปิดของอันแรก หรืออันก่อนหน้า ทำให้ข้อมูลที่ถอดรหัสออกมาได้นั้นสามารถถูกแสดงในแต่ละกล่องข้อความได้โดยดูจากแท็กเปิดเหล่านั้นนั่นเอง แท็กเปิดของข้อมูลทั้งหมดที่ใช้คือ <v> <t> <s> <e> <n> <a> <i> <p> และ <sc> ดังนั้นข้อมูลประเภท String ที่ส่งผ่านในการเรียกใช้โฟซีเซอร์ genPDF417 คือ

<v>หมายเลขฉบับที่<i></i><f>ชนิดใบขับขี<s>วันอนุญาต<e>วันสิ้นอายุบัตร<n>ชื่อ<a>ที่อยู่วันที่
เกิด<i></i>เลขประจำตัว<p>นายทะเบียนจังหวัด <sc>แต่้ม ตัวอย่างเช่น
<v>4511108<f>รถจักรยานยนต์หนึ่งปี<s>16/2/2546<e>16/2/2547<n>นายจัน ขยันยิ่ง <a>12/303
สวนหลวง กรุงเทพ4/3/2501<i></i>1259696965553225500<p>เชียงใหม่<sc>60

Driving License Using PDF417

ฉบับที่ 4511108 ...Browse...

ชนิด จดทะเบียนยานยนต์พ่วงปี

วันอายุบัตร 16 กุมภาพันธ์ 2546 (น)

วันสิ้นอายุบัตร 16 กุมภาพันธ์ 2547 (น)

ชื่อ นายชยัน นามสกุล ชันยั้ง

วันที่เกิด 4 มีนาคม 2501 (น)

ที่อยู่ 128/303 สวนหลวง กรุงเทพฯ

เลขประจำตัว 12596969655322500

นายทะเบียนจังหวัด เชียงใหม่

แต่ง 60

<| < Update > |> Delete Add Clear All Text

รูปที่ 3.9 กล่องข้อความ(textBox) ต่างๆเพื่อรับข้อมูลใบขับขี่

ในกรณีที่มีข้อมูลไบแนรีที่ตัวเองมีตัวอักษรเหมือนแต่ก็เปิด ซึ่งจะพิจารณาแค่ข้อมูลที่เป็นตัวอักษรเท่านั้นเพราะข้อมูลที่เป็นวันที่ และตัวเลขนั้นไม่มีตัวอักษรใดที่ซ้ำกับตัวอักษรของแต่ก็เปิดแน่นอน และพิจารณาแต่ก็ปิดของกล่องข้อความที่เป็นตัวอักษร โดยการแทนที่ข้อมูลเหล่านั้นด้วย escape sequence ก่อนแล้วจึงรวมกับข้อมูลอื่นๆดังนี้

“<s>” แทนที่ด้วย “;lts;lt” “<a>” แทนที่ด้วย “;lta;lt”
 “” แทนที่ด้วย “;ltb;lt” “<sc>” แทนที่ด้วย “;ltsc;lt”

ตัวอย่างเช่น

...**a**/2/19 หมู่บ้านกลางกรุง พระรามเก้า43**a**สวนหลวง**b**กรุงเทพ**b**1/8/2520...

แท็กเปิด ส่วนหนึ่งของข้อมูลที่อยู่ แท็กปิด

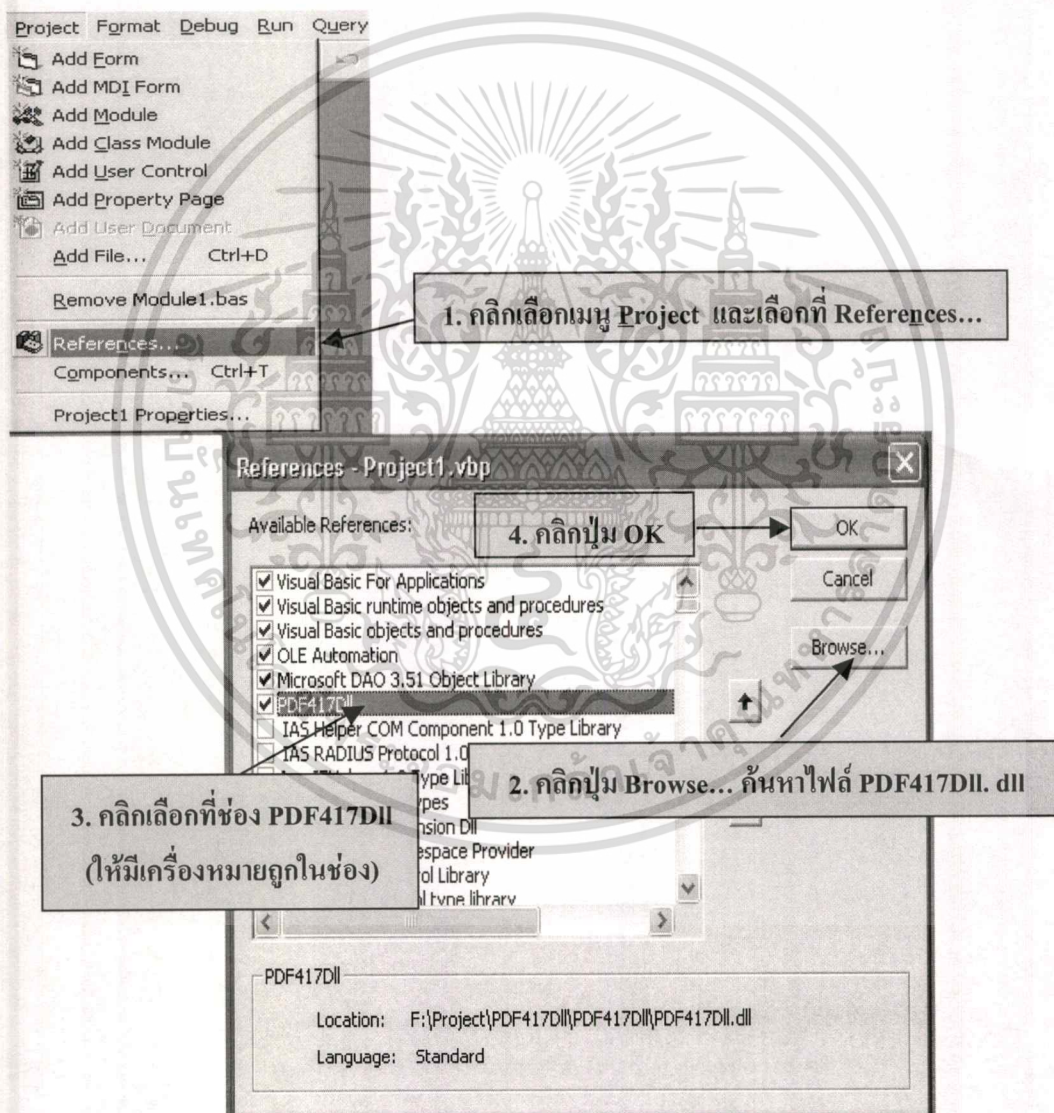
แทนที่ “” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลด้วย “;ltb;lt” จึงได้ข้อมูลก่อนเข้ารหัสคือ

...<a>2/19 หมู่บ้านกลางกรุง พระรามเก่า43<a>สวนหลวง;ltb;ltกรุงเทพ1/8/2520...

และในทางกลับกันเมื่อได้ข้อมูลจากการถอดรหัสแล้ว ต้องนำข้อมูลนั้นมาแทนที่ escape sequence ที่ใส่เข้าไปกลับมาเป็นข้อมูลเดิมก่อน เพื่อจัดแสดงข้อมูลในข้อบ่งชี้ให้ตรงกับกล่องข้อความที่รับเข้ามาให้ถูกต้องคือ

“<lt>” แทนที่ด้วย	“<s>”	“<lt>” แทนที่ด้วย	“<a>”
“<ltb>” แทนที่ด้วย	“”	“<ltsc>” แทนที่ด้วย	“<sc>”

ในการเรียกใช้โมดูล หรือฟังก์ชันในไลบรารี PDF417DII ในโปรแกรมระบบงานออกใบขับขี่มีขั้นตอนดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการอ้างอิงถึง ActiveX Dll PDF417DII

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่ทำการสร้างภาพบาร์โค้ดแล้ว ผู้ใช้สามารถสั่งพิมพ์บาร์โค้ดออกทางเครื่องพิมพ์ได้พร้อมกำหนดความกว้างและความสูงของบาร์โค้ดตามต้องการได้ดังรูปที่ 3.11 (โดยปกติพื้นที่หลังใบขับขี่สามารถติดบาร์โค้ดได้กว้างประมาณ 3 นิ้ว สูง 1 นิ้ว) และสามารถเก็บบันทึกไฟล์รูปภาพของบาร์โค้ดได้ตามตำแหน่งที่ต้องการ

Driving License Using PDF417

ฉบับที่: 4511106 ...Search... ชนิด: จกักรยานยนต์หญิง

วันอนุญาต: 3 กุมภาพันธ์ 2003 (ปี) วันสิ้นสุดบัตร: 3 กุมภาพันธ์ 2004 (ปี)

ชื่อ: นายไพโรจน์ นามสกุล จรุงจิตตารักษ์ชัย วันที่เกิด: 16 มีนาคม 2001 (ปี)

ที่อยู่: 151 หมู่ 8 ซันดา อัยเยะห์ เลขประจำตัว: 987654112012333666

นายทะเบียนจังหวัด: ปทุมธานี

แต้ม: 50

< | < Update > | > Delete Add Clear All Text

3. คลิกปุ่ม [ตกลง]

ความละเอียดของเครื่องพิมพ์คือ 600

กว้าง(นิ้ว) 3

สูง(นิ้ว) 1

ตกลง

1. คลิกปุ่ม Print Barcode เพื่อสั่งพิมพ์บาร์โค้ดทางเครื่องพิมพ์

2. กำหนดขนาดของบาร์โค้ดที่ต้องการ

รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการสั่งพิมพ์บาร์โค้ดออกทางเครื่องพิมพ์

3.2.2 การจัดการฐานข้อมูลใบขับขี่

ในการจัดการฐานข้อมูลใบขับขี่ของโปรแกรมระบบงานออกใบขับขี่ สามารถแบ่งได้เป็น 4 กระบวนการหลักคือ

1. กระบวนการเพิ่มข้อมูลใบขับขี่ใหม่ เป็นการเพิ่มข้อมูลใบขับขี่ใหม่ลงในฐานข้อมูล โดยมีขั้นตอนการทำงานดังตารางที่ 3.6
2. กระบวนการลบข้อมูลใบขับขี่ เป็นการลบข้อมูลใบขับขี่ตามหมายเลขฉบับที่ใบขับขี่ออกจากฐานข้อมูล โดยมีขั้นตอนการทำงานดังตารางที่ 3.7
3. กระบวนการแก้ไขข้อมูลใบขับขี่ เป็นการเปลี่ยนแปลงแก้ไขข้อมูลใบขับขี่ตามหมายเลขฉบับที่ใบขับขี่ในฐานข้อมูล โดยมีขั้นตอนการทำงานดังตารางที่ 3.8
4. กระบวนการค้นหาข้อมูลใบขับขี่ เป็นการค้นหาข้อมูลใบขับขี่ตามหมายเลขฉบับที่ใบขับขี่เพื่อแสดงผลทางหน้าจอ โดยมีขั้นตอนการทำงานดังตารางที่ 3.9



ตารางที่ 3.6 ขั้นตอนการทำงานของการเพิ่มข้อมูลใบขับขี่ใหม่

ชื่อกระบวนการ	กระบวนการเพิ่มข้อมูลใบขับขี่ใหม่	
คำอธิบาย	เป็นกระบวนการเพิ่มข้อมูลใบขับขี่ใหม่ลงในฐานข้อมูล	
ขั้นตอนการทำงานปกติ	การกระทำ หน้าต่างโปรแกรม Driving License Using PDF417 แสดงทางหน้าจอเพื่อกรอกรับข้อมูลใบขับขี่ใหม่(หลังจากเปิดโปรแกรมหรือคลิกปุ่ม Clear All Text) ขั้นที่3. ผู้ใช้ป้อนข้อมูลใบขับขี่ใหม่ลงกล่องข้อความคือฉบับที่ ชนิด วันอนุญาต วันสิ้นอายุบัตร ชื่อ นามสกุล วันที่เกิด ที่อยู่ เลขประจำตัว นายทะเบียนจังหวัด และเติม โดยหากผู้ใช้คลิกเลือกชนิดใบขับขี่ที่ลงท้ายด้วยคำว่า “หนึ่งปี” ขั้นที่5. ผู้ใช้คลิกปุ่ม[Add]	การตอบสนองของระบบ ขั้นที่1. ระบบสร้างหมายเลขฉบับที่ใบขับขี่ใหม่ให้อัตโนมัติ (คำนวณจากฉบับที่ใบขับขี่อันหลังสุด + 1) แล้วแสดงหมายเลขนี้ที่กล่องข้อความฉบับที่ใบขับขี่ โดยที่ในกล่องข้อความนี้ไม่สามารถแก้ไขข้อมูลได้(enable property = false) ขั้นที่2. ระบบดึงค่าวันที่(วัน/เดือน/ปี)ปัจจุบัน แล้วแสดงวันที่นี้ในข้อมูลวันอนุญาตให้อัตโนมัติ ขั้นที่4. ระบบเพิ่มค่าปีของวันสิ้นอายุบัตรอีก 1 ปี แล้วแสดงข้อมูลวันสิ้นอายุบัตร(วัน/เดือน/ปี)ให้ล่วงหน้าวันอนุญาต 1 ปี

	ขั้นที่7. ผู้ใช้คลิกปุ่ม[yes] ขั้นที่9. การเพิ่มข้อมูลในบัญชีถือว่าสิ้นสุดเมื่อผู้ใช้คลิกปุ่ม[ok]ในขั้นที่8. แต่ระบบจะแสดง messageBox ว่า “ท่านต้องการสร้างบาร์โค้ดหรือไม่” (yes/no) เพื่อทำการสร้างบาร์โค้ดซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการสร้างบาร์โค้ด	ขั้นที่6. ระบบตรวจสอบข้อมูลป้อนครบทุกกล่องข้อความ จึงแสดง messageBox ว่า “ท่านต้องการบันทึกข้อมูลหรือไม่” (yes/no) เพื่อให้ผู้ใช้ยืนยันการเพิ่มข้อมูลใหม่ ขั้นที่8. ระบบทำการเพิ่มข้อมูลในบัญชีนี้ถึงฐานข้อมูล จากนั้นแสดง messageBox ว่า “บันทึกข้อมูลเรียบร้อยแล้ว” (ok)	ขั้นที่6. ระบบตรวจสอบข้อมูลป้อนครบทุกกล่องข้อความ จึงแสดง messageBox ว่า “ท่านต้องการบันทึกข้อมูลหรือไม่” (yes/no) เพื่อให้ผู้ใช้ยืนยันการเพิ่มข้อมูลใหม่ ขั้นที่8. ระบบทำการเพิ่มข้อมูลในบัญชีนี้ถึงฐานข้อมูล จากนั้นแสดง messageBox ว่า “บันทึกข้อมูลเรียบร้อยแล้ว” (ok)
ขั้นตอนการทำงานพิเศษ	ขั้นที่3. ผู้ใช้ป้อนข้อมูลที่เป็นตัวอักษรลงในกล่องข้อความที่รับข้อมูลตัวเลขซึ่งมีดังนี้คือ ปีวันอนุญาติ ปีวันสิ้นสุดอนุญาติ ปีวันเกิด เลขประจำตัว และแต้ม ขั้นที่4. หากผู้ใช้ป้อนข้อมูลที่เป็นตัวอักษรลงในกล่องข้อความที่รับข้อมูลตัวเลข ระบบจะแสดง messageBox ว่า “ป้อนข้อมูลเฉพาะตัวเลขเท่านั้น”(ok) ขั้นที่6. ระบบตรวจสอบข้อมูลป้อน ไม่ครบทุกกล่องข้อความ จึงแสดง messageBox ว่า “กรุณาป้อนข้อมูลให้ครบ”(ok) จากนั้นกลับไปทำขั้นที่3. ขั้นที่7. ผู้ใช้คลิกปุ่ม[no] ขั้นที่8. หากผู้ใช้คลิกปุ่ม[no] ระบบทำไม่มีการเพิ่มข้อมูลในบัญชีนี้ถึงฐานข้อมูล กลับไปทำขั้นที่3.		

ตารางที่ 3.7 ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการลบข้อมูลใบขับขี่

ชื่อกระบวนการ	กระบวนการลบข้อมูลใบขับขี่	
คำอธิบาย	เป็นกระบวนการการลบข้อมูลใบขับขี่ออกจากฐานข้อมูลตามหมายเลขฉบับที่ใบขับขี่	
เงื่อนไขก่อนทำงานในระบบงานนี้	ผู้ใช้งานต้องค้นหาข้อมูลใบขับขี่ที่ต้องการลบจากฐานข้อมูลให้พบก่อน โดยสามารถค้นหาจากการค้นหาข้อมูลใบขับขี่ หรือคลิกเลือกข้อมูลใบขับขี่จากปุ่ม <I> (Move First) <I> (Move Previous) > (Move Next) > (Move Last) เพื่อเลือกการลบใบขับขี่ที่ต้องการลบ	
ขั้นตอนการทำงานปกติ	การกระทำ	การตอบสนองของระบบ
	หน้าต่างโปรแกรม Driving License Using PDF417 แสดงทางหน้าจอพร้อมข้อมูลใบขับขี่ที่ผู้ใช้ต้องการลบ เพื่อรอผู้ใช้คลิกปุ่ม[Delete]	ขั้นที่2. ระบบแสดง messageBox “ท่านต้องการลบข้อมูลหรือไม่” (yes/no) เพื่อให้ผู้ใช้ยืนยันการลบข้อมูล
	ขั้นที่1. ผู้ใช้คลิกปุ่ม[Delete]	
	ขั้นที่3. ผู้ใช้คลิกปุ่ม[yes]	
	ขั้นที่5. ผู้ใช้คลิกปุ่ม[ok]	

		ขั้นที่6. ระบบทำการลบ และกำหนดค่าข้อมูลในกล่องข้อความ ให้พร้อมทำงานต่อเมื่อเริ่มทำงานในกระบวนการนี้
ขั้นตอนการทำงานพิเศษ	ขั้นที่3. ผู้ใช้คลิกปุ่ม[no] ขั้นที่4. หากผู้ใช้คลิกปุ่ม[no] ระบบจะไม่ทำการลบข้อมูลใบจับขึ้นนี้ออกจากฐานข้อมูล จึงกลับไปทำขั้นที่1.	
หมายเหตุ	หากผู้ใช้ไม่ได้ทำการเลือกข้อมูลใบจับขึ้นที่ต้องการลบก่อน ระบบจะแสดง messageBox ว่า “กรุณาป้อนข้อมูล หรือเลือกข้อมูลที่ต้องการลบก่อน”(ok)	

ตารางที่ 3.8 ขั้นตอนการทำงานของการแก้ไขข้อมูลใบขับขี่

ชื่อกระบวนการ	กระบวนการแก้ไขข้อมูลใบขับขี่	
คำอธิบาย	เป็นกระบวนการการแก้ไขข้อมูลใบขับขี่ในฐานะข้อมูลตามหมายเลขฉบับที่ใบขับขี่	
เงื่อนไขก่อนทำงานในกระบวนการนี้	ผู้ใดที่ต้องการแก้ไขข้อมูลใบขับขี่ที่ต้องการแก้ไขฐานข้อมูลให้พบก่อน โดยสามารถค้นหาข้อมูลใบขับขี่ หรือคลิกเลือกข้อมูลใบขับขี่จากปุ่ม  (Move First)  (Move Previous)  (Move Next)  (Move Last) เพื่อเลือกการใบขับขี่ที่ต้องการแก้ไข	
ขั้นตอนการทำงานปกติ	การกระทำ	การตอบสนองของระบบ
	หน้าต่างโปรแกรม Driving License Using PDF417 แสดงทาง	
	หน้าจอพร้อมข้อมูลใบขับขี่ที่ผู้ใช้ต้องการแก้ไข โดยที่กล่องข้อความที่สามารถแก้ไขข้อมูลได้(enable property =false)คือ แด้มชื่อ นามสกุล และที่อยู่ เพื่อรอผู้ใช้แก้ไขข้อมูลดังกล่าว	
	ขั้นที่1. ผู้ใช้ป้อนข้อมูลที่ต้องการแก้ไขลงในกล่องข้อความที่สามารถแก้ไขได้	
	ขั้นที่2. ผู้ใช้คลิกปุ่ม[Update]	
	ขั้นที่4. ผู้ใช้คลิกปุ่ม[Yes]	ขั้นที่3. ระบบแสดง messageBox “ท่านต้องการแก้ไขข้อมูลหรือไม่” (yes/no) เพื่อให้ผู้ใช้ยืนยันการแก้ไขข้อมูล

		ขั้นที่5. ระบบทำการแก้ไขข้อมูลใบขับขีในส่วนของแถม ชื่อ นามสกุล และที่อยู่ลงในฐานข้อมูล จากนั้นแสดง messageBox ว่า “แก้ไขข้อมูลเรียบร้อยแล้ว” (ok) ขั้นที่7. ระบบทำการกำหนดค่าข้อมูลในกล่องข้อความเหมือน ข้อมูลที่ผู้ใช้แก้ไขและบันทึกไว้แล้ว
ขั้นตอนการทำงานพิเศษ	ขั้นที่6. ผู้ใช้คลิกปุ่ม[ok] ขั้นที่4. ผู้ใช้คลิกปุ่ม[no] ขั้นที่5. หากผู้ใช้คลิกปุ่ม[no] ระบบจะไม่ทำการแก้ไขข้อมูลใบขับขีนี้ในฐานข้อมูล จึงกลับไปทำขั้นที่1.	
หมายเหตุ	หากผู้ใช้ไม่ได้ทำการเลือกข้อมูลใบขับขีที่ต้องการแก้ไขก่อน ระบบจะแสดง messageBox ว่า “กรุณาป้อนข้อมูล หรือเลือกข้อมูลที่ต้องการแก้ไขก่อน”(ok)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.9 ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการค้นหาข้อมูลใบขับขี่

ชื่อกระบวนการ	กระบวนการค้นหาข้อมูลใบขับขี่	
คำอธิบาย	เป็นกระบวนการการค้นหาข้อมูลใบขับขี่ใหม่จากในฐานข้อมูลตามหมายเลขฉบับที่ใบขับขี่	
ขั้นตอนการทำงานปกติ	การกระทำ หน้าต่างโปรแกรม Driving License Using PDF417 แสดงทางหน้าจอเพื่อรอผู้ใช้คลิกปุ่ม[...Search...] (หลังจากเปิดโปรแกรม หรือคลิกปุ่ม Clear All Text) ขั้นที่1. ผู้ใช้คลิกปุ่ม[...Search...] ขั้นที่3. ผู้ใช้ป้อนหมายเลขฉบับที่ที่ต้องการค้นหา ขั้นที่4. ผู้ใช้คลิกปุ่ม[ตกลง]	การตอบสนองของระบบ ขั้นที่2. ระบบแสดงหน้าจอ “ค้นหาตามหมายเลขฉบับที่” เพื่อให้ผู้ใช้ป้อนหมายเลขฉบับที่ลงในกล่องข้อความ พร้อมมีปุ่ม[ตกลง] และปุ่ม[ล้างข้อความ] ขั้นที่5. ระบบตรวจสอบว่าข้อมูลที่ป้อนเข้ามาถูกต้อง(เป็นข้อมูลตัวเลข และมีหมายเลขนี้ในฐานข้อมูล) จึงดึงข้อมูลใบขับขี่ต่างๆของหมายเลขฉบับที่นี้ขึ้นมาแสดงทางหน้าจอดังนี้ ฉบับที่ ชนิด วันอนุญาต วันสิ้นอายุบัตร ชื่อ นามสกุล วันที่เกิด ที่อยู่เลขประจำตัว นายทะเบียนจังหวัด และเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

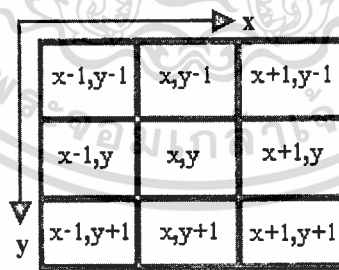
ขั้นตอนการทำงานพิเศษ	ขั้นที่3. - หากผู้ใช้ป้อนข้อมูลที่เป็นตัวอักษรลงในกล่องข้อความฉบับที่รับข้อมูลตัวเลข - หากผู้ใช้ไม่ป้อนข้อมูลหมายเลขฉบับที่ ขั้นที่4. ผู้ใช้คลิกปุ่ม[ได้ข้อความ] ระบบตรวจสอบข้อมูลในกล่องข้อความฉบับที่ออกหมด พร้อมรับค่าใหม่ ขั้นที่5. - หากผู้ใช้ป้อนข้อมูลที่เป็นตัวอักษรลงในกล่องข้อความฉบับที่รับข้อมูลตัวเลข ระบบจะแสดง messageBox ว่า “ป้อนข้อมูลเฉพาะตัวเลขเท่านั้น”(ok) - หากผู้ใช้ไม่ป้อนข้อมูลหมายเลขฉบับที่ ระบบจะแสดง messageBox ว่า “กรุณาป้อนหมายเลขฉบับที่ของใบอนุญาตฉบับที่”(ok) - หากหมายเลขฉบับที่รับเข้าไม่มีในฐานข้อมูล ระบบจะแสดง messageBox ว่า “ไม่มีหมายเลขฉบับที่ไปจับชิ้น”(ok)
----------------------	--

บทที่ 4

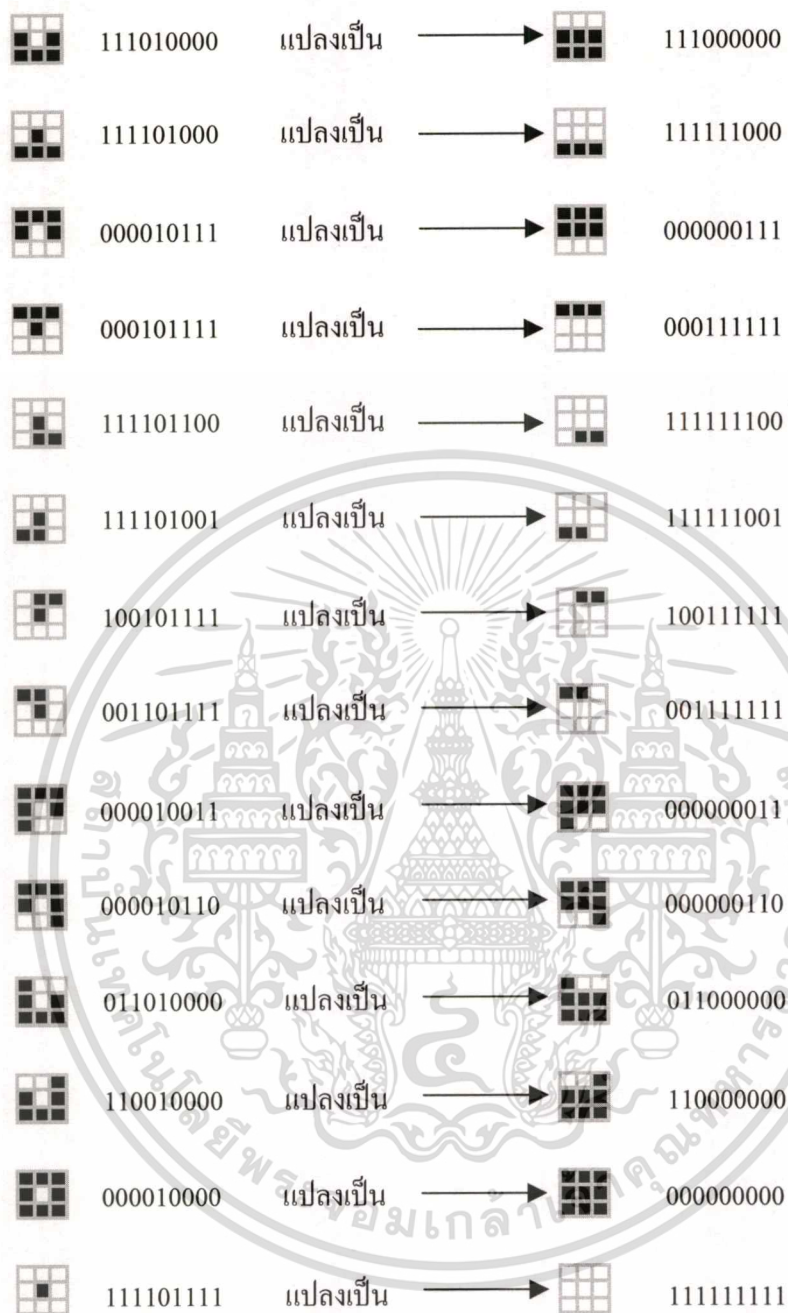
การเตรียมภาพก่อนการประมวลผลภาพดิจิทัล

เพื่อรองรับการถอดรหัสบาร์โค้ดจากภาพที่ได้จากคลาสโมดูล EncodePDF417 และภาพที่ได้จากการสแกนภาพ ซึ่งภาพที่ได้จากการสแกนนี้ไม่ได้เป็นภาพขาวดำเหมือนภาพที่ได้จากการสร้างด้วยคลาสโมดูล EncodePDF417 จึงต้องนำภาพมาผ่านกระบวนการเตรียมภาพก่อนการประมวลผลภาพดิจิทัล เพื่อให้ภาพเหมาะสมต่อการถอดรหัสในขั้นต่อไปซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. แปลงภาพเป็นภาพขาวดำก่อน โดยใช้ค่า $RGB(128,128,128) = 8421504$ เป็นค่ากลางแบ่งว่าจุดใดเป็นสีดำหรือสีขาว โดยหากจุดใดมีค่าสีมาก กว่าค่านี้จะเป็นสีขาว ส่วนจุดใดมีค่าสีน้อยกว่าค่านี้จะเป็นสีดำ
2. นำภาพที่ได้จากขั้นที่แล้วมาลบข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องออกโดยทำ Noise Reduction กล่าวคือลบจุดที่มีค่าสีเป็นสีขาวหรือสีดำออก โดยพิจารณาจากจุดที่พิจารณาอยู่ซึ่งเป็นจุดกึ่งกลางคือจุด (x,y) และจุดรอบข้างทั้ง 8 คือ จุด $(x-1,y-1)$ จุด $(x,y-1)$ จุด $(x+1,y-1)$ จุด $(x-1,y)$ จุด $(x+1,y)$ จุด $(x-1,y+1)$ จุด $(x,y+1)$ และจุด $(x+1,y+1)$ ดังรูปที่ 4.1 โดยหากมีรูปแบบของค่าสีทั้ง 9 จุดดังรูปที่ 4.2 จะเปลี่ยนแปลงค่าสีจุดนั้นเป็นสีขาว(1) หรือสีดำ(0) เพื่อตัดจุดที่เกินมาเพราะทำให้จำนวนรูปแบบแท่งและช่องว่างเกินจากความเป็นจริงทำให้ถอดรหัสข้อมูลผิดพลาด แล้วจึงค่อยนำภาพที่ได้มาประมวลผลถอดรหัสต่อไป



รูปที่ 4.1 ตำแหน่งของจุดที่พิจารณา (x,y) และจุดรอบข้างทั้ง 8 จุด



รูปที่ 4.2 รูปแบบของค่าสีทั้ง 9 จุดในแต่ละกรณีที่ต้องเปลี่ยนแปลงค่าสีเพื่อตัดจุดที่เกินมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุปและแนวทางการพัฒนาโปรแกรมในอนาคต

ในการถอดรหัสบาร์โค้ดจากไฟล์รูปภาพที่ได้จากการสแกนนั้น ความคมชัดของภาพบาร์โค้ดขึ้นอยู่กับความละเอียดในการสแกน หากรูปบาร์โค้ดมีความกว้างต่ำสุดน้อย (หรือ module) และสแกนภาพบาร์โค้ดด้วยความละเอียดต่ำ จะทำให้ภาพบาร์โค้ดที่ผ่านการแปลงเป็นภาพขาวดำนั้นมีจุดสีดำขาคๆหายๆ ส่วนที่เป็นแท่งสีดำจึงขาดไป จำนวน X-sequence ในแต่ละแถวไม่ครบตามจริง จึงไม่สามารถถอดรหัสบาร์โค้ดได้ ดังนั้นทางเลือกที่ดีกว่าการถอดรหัสจากภาพที่สแกนคือการใช้เครื่องอ่านบาร์โค้ดที่สามารถแปลงแท่งสีดำและช่องว่างสีขาวของบาร์โค้ดให้เป็นค่าของ X-sequence ได้เลย ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นส่วนหนึ่งของการถอดรหัสคือขั้นตอน Low-Level Decoding ทำให้ทางโปรแกรมไม่ต้องมาจัดการเอง จึงเป็นการลดความผิดพลาดในการแปลงข้อมูลอีกขั้นหนึ่ง โปรแกรมเพียงถอดรหัสจากค่า X-sequence ที่ได้เหล่านั้นคือทำการถอดรหัสขั้น High-Level Decoding ทำให้ถอดรหัสข้อมูลบาร์โค้ดได้ถูกต้อง และแม่นยำยิ่งขึ้น อีกทั้งไม่เปลืองพื้นที่จัดเก็บข้อมูลไฟล์รูปภาพที่ใช้ถอดรหัสอีกด้วย

ถึงแม้การใช้ไลบรารี หรือการสร้าง ActiveX Dll จะเป็นการเรียกใช้โมดูล และฟังก์ชันต่างๆ เพื่อสร้างบาร์โค้ดโดยไม่ต้องสร้างเองใหม่ แต่การกำหนดคุณสมบัติของบาร์โค้ดเช่น จำนวนหลัก จำนวนแถว ความกว้างต่ำสุดของ X-sequence และความละเอียดของบาร์โค้ด นั้นไม่สามารถทำได้ จึงน่าจะเป็นทางเลือกที่ดีกว่าหากนำโมดูลและฟังก์ชันเหล่านี้ในไลบรารีนั้นมาพัฒนาประยุกต์ใช้ให้สามารถทำงานเสมือนเป็นคอมโพเนนต์ หรือ คอนโทรล หรือที่เรียกในคอมไพเลอร์ VB ว่า **“ActiveX Control”** คือสร้างคอมโพเนนต์ขึ้นเพื่อรองรับการสร้างบาร์โค้ด เพราะ ActiveX Control นี้สามารถกำหนด Property, Event, และ Method ขึ้นใช้เองได้ ทำให้เราสามารถกำหนดคุณสมบัติของบาร์โค้ดได้สะดวก และยืดหยุ่นกว่า ส่วนการนำ ActiveX Control ไปใช้งานก็ทำได้ง่ายเหมือน ActiveX Dll คือทำการเพิ่ม คอมโพเนนต์ ที่สร้างขึ้นมาในโปรแกรม จากนั้นก็สามารถคลิกเลือก และ วาง คอมโพเนนต์นี้ลงบนฟอร์มของโปรแกรมได้ เหมือนที่เราใช้คอมโพเนนต์ textBox, คอมโพเนนต์ pictureBox, คอมโพเนนต์ imageBox และ คอมโพเนนต์ อื่นๆ เป็นต้น

บรรณานุกรม

- AIM : The AIM global Network. 2001. **Two Dimensional barcode Standard – Stacked and Matrix code**. [Online]. Available : <http://www.aimusa.org/aimstore/stackedsymbologies.htm>
- Autoid.org. 2001. **The Resource for Auto ID Technical Information on the WEB**. [Online]. Available : <http://www.autoid.org/symbolog.htm>.
- Instrumental Software. 2001. **Introduction to barcode - Barcode Symbologies**. [Online]. Available : http://www.taltech.com/TALtech_ewb/resources/intro_to_bc/bcsymbol.htm.
- Pavlidis, Theodosios et al. 1993. **High density two dimensional bar code Symbology**. U.S. patent no. 5504322. [Online]. Available : <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
- Symbol Technologies. 2001. **Barcode Basics & PDF417 symbology overview**. [Online]. Available : http://www.symbol.com/products/barcode_scanners/2d_about_2d.html.
- Symbol Technologies. 2001. **PDF417: The New Symbol of Data Management**. [Online]. Available: http://www.symbol.com/products/barcode_scanners/2d_products_pdf417_technolog.html.
- Wang, Ynjiun P. 1993. **System for encoding and decoding data in machine readable graphic form**. U.S. patent no. 5243655. [Online]. Available : <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ขั้นตอนการสร้าง Project ให้เป็น ActiveX DLL และการคอมไพล์พร้อมบันทึกไฟล์ ActiveX DLL

1. เปิด Microsoft Visual Basic ให้คลิกเลือกที่แท็บ New และคลิกเลือกที่ ActiveX DLL แล้วคลิกปุ่ม Open

2. ทำการเขียนโมดูล และฟังก์ชันต่างๆตามต้องการ จากนั้นทำการคอมไพล์เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดโดยคลิกที่เมนู Run แล้วคลิกเลือกที่ Start With Full Compile Ctrl+F5

3. เมื่อพัฒนาโมดูลและฟังก์ชันต่างๆเสร็จและไม่ผิดพลาดใดๆ จึงทำการสร้าง ActiveX DLL โดยคลิกที่เมนู File แล้วคลิกเลือกที่ Make xxxxx.dll ("xxxxx" คือชื่อ project)

4. แล้วทำการบันทึกไฟล์ DLL ซึ่งให้เลือกชื่อและตำแหน่งที่จัดเก็บของไฟล์นี้ได้ แล้วคลิกปุ่ม [OK]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการทดลองถอดรหัสบาร์โค้ด PDF417



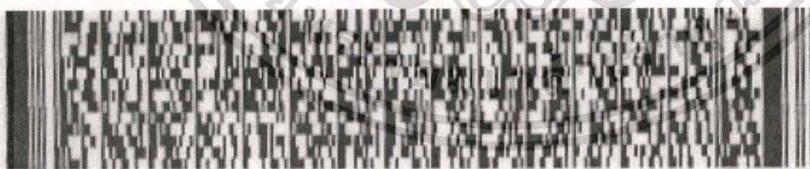
ไฟล์รูปภาพบาร์โค้ดที่ได้จากการสร้างโดยเรียกใช้โมดูล และฟังก์ชันจากไลบรารี PDF417Dll.dll

เก็บข้อมูล : “<v>4511107<v>รถยนต์ส่วนบุคคลหนึ่งปี<s>4/กุมภาพันธ์/2546<e>4/กุมภาพันธ์/2547<n>นายอำพล ทองพูน<a>2/99 เกาะเกร็ด นนทบุรี4/ธันวาคม/2489<i>987651591116200023<p>นนทบุรี<sc>60”



ไฟล์รูปภาพบาร์โค้ดที่ได้จากการสแกนภาพด้วยความละเอียด 200 dpi

เก็บข้อมูล : “Pojanee Worakitthamrongchai”



ไฟล์รูปภาพบาร์โค้ดที่ได้จากการสแกนภาพด้วยความละเอียด 200 dpi

เก็บข้อมูล : “...” กรณีนี้โมดูล และฟังก์ชันที่สร้างขึ้นไม่สามารถถอดรหัสได้

ภาคผนวก ข.

ตาราง t-sequence

U.S. Patent

Apr. 2, 1996

Sheet 9 of 27

5,504,322

Table I : The t-sequence table. Cluster0

t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val
222266	0	226655	50	244664	100	324545	150	334333	200
222277	1	226666	51	245542	101	324556	151	334344	201
222355	2	226733	52	245553	102	324645	152	334355	202
222366	3	226755	53	245564	103	324656	153	334366	203
222444	4	227722	54	245653	104	325523	154	334377	204
222455	5	227744	55	245664	105	325534	155	334433	205
222466	6	227766	56	245764	106	325545	156	334444	206
222477	7	233354	57	246642	107	325556	157	334455	207
222555	8	233365	58	246653	108	325567	158	334466	208
222566	9	233443	59	246664	109	325634	159	334533	209
222666	10	233454	60	246675	110	325645	160	334544	210
222677	11	233465	61	246764	111	325656	161	334555	211
222355	12	233476	62	247753	112	325745	162	334566	212
222366	13	233554	63	255552	113	326623	163	334577	213
223444	14	233565	64	255563	114	326634	164	334644	214
223455	15	233665	65	255574	115	326645	165	334655	215
223466	16	233676	66	255663	116	326656	166	334666	216
223544	17	234443	67	256652	117	326745	167	334755	217
223555	18	234454	68	256663	118	327734	168	335422	218
223566	19	234465	69	256674	119	332255	169	335433	219
223577	20	234476	70	257752	120	332266	170	335444	220
223655	21	234543	71	266662	121	332344	171	335455	221
223666	22	234554	72	267762	122	332355	172	335466	222
223677	23	234565	73	322245	123	332366	173	335477	223
224444	24	234654	74	322256	124	332444	174	335522	224
224455	25	234665	75	322267	125	332455	175	335533	225
224466	26	234765	76	322334	126	332466	176	335544	226
224533	27	235532	77	322345	127	332477	177	335555	227
224544	28	235543	78	322356	128	332555	178	335566	228
224555	29	235554	79	322445	129	332566	179	335577	229
224566	30	235565	80	322456	130	332577	180	335633	230
224577	31	235643	81	322467	131	332666	181	335644	231
224644	32	235654	82	322556	132	333244	182	335655	232
224655	33	235665	83	323334	133	333255	183	335666	233
224666	34	235676	84	323345	134	333266	184	335755	234
224755	35	235765	85	323356	135	333333	185	335722	235
225533	36	236632	86	323434	136	333344	186	335733	236
225544	37	236643	87	323445	137	333355	187	335744	237
225555	38	236654	88	323456	138	333366	188	335755	238
225566	39	236665	89	323467	139	333377	189	335766	239
225577	40	236743	90	323545	140	333433	190	336622	240
225633	41	236765	91	323556	141	333444	191	336633	241
225644	42	237732	92	323567	142	333455	192	336644	242
225655	43	237754	93	323656	143	333466	193	336655	243
225666	44	244422	94	324423	144	333477	194	336666	244
225744	45	244453	95	324434	145	333544	195	336744	245
225766	46	244464	96	324445	146	333555	196	337633	246
226622	47	244553	97	324456	147	333566	197	337655	247
226633	48	244564	98	324467	148	333655	198	337733	248
226644	49	244575	99	324534	149	333666	199	337755	249

FIG. 14A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table I : The t-sequence table. Cluster0

t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val
343343	250	354453	300	424546	350	435523	400	444266	450
343354	251	354464	301	425524	351	435534	401	444277	451
343365	252	354475	302	425535	352	435545	402	444322	452
343376	253	354553	303	425546	353	435556	403	444333	453
343443	254	354564	304	425635	354	435634	404	444344	454
343454	255	354575	305	426624	355	435645	405	444355	455
343465	256	354664	306	426635	356	436523	406	444366	456
343554	257	355442	307	432234	357	436534	407	444377	457
343565	258	355453	308	432245	358	436545	408	444422	458
343665	259	355464	309	432256	359	436623	409	444433	459
344332	260	355542	310	432334	360	436634	410	444444	460
344343	261	355553	311	432345	361	436645	411	444455	461
344354	262	355564	312	432356	362	436734	412	444466	462
344365	263	355653	313	432367	363	437634	413	444477	463
344432	264	355664	314	432445	364	437734	414	444533	464
344443	265	356542	315	432456	365	442244	415	444544	465
344454	266	356553	316	432467	366	442255	416	444555	466
344465	267	356564	317	432556	367	442266	417	444566	467
344543	268	356642	318	433223	368	442333	418	444644	468
344554	269	356653	319	433234	369	442344	419	444655	469
344565	270	356664	320	433245	370	442355	420	445322	470
344576	271	356753	321	433256	371	442366	421	445333	471
344654	272	357653	322	433267	372	442377	422	445344	472
344665	273	357753	323	433323	373	442444	423	445355	473
345432	274	365552	324	433334	374	442455	424	445366	474
345443	275	365563	325	433345	375	442466	425	445422	475
345454	276	365663	326	433356	376	442555	426	445433	476
345465	277	366552	327	433367	377	442566	427	445444	477
345532	278	366563	328	433434	378	443233	428	445455	478
345543	279	366652	329	433445	379	443244	429	445466	479
345554	280	366663	330	433456	380	443255	430	445522	480
345565	281	367752	331	433545	381	443266	431	445533	481
345576	282	422224	332	433556	382	443277	432	445544	482
345643	283	422235	333	434323	383	443333	433	445555	483
345654	284	422246	334	434334	384	443344	434	445566	484
345665	285	422335	335	434345	385	443355	435	445633	485
345754	286	422346	336	434356	386	443366	436	445644	486
346532	287	422357	337	434367	387	443433	437	445655	487
346543	288	422446	338	434423	388	443444	438	446422	488
346554	289	423324	339	434434	389	443455	439	446433	489
346565	290	423335	340	434445	390	443466	440	446444	490
346632	291	423346	341	434456	391	443477	441	446455	491
346643	292	423435	342	434534	392	443544	442	446522	492
346654	293	423446	343	434545	393	443555	443	446533	493
346665	294	423546	344	434556	394	443566	444	446544	494
346754	295	424424	345	434645	395	443655	445	446555	495
347643	296	424435	346	435423	396	444222	446	446622	496
347732	297	424446	347	435434	397	444233	447	446633	497
347754	298	424457	348	435445	398	444244	448	446644	498
354442	299	424535	349	435456	399	444255	449	446655	499

FIG. 14B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table I : The t-sequence table. Cluster0									
t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val
446733	500	456643	550	533335	600	544445	650	554222	700
447522	501	456654	551	533346	601	544456	651	554233	701
447544	502	456743	552	533435	602	544534	652	554244	702
447633	503	457543	553	533446	603	544545	653	554255	703
447722	504	457643	554	534324	604	545323	654	554266	704
447744	505	457743	555	534335	605	545334	655	554322	705
453332	506	464442	556	534346	606	545345	656	554333	706
453343	507	464453	557	534424	607	545423	657	554344	707
453354	508	464464	558	534435	608	545434	658	554355	708
453365	509	464553	559	534446	609	545445	659	554366	709
453443	510	464564	560	534535	610	545523	660	554422	710
453454	511	465442	561	535424	611	545534	661	554433	711
453465	512	465453	562	535435	612	545545	662	554444	712
453476	513	465464	563	535524	613	545634	663	554455	713
453554	514	465542	564	535535	614	546423	664	554466	714
453565	515	465553	565	536524	615	546434	665	554533	715
454332	516	465564	566	536624	616	546523	666	554544	716
454343	517	465653	567	542223	617	546534	667	554555	717
454354	518	466442	568	542234	618	546623	668	554644	718
454365	519	466453	569	542245	619	546634	669	555222	719
454432	520	466542	570	542256	620	547623	670	555233	720
454443	521	466553	571	542334	621	552233	671	555244	721
454454	522	466642	572	542345	622	552244	672	555255	722
454465	523	466653	573	542356	623	552255	673	555322	723
454476	524	467642	574	542367	624	552266	674	555333	724
454543	525	475552	575	542445	625	552277	675	555344	725
454554	526	476552	576	542456	626	552333	676	555355	726
454565	527	522225	577	543223	627	552344	677	555422	727
454654	528	522236	578	543234	628	552355	678	555433	728
455332	529	522247	579	543245	629	552366	679	555444	729
455343	530	522336	580	543256	630	552444	680	555455	730
455354	531	523325	581	543323	631	552455	681	555522	731
455365	532	523336	582	543334	632	552466	682	555533	732
455432	533	523347	583	543345	633	552555	683	555544	733
455443	534	523436	584	543356	634	553222	684	555555	734
455454	535	524425	585	543367	635	553233	685	555633	735
455465	536	524436	586	543434	636	553244	686	555644	736
455532	537	525525	587	543445	637	553255	687	556322	737
455543	538	532224	588	543456	638	553266	688	556333	738
455554	539	532235	589	543545	639	553322	689	556344	739
455565	540	532246	590	544223	640	553333	690	556422	740
455643	541	532257	591	544234	641	553344	691	556433	741
455654	542	532335	592	544245	642	553355	692	556444	742
456432	543	532346	593	544256	643	553366	693	556522	743
456443	544	532357	594	544323	644	553433	694	556533	744
456454	545	532446	595	544334	645	553444	695	556544	745
456532	546	533224	596	544345	646	553455	696	556622	746
456543	547	533235	597	544356	647	553466	697	556633	747
456554	548	533246	598	544423	648	553544	698	556644	748
456632	549	533324	599	544434	649	553555	699	557422	749

FIG. 14C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table I : The t-sequence table. Cluster0									
t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val
557522	750	632225	800	654223	850	664244	900		
557622	751	632236	801	654234	851	664255	901		
555722	752	632247	802	654245	852	664322	902		
563332	753	632336	803	654323	853	664333	903		
563343	754	633225	804	654334	854	664344	904		
563354	755	633236	805	654345	855	664355	905		
563365	756	633325	806	654423	856	664422	906		
563443	757	633336	807	654434	857	664433	907		
563454	758	634325	808	654445	858	664444	908		
563465	759	634425	809	654534	859	664455	909		
563554	760	642224	810	655223	860	664533	910		
564332	761	642235	811	655234	861	664544	911		
564343	762	642246	812	655323	862	665222	912		
564354	763	642335	813	655334	863	665233	913		
564365	764	642346	814	655423	864	665244	914		
564432	765	643224	815	655434	865	665322	915		
564443	766	643235	816	655523	866	665333	916		
564454	767	643246	817	655534	867	665344	917		
564465	768	643324	818	656323	868	665422	918		
564543	769	643335	819	656423	869	665433	919		
564554	770	643346	820	656523	870	665444	920		
565332	771	643435	821	656623	871	665522	921		
565343	772	644224	822	662222	872	665533	922		
565354	773	644235	823	662233	873	665544	923		
565432	774	644324	824	662244	874	665633	924		
565443	775	644335	825	662255	875	666222	925		
565454	776	644424	826	662266	876	666233	926		
565532	777	644435	827	662277	877	666322	927		
565543	778	645324	828	662333	878	666333	928		
565554	779	645424	829	662344	879				
565643	780	645524	830	662355	880				
566332	781	652223	831	662366	881				
566343	782	652234	832	662444	882				
566432	783	652245	833	662455	883				
566443	784	652256	834	663222	884				
566532	785	652267	835	663233	885				
566543	786	652334	836	663244	886				
566632	787	652345	837	663255	887				
566643	788	652356	838	663266	888				
567432	789	652445	839	663322	889				
567632	790	653223	840	663333	890				
574442	791	653234	841	663344	891				
574464	792	653245	842	663355	892				
575442	793	653256	843	663366	893				
575542	794	653323	844	663433	894				
576442	795	653334	845	663444	895				
576642	796	653345	846	663455	896				
622226	797	653356	847	663544	897				
622772	798	653434	848	664222	898				
623326	799	653445	849	664233	899				

FIG. 14 D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

t-seq val		t-seq val		t-seq val		t-seq val		t-seq val	
222563	0	234327	50	266224	100	323775	150	334685	200
222574	1	234338	51	266235	101	324642	151	334752	201
222585	2	234349	52	266246	102	324653	152	334763	202
222596	3	234762	53	266257	103	324664	153	334774	203
222663	4	234773	54	266335	104	324675	154	334785	204
222674	5	234784	55	266346	105	324686	155	334863	205
222685	6	234795	56	267324	106	324753	156	334874	206
222696	7	234873	57	267335	107	324764	157	335752	207
222774	8	234884	58	267346	108	324775	158	335763	208
222785	9	235427	59	267435	109	324864	159	335774	209
222796	10	235438	60	268424	110	325742	160	335852	210
223652	11	235862	61	268435	111	325753	161	335863	211
223663	12	235873	62	269524	112	325764	162	335874	212
223674	13	235884	63	277223	113	325775	163	335963	213
223685	14	235973	64	277234	114	325853	164	336852	214
223696	15	236527	65	277245	115	325864	165	336863	215
223763	16	236962	66	277256	116	326842	166	336952	216
223774	17	236973	67	277334	117	326853	167	336963	217
223785	18	244226	68	277345	118	326864	168	337952	218
223796	19	244237	69	278323	119	326953	169	343227	219
223874	20	244248	70	278334	120	327942	170	343238	220
223885	21	244259	71	278345	121	327953	171	343249	221
224752	22	244337	72	278434	122	332552	172	343662	222
224763	23	244348	73	279423	123	332563	173	343673	223
224774	24	244772	74	279434	124	332574	174	343684	224
224785	25	244783	75	322453	125	332585	175	343695	225
224796	26	244794	76	322464	126	332596	176	343773	226
224863	27	245326	77	322475	127	332663	177	343784	227
224874	28	245337	78	322486	128	332674	178	344227	228
224885	29	245348	79	322497	129	332685	179	344238	229
224974	30	245437	80	322553	130	332696	180	344327	230
225852	31	245872	81	322564	131	332774	181	344338	231
225863	32	245883	82	322575	132	332785	182	344662	232
225874	33	246426	83	322586	133	333552	183	344673	233
225885	34	246437	84	322597	134	333563	184	344684	234
225963	35	246972	85	322664	135	333574	185	344762	235
225974	36	247526	86	322675	136	333585	186	344773	236
226952	37	255225	87	322686	137	333596	187	344784	237
226963	38	255236	88	322775	138	333652	188	344873	238
226974	39	255247	89	323542	139	333663	189	345327	239
233227	40	255258	90	323553	140	333674	190	345427	240
233238	41	255336	91	323564	141	333685	191	345762	241
233249	42	255347	92	323575	142	333696	192	345773	242
233662	43	256325	93	323586	143	333763	193	345862	243
233673	44	256336	94	323597	144	333774	194	345873	244
233684	45	256347	95	323653	145	333785	195	346862	245
233695	46	256436	96	323664	146	333874	196	346962	246
233773	47	257425	97	323675	147	334652	197	354226	247
233784	48	257436	98	323686	148	334663	198	354237	248
233795	49	258525	99	323764	149	334674	199	354248	249

FIG. 15A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table I : The t-sequence table. Cluster3

t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val
354337	250	422576	300	433475	350	443685	400	497223	450
354772	251	422665	301	433486	351	443763	401	497234	451
354783	252	423432	302	433542	352	443774	402	498323	452
355226	253	423443	303	433553	353	444552	403	522233	453
355237	254	423454	304	433564	354	444563	404	522244	454
355326	255	423465	305	433575	355	444574	405	522255	455
355337	256	423476	306	433586	356	444652	406	522266	456
355772	257	423487	307	433653	357	444663	407	522277	457
355872	258	423543	308	433664	358	444674	408	522333	458
356326	259	423554	309	433675	359	444752	409	522344	459
356426	260	423565	310	433764	360	444763	410	522355	460
365225	261	423576	311	434542	361	444774	411	522366	461
365236	262	423654	312	434553	362	444863	412	522377	462
365247	263	423665	313	434564	363	445652	413	522444	463
365336	264	424532	314	434575	364	445663	414	522455	464
366225	265	424543	315	434642	365	445752	415	522466	465
366236	266	424554	316	434653	366	445763	416	522555	466
366325	267	424565	317	434664	367	445852	417	523322	467
366336	268	424576	318	434675	368	445863	418	523333	468
367325	269	424643	319	434753	369	446752	419	523344	469
367425	270	424654	320	434764	370	446852	420	523355	470
376224	271	424665	321	435642	371	446952	421	523366	471
376235	272	424754	322	435653	372	453227	422	523377	472
376246	273	425632	323	435664	373	453238	423	523433	473
376335	274	425643	324	435742	374	453662	424	523444	474
377224	275	425654	325	435753	375	453673	425	523455	475
377235	276	425665	326	435764	376	453684	426	523466	476
377324	277	425743	327	435853	377	453773	427	523544	477
377335	278	425754	328	436742	378	454227	428	523555	478
378324	279	426732	329	436753	379	454327	429	524422	479
378424	280	426743	330	436842	380	454662	430	524433	480
387223	281	426754	331	436853	381	454673	431	524444	481
387234	282	426843	332	437842	382	454762	432	524455	482
387245	283	427832	333	437942	383	454773	433	524466	483
387334	284	427843	334	442552	384	455662	434	524533	484
388323	285	432442	335	442563	385	455762	435	524544	485
388334	286	432453	336	442574	386	455862	436	524555	486
389423	287	432464	337	442585	387	464226	437	524644	487
422343	288	432475	338	442596	388	464237	438	525522	488
422354	289	432486	339	442663	389	464772	439	525533	489
422365	290	432497	340	442674	390	465226	440	525544	490
422376	291	432553	341	442685	391	465326	441	525555	491
422387	292	432564	342	442774	392	475225	442	525633	492
422443	293	432575	343	443552	393	475236	443	525644	493
422454	294	432586	344	443563	394	476225	444	526622	494
422465	295	432664	345	443574	395	476325	445	526633	495
422476	296	432675	346	443585	396	486224	446	526644	496
422487	297	433442	347	443652	397	486235	447	526733	497
422554	298	433453	348	443663	398	487224	448	527722	498
422565	299	433464	349	443674	399	487324	449	527733	499

FIG. 15B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table I : The t-sequence table. Cluster3

t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val
532332	500	542453	550	554552	600	632444	650	643354	700
532343	501	542464	551	554563	601	632455	651	643365	701
532354	502	542475	552	554572	602	632466	652	643376	702
532365	503	542486	553	554583	603	632477	653	643387	703
532376	504	542497	554	554594	604	632488	654	643398	704
532387	505	542508	555	554605	605	632499	655	643409	705
532443	506	542519	556	554616	606	632510	656	643420	706
532454	507	542530	557	554627	607	632521	657	643431	707
532465	508	542541	558	554638	608	632532	658	643442	708
532476	509	542552	559	554649	609	632543	659	643453	709
532534	510	542563	560	554660	610	632554	660	643464	710
532565	511	542574	561	554671	611	632565	661	643475	711
533332	512	542585	562	554682	612	632576	662	643486	712
533343	513	542596	563	554693	613	632587	663	643497	713
533354	514	542607	564	554704	614	632598	664	643508	714
533365	515	542618	565	554715	615	632609	665	643519	715
533376	516	542629	566	554726	616	632620	666	643530	716
533432	517	542640	567	554737	617	632631	667	643541	717
533443	518	542651	568	554748	618	632642	668	643552	718
533454	519	542662	569	554759	619	632653	669	643563	719
533465	520	542673	570	554770	620	632664	670	643574	720
533476	521	542684	571	554781	621	632675	671	643585	721
533543	522	542695	572	554792	622	632686	672	643596	722
533554	523	542706	573	554803	623	632697	673	643607	723
533565	524	542717	574	554814	624	632708	674	643618	724
533654	525	542728	575	554825	625	632719	675	643629	725
534432	526	542739	576	554836	626	632730	676	643640	726
534443	527	542750	577	554847	627	632741	677	643651	727
534454	528	542761	578	554858	628	632752	678	643662	728
534465	529	542772	579	554869	629	632763	679	643673	729
534532	530	542783	580	554880	630	632774	680	643684	730
534543	531	542794	581	554891	631	632785	681	643695	731
534554	532	542805	582	554902	632	632796	682	643706	732
534565	533	542816	583	554913	633	632807	683	643717	733
534643	534	542827	584	554924	634	632818	684	643728	734
534654	535	542838	585	554935	635	632829	685	643739	735
535532	536	542849	586	554946	636	632840	686	643750	736
535543	537	542860	587	554957	637	632851	687	643761	737
535554	538	542871	588	554968	638	632862	688	643772	738
535632	539	542882	589	554979	639	632873	689	643783	739
535643	540	542893	590	554990	640	632884	690	643794	740
535654	541	542904	591	555001	641	632895	691	643805	741
535743	542	542915	592	555012	642	632906	692	643816	742
536632	543	542926	593	555023	643	632917	693	643827	743
536643	544	542937	594	555034	644	632928	694	643838	744
536732	545	542948	595	555045	645	632939	695	643849	745
536743	546	542959	596	555056	646	632950	696	643860	746
537732	547	542970	597	555067	647	632961	697	643871	747
537832	548	542981	598	555078	648	632972	698	643882	748
542442	549	542992	599	555089	649	632983	699	643893	749

FIG. 15C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table I : The t-sequence table. Cluster3

t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val
662552	750	743255	800	762453	850	862343	900		
662563	751	743322	801	762464	851	862354	901		
662574	752	743333	802	762553	852	862443	902		
662663	753	743344	803	763442	853	863332	903		
663552	754	743355	804	763453	854	863343	904		
663563	755	743433	805	763542	855	863432	905		
663652	756	743444	806	763553	856	863443	906		
663663	757	744222	807	764442	857	864332	907		
664552	758	744233	808	764542	858	864432	908		
664652	759	744244	809	764642	859	864532	909		
664752	760	744322	810	772552	860	872442	910		
673662	761	744333	811	772563	861	872453	911		
722224	762	744344	812	773552	862	873442	912		
722235	763	744422	813	773652	863	873542	913		
722246	764	744433	814	832224	864	942224	914		
722335	765	744444	815	832235	865	952223	915		
723324	766	744533	816	833324	866	952234	916		
723335	767	745322	817	842223	867	953223	917		
724424	768	745333	818	842234	868	953323	918		
732223	769	745422	819	842245	869	962222	919		
732234	770	745433	820	842334	870	962233	920		
732245	771	745522	821	843223	871	962244	921		
732256	772	745533	822	843234	872	962333	922		
732334	773	746422	823	843323	873	963222	923		
732345	774	746522	824	843334	874	963233	924		
733223	775	746622	825	844323	875	963322	925		
733234	776	752332	826	844423	876	963333	926		
733245	777	752343	827	852222	877	964222	927		
733323	778	752354	828	852233	878	964322	928		
733334	779	752365	829	852244	879				
733345	780	752443	830	852255	880				
733434	781	752454	831	852333	881				
734323	782	753332	832	852344	882				
734334	783	753343	833	853222	883				
734423	784	753354	834	853233	884				
734434	785	753432	835	853244	885				
735423	786	753443	836	853322	886				
735523	787	753454	837	853333	887				
742222	788	753543	838	853344	888				
742233	789	754332	839	853433	889				
742244	790	754343	840	854222	890				
742255	791	754432	841	854233	891				
742266	792	754443	842	854322	892				
742333	793	754532	843	854333	893				
742344	794	754543	844	854422	894				
742355	795	755332	845	854433	895				
742444	796	755432	846	855322	896				
743222	797	755532	847	855422	897				
743233	798	755632	848	855522	898				
743244	799	762442	849	862332	899				

FIG. 15D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table I : The t-sequence table. Cluster6									
t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val
222236	0	233357	50	244445	100	255555	150	268643	200
222247	1	233368	51	244456	101	256322	151	269632	201
222258	2	233379	52	244467	102	256333	152	269643	202
222269	3	233446	53	244556	103	256344	153	277442	203
222336	4	233457	54	245323	104	256355	154	277453	204
222347	5	233468	55	245334	105	256366	155	277464	205
222358	6	233557	56	245345	106	256377	156	277553	206
222369	7	234324	57	245356	107	256433	157	278542	207
222447	8	234335	58	245367	108	256444	158	278553	208
222458	9	234346	59	245378	109	256455	159	279642	209
222469	10	234357	60	245434	110	256466	160	322226	210
222325	11	234368	61	245445	111	256544	161	322237	211
222336	12	234379	62	245456	112	256555	162	322248	212
222347	13	234435	63	245467	113	257422	163	322259	213
222358	14	234446	64	245545	114	257433	164	322337	214
222369	15	234457	65	245556	115	257444	165	322348	215
222346	16	234468	66	246423	116	257455	166	322359	216
222447	17	234546	67	246434	117	257466	167	322772	217
222458	18	234557	68	246445	118	257533	168	322783	218
222469	19	235424	69	246456	119	257544	169	322794	219
222547	20	235435	70	246467	120	257555	170	323326	220
222558	21	235446	71	246534	121	257644	171	323337	221
224425	22	235457	72	246545	122	258522	172	323348	222
224436	23	235468	73	246556	123	258533	173	323359	223
224447	24	235535	74	246645	124	258544	174	323437	224
224458	25	235546	75	247523	125	258555	175	323448	225
224469	26	235557	76	247534	126	258633	176	323872	226
224536	27	235646	77	247545	127	258644	177	323883	227
224547	28	236524	78	247556	128	259622	178	323894	228
224558	29	236535	79	247634	129	259633	179	324426	229
224647	30	236546	80	247645	130	259644	180	324437	230
225525	31	236557	81	248623	131	259733	181	324448	231
225536	32	236635	82	248634	132	266332	182	324537	232
225547	33	236646	83	248645	133	266343	183	324972	233
225558	34	237624	84	248734	134	266354	184	324983	234
225636	35	237635	85	249723	135	266365	185	325526	235
225647	36	237646	86	249734	136	266376	186	325537	236
226625	37	237735	87	255233	137	266443	187	326626	237
226636	38	238724	88	255244	138	266454	188	332225	238
226647	39	238735	89	255255	139	266465	189	332236	239
226736	40	244234	90	255266	140	266554	190	332247	240
227725	41	244245	91	255277	141	267432	191	332258	241
227736	42	244256	92	255333	142	267443	192	332269	242
233235	43	244267	93	255344	143	267454	193	332336	243
233246	44	244278	94	255355	144	267465	194	332347	244
233257	45	244334	95	255366	145	267543	195	332358	245
233268	46	244345	96	255377	146	267554	196	332369	246
233279	47	244356	97	255444	147	268532	197	332447	247
233335	48	244367	98	255455	148	268543	198	332458	248
233346	49	244378	99	255466	149	268554	199	333225	249

FIG. 16A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table I : The t-sequence table. Cluster6

t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val
333236	250	344246	300	355256	350	366266	400	387442	450
333247	251	344257	301	355267	351	366322	401	387453	451
333258	252	344268	302	355323	352	366333	402	388542	452
333269	253	344324	303	355334	353	366344	403	422227	453
333325	254	344335	304	355345	354	366355	404	422238	454
333336	255	344346	305	355356	355	366366	405	422249	455
333347	256	344357	306	355367	356	366433	406	422662	456
333358	257	344368	307	355434	357	366444	407	422673	457
333369	258	344435	308	355445	358	366455	408	422684	458
333436	259	344446	309	355456	359	366544	409	422695	459
333447	260	344457	310	355545	360	367322	410	422773	460
333458	261	344546	311	356323	361	367333	411	422784	461
333547	262	345324	312	356334	362	367344	412	423327	462
334325	263	345335	313	356345	363	367355	413	423338	463
334336	264	345346	314	356356	364	367422	414	423762	464
334347	265	345357	315	356423	365	367433	415	423773	465
334358	266	345424	316	356434	366	367444	416	423784	466
334425	267	345435	317	356445	367	367455	417	423873	467
334436	268	345446	318	356456	368	367533	418	424427	468
334447	269	345457	319	356534	369	367544	419	424862	469
334458	270	345535	320	356545	370	368422	420	424873	470
334536	271	345546	321	357423	371	368433	421	425962	471
334547	272	346424	322	357434	372	368444	422	432226	472
335425	273	346435	323	357445	373	368522	423	432237	473
335436	274	346446	324	357523	374	368533	424	432248	474
335447	275	346524	325	357534	375	368544	425	432259	475
335525	276	346535	326	357545	376	368633	426	432337	476
335536	277	346546	327	357634	377	369522	427	432348	477
335547	278	346635	328	358523	378	369533	428	432772	478
335636	279	347524	329	358534	379	369622	429	432783	479
336525	280	347535	330	358623	380	369633	430	432794	480
336536	281	347624	331	358634	381	376332	431	433226	481
336625	282	347635	332	359623	382	376343	432	433237	482
336636	283	348624	333	359723	383	376354	433	433248	483
337625	284	348724	334	365222	384	376365	434	433326	484
337725	285	354223	335	365233	385	376443	435	433337	485
343224	286	354234	336	365244	386	376454	436	433348	486
343235	287	354245	337	365255	387	377332	437	433437	487
343246	288	354256	338	365266	388	377343	438	433772	488
343257	289	354267	339	365277	389	377354	439	433783	489
343268	290	354278	340	365333	390	377432	440	433872	490
343279	291	354334	341	365344	391	377443	441	433883	491
343335	292	354345	342	365355	392	377454	442	434326	492
343346	293	354356	343	365366	393	377543	443	434337	493
343357	294	354367	344	365444	394	378432	444	434426	494
343368	295	354445	345	365455	395	378443	445	434437	495
343446	296	354456	346	366222	396	378532	446	434872	496
343457	297	355223	347	366233	397	378543	447	434972	497
344224	298	355234	348	366244	398	379532	448	435426	498
344235	299	355245	349	366255	399	379632	449	435526	499

FIG. 16B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table I : The t-sequence table. Cluster6

t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val
442225	500	454257	550	466345	600	479522	650	543772	700
442236	501	454324	551	466423	601	479622	651	543872	701
442247	502	454335	552	466434	602	486332	652	544226	702
442268	503	454346	553	466445	603	486343	653	544326	703
442269	504	454357	554	466534	604	486354	654	544426	704
442336	505	454435	555	467323	605	486443	655	552225	705
442347	506	454446	556	467334	606	487332	656	552236	706
442358	507	455224	557	467423	607	487343	657	552247	707
442447	508	455235	558	467434	608	487432	658	552258	708
443225	509	455246	559	467523	609	487443	659	552336	709
443236	510	455324	560	467534	610	488432	660	552347	710
443247	511	455335	561	468423	611	488532	661	553225	711
443258	512	455346	562	468523	612	497442	662	553236	712
443325	513	455424	563	468623	613	522552	663	553247	713
443336	514	455435	564	475222	614	522563	664	553325	714
443347	515	455446	565	475233	615	522574	665	553336	715
443358	516	455535	566	475244	616	522585	666	553347	716
443436	517	456324	567	475255	617	522663	667	553436	717
443447	518	456335	568	475266	618	522674	668	554225	718
444225	519	456424	569	475333	619	523652	669	554236	719
444236	520	456435	570	475344	620	523663	670	554325	720
444247	521	456524	571	475355	621	523674	671	554336	721
444325	522	456535	572	475444	622	523763	672	554425	722
444336	523	457424	573	476222	623	524752	673	554436	723
444347	524	457524	574	476233	624	524763	674	555225	724
444425	525	457624	575	476244	625	525852	675	555325	725
444436	526	464223	576	476255	626	532227	676	555425	726
444447	527	464234	577	476322	627	532238	677	555525	727
444536	528	464245	578	476333	628	532662	678	563224	728
445325	529	464256	579	476344	629	532673	679	563235	729
445336	530	464267	580	476355	630	532684	680	563246	730
445425	531	464334	581	476433	631	532773	681	563257	731
445436	532	464345	582	476444	632	533227	682	563335	732
445525	533	464356	583	477222	633	533327	683	563346	733
445536	534	464445	584	477233	634	533662	684	564224	734
446425	535	465223	585	477244	635	533673	685	564235	735
446525	536	465234	586	477322	636	533762	686	564246	736
446625	537	465245	587	477333	637	533773	687	564324	737
453224	538	465256	588	477344	638	534762	688	564335	738
453235	539	465323	589	477422	639	534862	689	564346	739
453246	540	465334	590	477433	640	542226	690	564435	740
453257	541	465345	591	477444	641	542237	691	565224	741
453268	542	465356	592	477533	642	542248	692	565235	742
453335	543	465434	593	478322	643	542337	693	565324	743
453346	544	465445	594	478333	644	542772	694	565335	744
453357	545	466223	595	478422	645	542783	695	565424	745
453446	546	466234	596	478433	646	543226	696	565435	746
454224	547	466245	597	478522	647	543237	697	566224	747
454235	548	466323	598	478533	648	543326	698	566324	748
454246	549	466334	599	479422	649	543337	699	566424	749

FIG. 16C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table I : The t-sequence table. Cluster6

t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val	t-seq	val
566524	750	622442	800	674324	850	742552	900		
574223	751	622453	801	674335	851	742563	901		
574234	752	622464	802	675224	852	743552	902		
574245	753	622475	803	675324	853	743652	903		
574256	754	622553	804	675424	854	752662	904		
574334	755	622564	805	684223	855	762226	905		
574345	756	623542	806	684234	856	772225	906		
575223	757	623553	807	684245	857	772236	907		
575234	758	623564	808	684334	858	773225	908		
575245	759	623653	809	685223	859	773325	909		
575323	760	624642	810	685234	860	783224	910		
575334	761	624653	811	685323	861	783235	911		
575345	762	625742	812	685334	862	784224	912		
575434	763	632552	813	686223	863	784324	913		
576223	764	632563	814	686323	864	794223	914		
576234	765	632574	815	686423	865	794234	915		
576323	766	632663	816	695222	866	795223	916		
576334	767	633552	817	695233	867	795323	917		
576423	768	633563	818	695244	868	832332	918		
576434	769	633652	819	695333	869	832343	919		
577223	770	633663	820	696222	870	832354	920		
577323	771	634652	821	696233	871	832443	921		
577423	772	634752	822	696322	872	833432	922		
577523	773	642227	823	696333	873	833443	923		
585222	774	642662	824	697222	874	834532	924		
585233	775	642673	825	697322	875	842442	925		
585244	776	643662	826	697422	876	842453	926		
585255	777	643762	827	722332	877	843442	927		
585333	778	652226	828	722343	878	843542	928		
585344	779	652237	829	722354	879				
586222	780	652772	830	722365	880				
586233	781	653226	831	722443	881				
586244	782	653326	832	722454	882				
586322	783	662225	833	723432	883				
586333	784	662236	834	723443	884				
586344	785	662247	835	723454	885				
586433	786	662336	836	723543	886				
587222	787	663225	837	724532	887				
587233	788	663236	838	724543	888				
587322	789	663325	839	725632	889				
587333	790	663336	840	732442	890				
587422	791	664225	841	732453	891				
587433	792	664325	842	732464	892				
588322	793	664425	843	732553	893				
588422	794	673224	844	733442	894				
588522	795	673235	845	733453	895				
596332	796	673246	846	733542	896				
596343	797	673335	847	733553	897				
597332	798	674224	848	734542	898				
597432	799	674235	849	734642	899				

FIG. 16D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวพจนีย์ วรกิจธำรงค์ชัย
เกิดวันที่ 11 มกราคม พ.ศ.2522
ที่อยู่ 2/19 หมู่บ้านกลางกรุง ถนนเสรี4 ซอยพระรามเก้า43 สวนหลวง เขตสวนหลวง
 กรุงเทพมหานคร 10250
สถานที่เกิด สุพรรณบุรี
การศึกษา มัธยมศึกษาปีที่6 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า จังหวัดกรุงเทพมหานคร
 วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้