ระบบรายงานพิกัดตำแหน่งบนถนนด้วยเสียงพูด

นายอำนวย ทีจันทึก

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2551

LANDMARK VOICE-REPORT SYSTEMS

Amnuay Teejanthuk

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Degree of Master of Engineering in Telecommunication Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2008

ระบบรายงานพิกัดตำแหน่งบนถนนด้วยเสียงพูด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____

(ผศ. ดร.รังสรรค์ วงศ์สรรค์)
ประธานกรรมการ

_____

(ผศ. ดร.รังสรรค์ ทองทา)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

_____

(ผศ. ดร.ชาญชัย ทองโสภา)
กรรมการ

_____

(ศ. ดร.ไพโรจน์ สัตยธรรม)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

_____

(รศ. น.อ. ดร.วรพจน์ ขำพิศ)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

อำนวย ทีจันทึก : ระบบรายงานพิกัดตำแหน่งบนถนนด้วยเสียงพูด (LANDMARK VOICE-REPORT SYSTEMS) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ ทองทา, 77 หน้า.

ในปัจจุบันมีการนำระบบจีพีเอส (Global Positioning System) มาประยุกต์ใช้กับระบบนำทาง (Navigation System) รถยนต์ และระบบติดตามยานพาหนะ (Vehicle Tracking) ในระบบนำทางรถยนต์จะรายงานพิกัดตำแหน่งปัจจุบันโดยการแสดงผลผ่านจอภาพและมีข้อความเสียงพูดในลักษณะนำทาง ส่วนระบบติดตามยานพาหนะใช้สำหรับติดตามตำแหน่งของยานพาหนะ แบบเวลาจริง (Real Time) โดยใช้จีพีเอสร่วมกับระบบสื่อสารจีพีอาร์เอส (General Packet Radio Service) ส่งข้อมูลพิกัดตำแหน่งผ่านเครือข่ายการสื่อสารไร้สาย เพื่อนำพิกัดตำแหน่งของยานพาหนะไปแสดงผลผ่านจอภาพ เพื่อลดข้อจำกัดในการรายงานพิกัดตำแหน่งของจีพีเอสที่ต้องแสดงผลผ่านจอภาพเท่านั้น งานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการแปลงพิกัดตำแหน่งที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส ที่รายงานพิกัดเส้นรุ้ง (Latitude) และเส้นแวง (Longitude) ให้ไปเป็นพิกัดแผนที่บนถนนโดยการรายงานพิกัดตำแหน่งปัจจุบันบนถนนจะอ้างอิงจากพิกัดตำแหน่งของสถานที่สำคัญ (Landmark) เช่น ที่ว่าการอำเภอ ศาลากลางจังหวัด และนำข้อมูลระยะทางระหว่างพิกัดตำแหน่งปัจจุบันบนถนนกับพิกัดตำแหน่งอ้างอิงไปรายงานในรูปแบบข้อความเสียงพูดภาษาไทย โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 ประมวลผลข้อมูลพิกัดตำแหน่งจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส และใช้ MP3 AUDIO CODEC ของ VLSI เบอร์VS1002d สำหรับสร้างเสียงพูดภาษาไทย

สำหรับผลการแปลงพิกัดตำแหน่งที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส ที่รายงานพิกัดเส้นรุ้งและเส้นแวงให้ไปเป็นพิกัดแผนที่บนถนน และรายงานในรูปแบบข้อความเสียงพูดผลการทดสอบบนทางหลวงในจังหวัดนครราชสีมาระบบมีค่า RMS Error เท่ากับ 0.71974 กิโลเมตร และผลการทดสอบการใช้งานจริงของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 (พหลโยธิน) และหมายเลข 2 (มิตรภาพ) จากอำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมาถึงอำเภอรังสิตจังหวัดปทุมธานีจะมีค่า RMS Error เท่ากับ 1.04881 กิโลเมตร ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในการรายงานพิกัดตำแหน่งของรถโดยสารประจำทางหรือการรายงานพิกัดตำแหน่งสำหรับผู้พิการทางสายตาได้

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2551 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

AMNUAY TEEJANTHUK : LANDMARK VOICE-REPORT SYSTEMS.

THESIS ADVISOR : ASST. PROF. RANGSAN TONGTA, Ph.D., 77 PP.

LANDMARK VOICE-REPORT SYSTEMS

In present days, the GPS (Global Positioning System) has been widely used for mobile navigation and vehicle tracking. Mobile navigation usually requires graphical display or turn-by-turn audio suggestion. On the other hand, vehicle tracking works by sending its positions in real time to remote location for display on top of maps. To avoid using graphical display, this research presents a novel method by mapping GPS locations to the nearest well-known landmarks, e.g., cities hall, hospitals, schools. The system then reports its current position by telling distances to and from the landmarks. The ARM7 microcontroller is used for process data from the GPS receiver. The MP3 audio codec VS1002d is used for play pre-recorded audio phases (in Thai).

The system was tested over Thailand's highway number 1 and number 2 from Bangkok to Nakhon Ratchasima province and also within Nakhon Ratchasima province. Experimental results show RMS error 1.04881 km on the highway and 0.77974 km within the province. The system can be applied for public transportation and for those with eyes disability.

School of Telecommunication Engineering Student's Signature _____

Academic Year 2008 Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านดำเนินงานวิจัย จากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ได้แก่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ ทองทา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และหัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ที่ได้ให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำปรึกษา ช่วยแก้ไขปัญหาและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ วงศ์สรรค์ ผู้ช่วยอธิการบดี และผู้อำนวยการศูนย์นวัตกรรมและเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้โอกาสในการศึกษา และคำแนะนำทางด้านวิชาการแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย ทองโสภา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี หัตถกรรม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา พรหมมาก อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม อาจารย์วิชัย ศรีสุรักษ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและให้กำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้การสนับสนุนด้านเงินอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ คุณประพล จาระตะคุ หัวหน้าฝ่ายห้องปฏิบัติการวิศวกรรม 1 ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ช่วยอำนวยความสะดวกทางด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ คุณมณีรัตน์ ทุมพงษ์ เลขานุการ สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ที่ให้คำปรึกษาและจัดการด้านเอกสารตลอดระยะเวลาการศึกษา และคุณไพรัตน์ ทศดี ที่ให้คำแนะนำและตรวจสอบความถูกต้องของการจัดพิมพ์รูปเล่มวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม รุ่นที่ 3 และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ศูนย์นวัตกรรมและเทคโนโลยีการศึกษาทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งด้านวิชาการ และเป็นกำลังใจที่ดีมาโดยตลอด

สำหรับคุณงามความดีอันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับทุกคนในครอบครัวอันเป็นที่รัก ตลอดจนครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ผู้วิจัยตลอดมา

อำนวย ทีจันทึก

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ซ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ญ

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ 2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น 3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.6 วิธีดำเนินการวิจัย 3
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
1.8 รายละเอียดในวิทยานิพนธ์ 5
2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 กล่าวนำ 6
2.2 ระบบดาวเทียมจีพีเอส 6
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต ตระกูล ARM7 LPC2148 11
2.3.1 คุณสมบัติทางเทคนิคที่สำคัญ LPC2148 13
2.3.2 ไดอะแกรมการทำงานโดยรวมของ LPC2148 14
2.4 ระเบียบวิธีแบ่งครึ่งช่วง 24

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5 พื้นฐานทฤษฎีของ MP3 AUDIO CODEC 27
2.5.1 MP3 Coding Standard 27
3 การจำลองระบบและพัฒนาระบบสมองกลฝังตัว 30
3.1 กล่าวนำ 30
3.2 การรายงานพิกัดตำแหน่งด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส 30
3.3 การเก็บค่าพิกัดตำแน่งของทางหลวงแผ่นดิน 32
3.4 การจำลองระบบโดยระเบียบวิธีแบ่งครึ่งช่วงด้วยโปรแกรม MATLAB 33
3.5 การออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบ 36
3.5.1 การสร้าง Intel HEX File จาก BINARY File 37
3.5.2 การใช้งาน VS1002d MP3 AUDIO CODEC 39
3.5.3 การพัฒนาโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ 44
3.6 การพัฒนาระบบใช้กับทางหลวงภายในจังหวัดนครราชสีมา 49
3.6.1 การเก็บข้อมูลพิกัดตำแหน่งอ้างอิง 49
3.6.2 การจำลองระบบหาพิกัดตำแหน่งปัจจุบันบนถนน 53
3.6.3 การพัฒนาโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 56
4 ผลการทดลอง 62
4.1 กล่าวนำ 62
4.2 ผลการจำลองระบบเมื่อใช้งานกับทางหลวงหมายเลข 1 และ หมายเลข 2 62
4.3 ผลการรายงานพิกัดตำแหน่งเมื่อใช้งานจริงบนทางหลวงหมาย 1 และ 2 64
4.3.1 การคำนวณหาพิกัดตำแหน่งปัจจุบัน 64
4.3.2 การรายงานด้วยเสียงพูด 64
4.4 ผลการจำลองระบบที่ใช้กับทางหลวงของจังหวัดนครราชสีมา 67
4.5 ผลการทดสอบเส้นทางจริงบนทางหลวงของจังหวัดนครราชสีมา 67
4.5.1 การคำนวณหาพิกัดตำแหน่งปัจจุบัน 67
4.5.2 การรายงานด้วยเสียงพูด 69
4.6 สรุป 70

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 71
5.1 สรุปเนื้อหาของวิทยานิพนธ์ 71
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ 72
5.3 แนวทางการพัฒนาในอนาคต 72
รายการอ้างอิง 73
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ 75
ประวัติผู้เขียน 77

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 รายละเอียดส่วนหัวของไฟล์ MP3 29
3.1 แสดงรายละเอียดของไฟล์ข้อความเสียงพูด 40
3.2 SCI Register ของ VS1002d 43
3.3 พิกัดตำแหน่งของสถานที่อ้างอิงบนทางหลวงหมายเลข 1 และ 2 48
3.4 โครงสร้างการจัดแบ่งพื้นที่ของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม และข้อมูลของไฟล์เสียงทางหลวงหมายเลข 1 และ 2 48
3.5 การกำหนดพิกัดตำแหน่งอ้างอิงภายในจังหวัดนครราชสีมา 51
3.6 จุดพิกัดตำแหน่งอ้างอิงเพิ่มเติม 52
3.7 แสดงการกำหนดจุดอ้างอิงที่เชื่อมต่อกัน 53
3.8 โครงสร้างการจัดแบ่งพื้นที่ของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม และข้อมูลของไฟล์เสียงทางหลวงจังหวัดนครราชสีมา 56
4.1 ตัวอย่างผลการแปลงพิกัดของของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนน ทางหลวงหมายเลข 1 และ 2 63
4.2 ตัวอย่างคำพูดที่รายงานพิกัดตำแหน่งปัจจุบัน 66
4.3 ตัวอย่างผลการแปลงพิกัดตำแหน่งจากจีพีเอสเป็นพิกัดบนแผนที่บนถนน 66
4.4 ตัวอย่างการรายงานพิกัดตำแหน่งด้วยเสียงพูดจากข้อมูลตารางที่ 4.3 69

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 ส่วนประกอบของระบบดาวเทียมจีพีเอส 7
2.2 กลุ่มของดาวเทียมที่โคจรอยู่รอบโลก....8
2.3 การโคจรรอบโลกของดาวเทียมจีพีเอส 8
2.4 สถานีควบคุมของดาวเทียมจีพีเอส 9
2.5 พิกัดตำแหน่งที่หาได้จากการรับสัญญาณดาวเทียม 10
2.6 แสดงกระบวนการทำงานของไปป์ไลน์ใน ARM7 โปรเซสเซอร์ 12
2.7 ไดอะแกรมการทำงานของ LPC2148 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิตตระกูล ARM7 16
2.8 การจัดสรรหน่วยความจำภายใน LPC2148 17
2.9 แสดงการจัดขาสัญญาณของ LPC2148 19
2.10 ระเบียบวิธีแบ่งครึ่งช่วงเพื่อใช้หารากของสมการ f(x) = 0 25
2.11 ความเป็นไปได้ของ f(XM) ที่จะมีค่าเป็นบวกหรือลบขึ้นอยู่กับ ตำแหน่งของ XL และ XR 26
2.12 ขั้นตอนการทำงานของ Pulse Code Modulation (PCM) 27
2.13 แนวคิดของการเข้ารหัสแบบ MPEG 28
2.14 ส่วนประกอบบิตสตรีมใน MPEG 1 Layer III 28
3.1 GPS Module ของ HULUK รุ่น GM-82 30
3.2 โปรแกรมรับข้อมูลจากจีพีเอสและจัดเก็บลงฐานข้อมูล 33
3.3 ตัวอย่างจุดพิกัดตำแหน่งอ้างอิง 33
3.4 ขั้นตอนการหาพิกัดตำแหน่งปัจจุบันบนถนน 35
3.5 ตัวอย่างการรายงานพิกัดตำแหน่งอ้างอิงปัจจุบัน 36
3.6 ภาพรวมของระบบ 37
3.7 Batch File สำหรับสั่งแปลงไฟล์เสียงให้เป็น HEX File 38
3.8 การติดตั้ง Intel HEX File ของไฟล์เสียงที่หน่วยความจำ Flash 39
3.9 การเชื่อมต่อบอร์ด ET-MINI MP3 กับ บอร์ด CP-JR ARM7 USB-LPC2148 41
3.10 รูปแบบการใช้งาน SDI ของ VS100d 42

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.11 รูปแบบการใช้งาน SCI Read 42
3.12 รูปแบบการใช้งาน SCI Write....43
3.13 หน้าจอของโปรแกรม Keil uVistion3 45
3.14 การติดตั้ง Intel HEX File ของ Code Program ที่หน่วยความจำ Flash 46
3.15 ขั้นตอนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7....47
3.16 การใช้โปรแกรมแผนที่ผ่านอินเตอร์เน็ต 50
4.1 ตัวอย่างพิกัดตำแหน่งยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านจุดที่ 7 ไป 6 62
4.2 ค่าความคลาดเคลื่อนจากทดสอบการทำงานจากอำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมา ถึงอำเภอรังสิตจังหวัดปทุมธานี 65
4.3 Error Histogram ทางหลวงหมายเลข 1 และ 2....65
4.4 ผลการหาพิกัดตำแหน่งอ้างอิงที่ว่าการอำเภอที่อยู่ใกล้พิกัดตำแหน่งปัจจุบันและ ยานพาหนะเคลื่อนที่เข้าไปใกล้ 67
4.5 ผลการทดสอบการทำงานบนทางหลวงจากอำเภอเมืองนครราชสีมาไป อ.ขามทะเลสอ อ.สูงเนิน อ.สีคิ้ว อ.ปากช่อง อ.ด่านขุนทด อ.โชคชัย อ.ปักธงชัย และ อ.หนองบุญมาก 68
4.6 Error Histogram ของจังหวัดนครราชสีมา 69

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

GPS	=	Global Positioning System
NMEA	=	National Marine Electronics Association
GNSS	=	Global navigation satellite system
GPRS	=	General Packet Radio Service
RISC	=	Reduced Instruction Set Computer
ARM	=	Advanced RISC Machines
ISP	=	In-System Programming
VIC	=	Vectored Interrupt Controller
FIQ	=	Fast Interrupt Request
IRQ	=	Vectored Interrupt Request
GPIO	=	General Purpose Input Output
UART	=	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
FIFO	=	First In First Out

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จีพีเอส (Global Positioning System) เป็นระบบบอกพิกัดตำแหน่งบนโลก จะประกอบด้วยดาวเทียมทั้งหมด 24 ดวง แต่ละดวงโคจรครบหนึ่งรอบใช้เวลา 12 ชั่วโมง มีความสูงของวงโคจรอยู่ประมาณ 11,000 ไมล์จากพื้นโลกมีระนาบของวงโคจร 6 ระนาบ แต่ละระนาบมีดาวเทียม 4 ดวง และเอียงทำมุมกับเส้นศูนย์สูตร (Equator) เป็นมุม 55 องศา ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์แพร่หลาย ซึ่งมีการพัฒนานำมาใช้กับระบบนำทาง (Navigation System) รถยนต์ และระบบติดตามยานพาหนะ (Vehicle Tracking) การใช้ในระบบนำทางรถยนต์สามารถรายงานระยะทางจากพิกัดตำแหน่งปัจจุบันถึงจุดหมายพร้อมแนะนำเส้นทางด้วยเสียงพูด เพื่อเป็นการนำทางในลักษณะตามเส้นทางของถนน โดยจะรายงานระยะทางก่อนถึงจุดเลี้ยวต่าง ๆ ตามเส้นทาง และการแสดงผลพิกัดตำแหน่งปัจจุบันบนถนนของระบบนำทางรถยนต์จะแสดงผลผ่านจอภาพเท่านั้น ในส่วนของระบบติดตามยานพาหนะ มีจุดประสงค์เพื่อใช้สำหรับติดตามตำแหน่งของยานพาหนะในแบบเวลาจริง (Real Time) โดยจะนำจีพีอาร์เอส (General Packet Radio Service) มาใช้ร่วมกับจีพีเอส โดยให้จีพีอาร์เอสทำหน้าที่ในการส่งข้อมูลการติดตามยานพาหนะที่ได้รับมาจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส ส่งข้อมูลการติดตามยานพาหนะไปยังผู้ให้บริการบนโครงข่ายอินเตอร์เน็ต (Web Server) ทำให้สามารถแสดงผลการติดตามยานพาหนะเป็นแบบเวลาจริง (Real Time) ได้ จากที่กล่าวมา ในการแสดงผลพิกัดตำแหน่งปัจจุบันบนถนนจะแสดงผลผ่านจอภาพเท่านั้น เพื่อลดข้อจำกัดในการรายงานพิกัดตำแหน่งของจีพีเอสที่ต้องแสดงผลผ่านจอภาพเท่านั้น งานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการแปลงพิกัดตำแหน่งที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส ที่รายงานพิกัดของเส้นรุ้ง (Latitude) และเส้นแวง (Longitude) ให้ไปเป็นพิกัดตำแหน่งบนถนนโดยการรายงานพิกัดตำแหน่งปัจจุบันบนถนนจะอ้างอิงจากพิกัดตำแหน่งของสถานที่สำคัญ (Landmark) เช่น ที่ว่าการอำเภอ ศาลากลางจังหวัด และนำข้อมูลระยะทางระหว่างพิกัดตำแหน่งปัจจุบันบนถนนกับพิกัดตำแหน่งอ้างอิงไปรายงานในรูปแบบข้อความของเสียงพูดที่เป็นภาษาไทย โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 ประมวลผลข้อมูลพิกัดตำแหน่งจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส และใช้ MP3 AUDIO CODEC ของ VLSI เบอร์ VS1002d สำหรับสร้างเสียงพูดภาษาไทย

1.2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์

Voice GPS Orion Technologies Co., Ltd เครื่องรายงานพิกัดตำแหน่งของจีพีเอสด้วยเสียงพูดโดยเครื่องจะทำหน้าที่แปลงพิกัดตำแหน่งของจีพีเอสจากข้อความตัวอักษรเป็นเสียงพูด และส่งข้อมูลรูปแบบเสียงนี้ผ่านไปที่ระบบเครือข่ายการสื่อสารไร้สายโทรศัพท์จีเอสเอ็มเพื่อให้คนที่ติดต่อกับเครื่อง Voice GPS ทราบพิกัดตำแหน่งปัจจุบันจากจีพีเอสของเครื่องได้ทันที

ผลงานวิจัยของ Helal, Moore, and Ramachandran (2001) ใช้เทคโนโลยีรายงานพิกัดตำแหน่งของจีพีเอสร่วมกับฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อสร้างระบบนำทางสำหรับผู้พิการทางสายตา ระบบนี้จะสามารถรายงานพิกัดตำแหน่งด้วยเสียงพูดให้ผู้พิการทราบ พร้อมทั้งรายงานทางเลือกสำหรับเส้นทางที่จะไปจุดเป้าหมาย ระบบจะมีส่วนประกอบสองส่วนคือ ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ และระบบการรายงานพิกัดตำแหน่งปัจจุบัน โดยทั้งสองส่วนจะสื่อสารกันผ่านระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย (Wireless LAN)

ผลงานวิจัยของ Andy, Michel, and Markku (2000) เป็นระบบรายงานพิกัดตำแหน่งด้วยเสียงพูดเพื่ออำนวยความสะดวกสำหรับผู้พิการทางสายตา โดยการรายงานพิกัดตำแหน่งปัจจุบันจะรายงานชื่อสถานที่ในบริเวณใกล้เคียงให้ทราบ และส่งข้อมูลพิกัดตำแหน่งปัจจุบันไปที่ Server เพื่อใช้สำหรับการติดตามผู้พิการทางสายตา ระบบจะมีสองส่วนคือ ส่วนผู้ให้บริการ (Pharos Service) และส่วนผู้ใช้งาน ส่วนของผู้ให้บริการจะมีฐานข้อมูลแผนที่ (Map Data) ฐานข้อมูลพิกัดตำแหน่งสถานที่ต่าง ๆ ที่สำคัญ (Point of Interest) และระบบจัดการสำหรับให้บริการ ส่วนของผู้ใช้งานจะต้องมีโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นที่มีจีพีเอสรวมอยู่ด้วยโดยทั้งสองส่วนจะสื่อสารกันผ่านระบบเครือข่ายโทรศัพท์ไร้สายจีเอสเอ็ม

ผลงานวิจัยของ Pop and Botu (2006) เป็นการพัฒนาฮาร์ดแวร์และอัลกอริทึมเพื่อติดต่อกับ GPS Receiver Module (Motorola M12) โดยมีการใช้ Microcontroller Philips 80C552 Single Ship เพื่ออ่านข้อมูล พิกัดตำแหน่งเส้นรุ้ง (Latitude) เส้นแวง (Longitude) ความสูงจากระดับน้ำทะเลและความเร็วของการเคลื่อนที่ มาเก็บไว้ที่หน่วยความจำข้อมูล (RAM) และนำข้อมูลในหน่วยความจำข้อมูลไปใช้ร่วมกับฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ของระบบติดตามยานพาหนะต่อไป

ผลงานวิจัยของ Janxin and Enchum (2001) เป็นระบบติดตามตำแหน่งรถบรรทุกที่ขนวัสดุและอุปกรณ์ในการสร้างเขื่อนกั้นแม่น้ำ Yangtse ในประเทศจีน ระบบมีสองส่วน คือ Master Equipment และ User Equipment ในส่วนของ Master Equipment จะทำหน้าที่ติดตามตำแหน่งรถบรรทุกจากแผนที่สารสนเทศภูมิศาสตร์และจัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการบริหารจัดการ สำหรับ User Equipment จะทำหน้าที่ส่งข้อมูล หมายเลขรถ พิกัดตำแหน่ง ความเร็วของรถ และเวลาปัจจุบัน ให้กับ Master Equipment โดยทั้งสองส่วนจะสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุความถี่ย่าน HF (High Frequency)

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 เพื่อพัฒนาอัลกอริทึมในการเปลี่ยนพิกัดของจีพีเอส จากเส้นรุ้งและเส้นแวงให้เป็นพิกัดตำแหน่งบนแผนที่ โดยอ้างอิงจากพิกัดตำแหน่งที่กำหนด

1.3.2 เพื่อพัฒนาฮาร์ดแวร์ สำหรับรายงานงานพิกัดตำแหน่งบนแผนที่ด้วยเสียงพูดภาษาไทย

1.3.3 เพื่อพัฒนาการรายงานพิกัดตำแหน่งปัจจุบันบนทางหลวงของจังหวัดนครราชสีมา โดยอ้างอิงจากพิกัดตำแหน่งของที่ว่าการอำเภอ

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.4.1 ใช้จีพีเอสมาตรฐาน NMEA (National Marine Electronics Association)

1.4.2 อัลกอริทึมในการแปลงพิกัดของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนน ใช้สำหรับทางหลวงแผ่นดินเท่านั้น

1.4.3 การรายงานพิกัดแผนที่บนถนนด้วยเสียงพูดใช้วิธีการถอดรหัสเสียงจากข้อมูลเสียง

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 อาศัยข้อมูลจากเครื่องรับจีพีเอสมาตรฐาน NMEA ที่มีจำหน่ายในปัจจุบันเป็นตัวเก็บข้อมูล

1.5.2 ใช้ข้อมูลพิกัดตำแหน่งบนถนนทางหลวงแผ่นดิน

1.5.3 พัฒนาอัลกอริทึมที่ใช้แปลงพิกัดตำแหน่งของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนน

1.5.4 พัฒนาฮาร์ดแวร์สำหรับทดสอบอัลกอริทึมในการแปลงพิกัดตำแหน่งของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนน

1.5.5 พัฒนาฮาร์ดแวร์สำหรับรายงานพิกัดแผนที่บนถนนด้วยเสียงพูดภาษาไทย

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย

1.6.1 แนวทางการดำเนินงาน

1) สำรวจปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์
2) เก็บข้อมูลพิกัดตำแหน่งของจีพีเอสบนถนนทางหลวงแผ่นดิน
3) พัฒนาอัลกอริทึมที่ใช้สำหรับแปลงพิกัดตำแหน่งของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนน

4) ทดสอบอัลกอริทึมที่ใช้แปลงพิกัดของจีพีเอสให้เป็นพิกัดบนถนนด้วยวิธีการ Simulator
5) พัฒนาฮาร์ดแวร์สำหรับใช้ทดสอบอัลกอริทึมในการแปลงพิกัดตำแหน่งของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนน
6) พัฒนาฮาร์ดแวร์สำหรับรายงานพิกัดแผนที่บนถนนด้วยเสียงพูด
7) ทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดลองของระบบที่ได้

1.6.2 ระเบียบวิธีวิจัย

1) สำรวจปริทัศน์วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2) พัฒนาอัลกอริทึมที่ใช้สำหรับการแปลงพิกัดตำแหน่งของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนนด้วยวิธีการ Numerical
3) ทดสอบอัลกอริทึมที่ใช้สำหรับการแปลงพิกัดตำแหน่งของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนนด้วยโปรแกรม MATLAB
4) พัฒนาฮาร์ดแวร์สำหรับทดสอบอัลกอริทึมที่ใช้ในการแปลงพิกัดตำแหน่งของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนน
5) พัฒนาฮาร์ดแวร์สำหรับรายงานพิกัดแผนที่บนถนนด้วยเสียงพูด
6) วิเคราะห์ระบบที่ใช้แปลงพิกัดของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนนและปรับปรุงแก้ไขจนได้ระบบที่มีประสิทธิภาพ

1.6.3 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องวิจัยและปฏิบัติการสื่อสารไร้สาย อาคารเครื่องมือ 4 (F4) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถ.มหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

1.6.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (personnel computer)
2) โปรแกรมเฉพาะทางวิศวกรรม MATLAB
3) โปรแกรมเฉพาะทางในการพัฒนาฮาร์ดแวร์ต้นแบบ

1.6.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง
2) เก็บข้อมูลพิกัดตำแหน่งบนถนนทางหลวงแผ่นดิน
3) เก็บรวบรวมผลจากการจำลองผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปจากคอมพิวเตอร์
4) เก็บรวบรวมผลจากการทดลองจริง

1.6.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลจะถูกนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองและทฤษฎี รวมทั้งเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่ไปแล้ว

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ระบบรายงานพิกัดตำแหน่งปัจจุบันถนนด้วยเสียงพูดสำหรับรถโดยสารประจำทาง

1.7.2 ระบบรายงานพิกัดตำแหน่งปัจจุบันสำหรับผู้พิการทางสายตา

1.8 รายละเอียดในวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย 5 บท และภาคผนวก

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วัตถุประสงค์ของการวิจัย ข้อตกลงเบื้องต้น ขอบเขตของการวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และรายละเอียดในวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึงระบบดาวเทียมจีพีเอส อธิบายส่วนประกอบต่าง ๆ การทำงานและการประยุกต์ใช้ระบบดาวเทียมจีพีเอสในงานด้านต่าง ๆ หลักการทำงานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ทฤษฎีระเบียบวิธีแบ่งครึ่งช่วงและพื้นฐาน MP3 AUDIO CODEC

บทที่ 3 กล่าวถึงวิธีการพัฒนาอัลกอริทึมการพัฒนาระบบสมองกลฝังตัว

บทที่ 4 กล่าวถึงผลการทดสอบการทำงาน

บทที่ 5 กล่าวถึงสรุปผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง ปัญหาที่เกิดขึ้น ข้อเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหา และแนวทางการพัฒนาในอนาคต

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

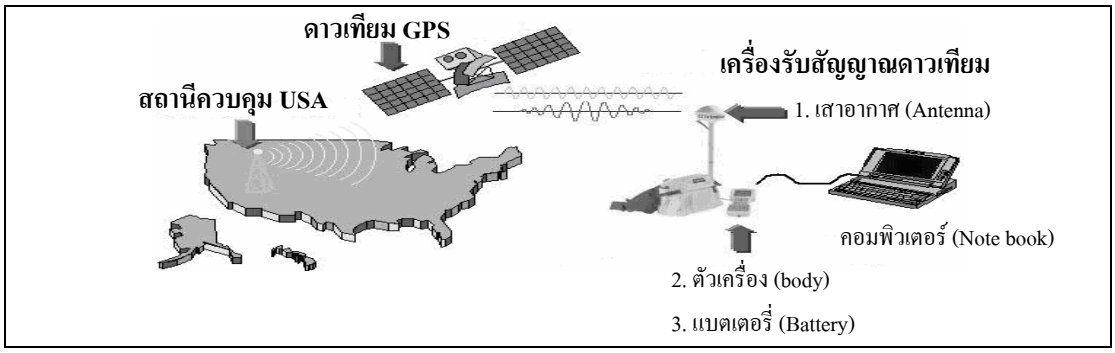
ระบบการรายงานพิกัดตำแหน่งปัจจุบันบนถนนด้วยเสียงพูดในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญต่าง ๆ ได้แก่ ระบบดาวเทียมจีพีเอส ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 และ ระบบ MP3 AUDIO CODEC โดยเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึง ส่วนประกอบและหลักการทำงานของระบบดาวเทียมจีพีเอส ความรู้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ARM7 และระเบียบวิธีแบ่งครึ่งช่วง ซึ่งเป็นอัลกอริธึมที่นำมาใช้สำหรับหาพิกัดตำแหน่งปัจจุบันของยานพาหนะบนถนน เมื่อเปรียบเทียบกับพิกัดตำแหน่งอ้างอิง

2.2 ระบบดาวเทียมจีพีเอส

จีพีเอส (Global Positioning System : GPS) (อภิชาติ คงแป้น, 2548) ระบบจีพีเอส หมายถึง ระบบที่มีกลุ่มดาวเทียมซึ่งโคจรอยู่รอบโลกส่งสัญญาณที่มีกำลังส่งต่ำมายังพื้นผิวโลกตลอดเวลา ซึ่งผู้ใช้ไม่ว่าจะเป็นใครก็ตามสามารถนำเอาเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส (GPS Receiver) มาเพื่อระบุตำแหน่งที่แน่นอนบนพื้นโลกได้ ซึ่งการระบุพิกัดตำแหน่งต่าง ๆ สามารถหาได้โดยการคำนวณระยะห่างจากดาวเทียมแต่ละดวง

ได้มีการเริ่มใช้งานระบบจีพีเอสในปี ค.ศ. 1978 โดยเริ่มแรกมีการใช้งานภายในกิจการของทางกระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกาเท่านั้น ต่อมาในปี ค.ศ. 1980 ได้อนุญาตให้ทางสาธารณชนสามารถใช้ระบบจีพีเอสได้ จึงได้มีการพัฒนา และใช้ประโยชน์จากระบบจีพีเอสอย่างแพร่หลายทั้งทางบก ทางอากาศ หรือทางทะเล เช่น ติดตั้งบนรถยนต์เพื่อนำทาง การเดินป่า การเดินเรือ อีกทั้งยังมีงานวิจัย และสินค้าที่มีการใช้ระบบจีพีเอสมาประยุกต์ใช้กับงานด้านต่าง ๆ มาอย่างต่อเนื่อง

กระทรวงกลาโหมของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้เรียกชื่อระบบจีพีเอสอย่างเป็นทางการว่าระบบ NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging) และกำหนดให้ระบบมีองค์ประกอบสำคัญอยู่ 3 ส่วนด้วยกันดังแสดงในรูปที่ 2.1 คือ ภาคอวกาศ (Space Segment) ได้แก่ ดาวเทียมภาคควบคุมการทำงาน (Control Segment) ได้แก่ สถานีภาคพื้นดิน และภาคผู้ใช้ (User Segment) ได้แก่ เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ซึ่งแต่ละส่วนมีหน้าที่การทำงานดังนี้



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของระบบดาวเทียมจีพีเอส

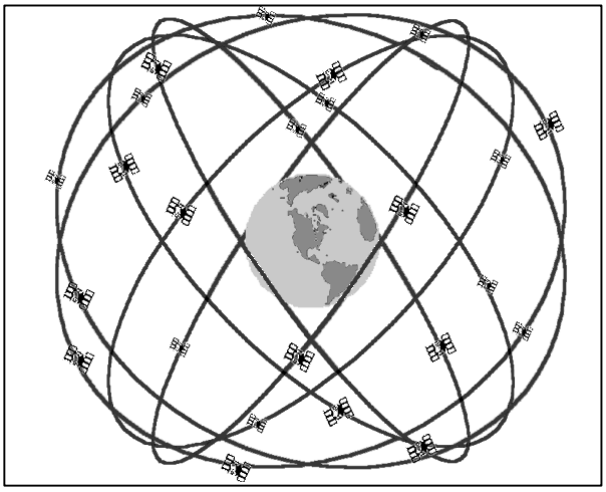
ภาคอวกาศ (Space Segment) ส่วนการทำงานของภาคอวกาศนั้นประกอบไปด้วยกลุ่มดาวเทียมซึ่งโคจรอยู่รอบโลกตลอดเวลาทั้งหมด 24 ดวง (21 ดวงที่ทำงาน และ 3 ดวงที่สำรองใช้) ซึ่งดาวเทียมโคจรอยู่เหนือโลกประมาณ 20,200 กิโลเมตร โดยมีระนาบของวงโคจร 6 ระนาบ แต่ละระนาบมีดาวเทียม 4 ดวง และเอียงทำมุมกับเส้นศูนย์สูตร (Equator) เป็นมุม 55 องศา โดยเคลื่อนที่รอบโลกด้วยความเร็วประมาณ 11,260 กิโลเมตรต่อชั่วโมง นั่นคือโคจรรอบโลก 1 รอบในเวลาประมาณ 12 ชั่วโมง โดยการจัดเรียงตัวของดาวเทียมทั้งหมดแสดงดังรูปที่ 2.2 และ 2.3 ซึ่งทำให้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสได้รับสัญญาณจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงในเวลาเดียวกัน

ดาวเทียมแต่ละดวงส่งสัญญาณมายังผิวโลกในหลายย่านความถี่ (เช่น L1, L2) แต่เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสจะรับเฉพาะสัญญาณที่ความถี่ 1575.42 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ในย่าน L1 ของความถี่ในย่านยูเอชเอฟ ดาวเทียมแต่ละดวงส่งสัญญาณด้วยกำลังประมาณ 20 ถึง 50 วัตต์ คลื่นสัญญาณมีลักษณะเป็นเส้นตรง (Line of-Sight : LOS) และสามารถทะลุผ่านเมฆ แก้ว หรือพลาสติกได้ แต่ไม่สามารถทะลุผ่านวัตถุที่มีความหนามากได้ เช่น ตึกสูง ใต้น้ำ ใต้ดิน หรือภูเขา

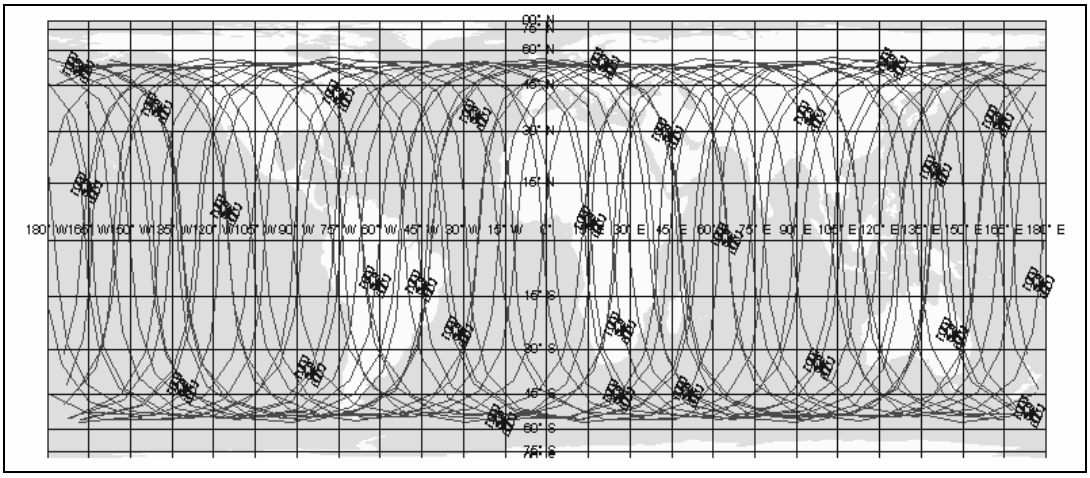
ข้อมูลที่ส่งมาจากดาวเทียมไปยังเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสมีอยู่ 2 ส่วนด้วยกัน ส่วนแรกคือ ส่วนที่ระบุเวลาการมาถึง (Time of Arrival) ซึ่งเวลาส่วนนี้สามารถนำไปคำนวณหาระยะทางจากดาวเทียมไปยังเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสได้จากผลคูณระหว่างอัตราเร็วของแสงในอวกาศ และเวลาการมาถึง ข้อมูลส่วนที่สอง คือ ข้อมูลพิกัดตำแหน่ง (Navigation Message) ซึ่งจะมีตำแหน่งของดาวเทียม เวลาอะตอม (Atomic Clock) ที่มีความเที่ยงตรงสูง และข้อมูลอื่น ๆ ของระบบ

ภาคควบคุมการทำงาน (Control Segment) สถานีภาคพื้นดินมีหน้าที่รับสัญญาณที่ส่งมาจากดาวเทียมเพื่อนำมาประมวลผล และตรวจสอบข้อมูลจากดาวเทียมว่ามีความผิดพลาดหรือไม่ แล้วทำการแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้อง และส่งข้อมูลกลับไปยังดาวเทียมต่อไป ปัจจุบันมีสถานีควบคุมบนพื้นโลกอยู่ 5 แห่ง โดย 4 แห่งแรกเป็นสถานีที่รับข้อมูลจากดาวเทียมแล้วส่งข้อมูลกลับไปสถานี

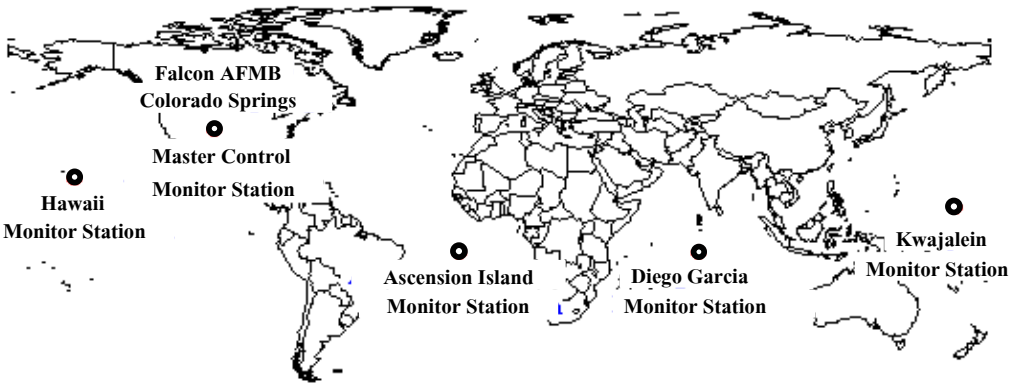
ควบคุมหลัก ซึ่งสถานีควบคุมหลักนี้มีหน้าที่กำหนดเส้นทางโคจรที่ถูกต้องใหม่ให้กับดาวเทียมแต่ละดวง รวมทั้งควบคุมการทำงานส่วนอื่น ๆ ของระบบด้วยดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.2 กลุ่มของดาวเทียมที่โคจรอยู่รอบโลก



รูปที่ 2.3 การโคจรรอบโลกของดาวเทียมจีพีเอส



Global Positioning System (GPS) Master Control and Monitor Station Network

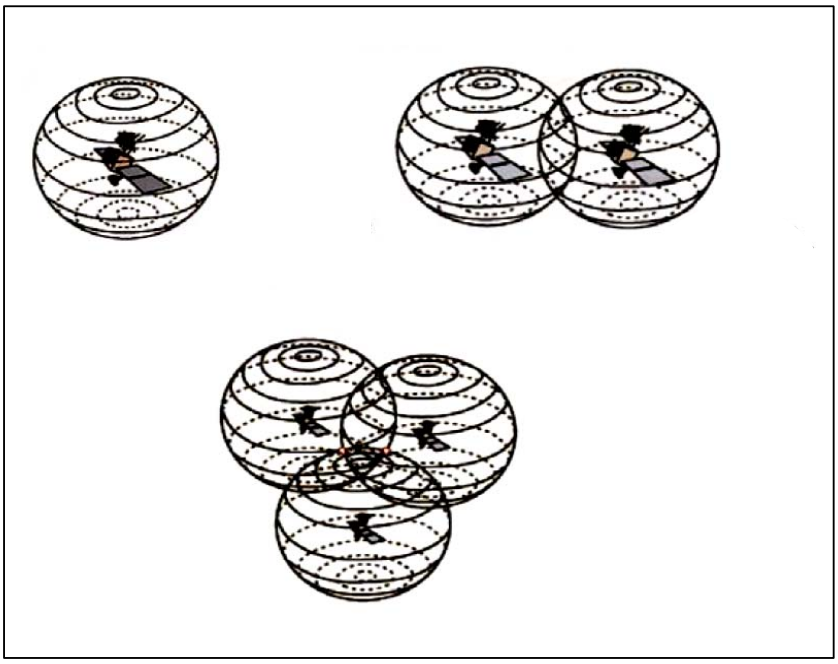
รูปที่ 2.4 สถานีควบคุมของดาวเทียมจีพีเอส

ภาคผู้ใช้ (User Segment) ทางด้านผู้ใช้มีเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ซึ่งมีจำหน่ายโดยผู้ผลิตหลายราย โดยมีรูปแบบและประโยชน์ใช้สอยต่าง ๆ กัน เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสรุ่นเก่า ๆ นั้นถูกออกแบบให้มีวงจรรับสัญญาณจากดาวเทียมเพียงชุดเดียว ซึ่งจะมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถรับสัญญาณจากบริเวณที่สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมได้อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสรุ่นใหม่ ๆ ส่วนมากนั้นจึงมีวงจรรับสัญญาณแบบหลายช่องขนาน (Parallel Mullti-Channel Design) ซึ่งมีวงจรรับสัญญาณตั้งแต่ 5 ถึง 12 ชุด โดยวงจรแต่ละชุดทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลเฉพาะดาวเทียมดวงใดดวงหนึ่งเท่านั้น และมีความสามารถในการรับสัญญาณไม่เท่ากัน

เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสมีหลักการทำงานของระบบคือ ทำการหาพิกัดตำแหน่งของดาวเทียมที่โคจรอยู่ในบริเวณนั้น เมื่อทราบตำแหน่งที่แน่นอนของดาวเทียมแต่ละดวงแล้วก็จะทำการรับข้อมูลมาจากดาวเทียมแต่ละดวง แล้วคำนวณเวลาที่สัญญาณจากดาวเทียมเดินทางมาถึงสายอากาศของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ซึ่งจะสามารถคำนวณหาระยะห่างจากดาวเทียมแต่ละดวงแล้วหาจุดตัดเพื่อระบุค่าพิกัดตำแหน่งในขณะนั้นได้

การคำนวณระยะทางระหว่างเครื่องรับกับดาวเทียม สามารถคำนวณได้จากผลคูณระหว่างอัตราเร็วแสง และเวลาที่สัญญาณจากดาวเทียมเดินทางมาถึงผู้รับ ซึ่งอัตราเร็วของแสงในอากาศนั้นมีค่าประมาณ 3×10^{8} เมตรต่อวินาที โดยสัญญาณที่เดินทางมายังพื้นผิวโลกนั้นมีการหน่วงเวลาเล็กน้อย เนื่องจากชั้นบรรยากาศโลก ในทางทฤษฎีแล้วการรับสัญญาณจากดาวเทียมเพียง 3 ดวง ก็เพียงพอที่จะระบุค่าพิกัดตำแหน่งได้ ดังรูปที่ 2.5 แต่ในทางปฏิบัติการรับสัญญาณจีพีเอส เพื่อบอก

พิกัดตำแหน่งอย่างถูกต้องสมบูรณ์นั้นเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสต้องได้รับสัญญาณจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงขึ้นไป เพื่อชดเชยความคลาดเคลื่อนของสัญญาณนาฬิการะหว่างดาวเทียมแต่ละดวง



รูปที่ 2.5 พิกัดตำแหน่งที่หาได้จากการรับสัญญาณดาวเทียม

เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสสามารถหาได้ว่าดาวเทียมโคจรอยู่ที่บริเวณใดของอวกาศได้ โดยรับข้อมูล 2 ประเภทมาจากดาวเทียม ส่วนแรกเรียกข้อมูลนี้ว่าข้อมูลอิเฟเมอริส (Ephemeris Data) ข้อมูลนี้ประกอบไปด้วยพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับดาวเทียม รวมถึงพิกัดตำแหน่ง และวงโคจรของดาวเทียมในขณะนั้น เวลาที่ทำการค้นหาดาวเทียมเรียกว่าเวลาอุ่นเครื่อง (Cold Start) แต่เนื่องจากการโคจรของดาวเทียมแต่ละดวงอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ ดาวเทียมแต่ละดวงจะได้รับข้อมูลพิกัดตำแหน่งที่ถูกต้องที่ได้รับการปรับค่าจากสถานีหลัก ซึ่งจะถูกส่งไปยังดาวเทียมในทุก ๆ 4 ถึง 6 ชั่วโมง ส่วนที่สองเรียกว่าข้อมูลอัลมาแนก (Almanac Data) ข้อมูลส่วนนี้จะถูกส่งมาจากดาวเทียมในทุก ๆ 1 มิลลิวินาที ดาวเทียมแต่ละดวงจะมีข้อมูลชุดนี้ไม่เหมือนกัน ซึ่งภายในหน่วยความจำของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสจะจัดเก็บข้อมูลที่เหมือนกันของดาวเทียมแต่ละดวงไว้ด้วย เมื่อเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสจะทำการระบุพิกัดตำแหน่งก็จะสร้างข้อมูลชุดเดียวกัน (ดาวเทียมที่กำหนดไว้ในตอนแรก) ขึ้นมาเป็นคาบแล้วทำการเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ได้รับข้อมูลนี้มาจากดาวเทียม โดยสามารถคำนวณเวลาการมาถึงของดาวเทียมได้

ความผิดพลาดของข้อมูล โดยทั่วไปเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสมีความละเอียดถูกต้องอยู่ที่ 6 เมตร ถึง 12 เมตร แต่ข้อมูลที่เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสรับได้นั้นมีโอกาสที่จะผิดพลาดได้ ซึ่งจะทำให้ระดับของความแม่นยำนั้นคลาดเคลื่อนโดยเนื่องมาจากสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้

- เกิดการหน่วงสัญญาณโดยชั้นบรรยากาศ แต่อย่างไรก็ตามภายในเครื่องรับสัญญาณของจีพีเอสนั้นมีตัวแบบ ซึ่งจะคำนวณเวลาเฉลี่ยที่เลื่อนไปจากเวลาจริงอยู่
- ถ้าในบริเวณนั้นมีภูเขา หรือตึกสูง สัญญาณที่เครื่องรับสามารถรับได้มีทั้งสัญญาณที่มายังเครื่องรับโดยตรง และสัญญาณที่เกิดจากการสะท้อน ลักษณะดังกล่าวเรียกว่าสัญญาณซ้อนทับ (Multipath Signal) ทำให้การคำนวณเวลาผิดพลาดได้
- สัญญาณนาฬิกาภายในเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสผิดพลาด
- จำนวนดาวเทียมที่เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสรับสัญญาณได้ ซึ่งสามารถรับสัญญาณได้ดีในที่โล่งปราศจากสิ่งกีดขวาง แต่ไม่สามารถรับสัญญาณได้ในพื้นที่ภายในอาคาร ใต้น้ำ หรือใต้ดิน

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต ตระกูล ARM7 LPC2148

LPC2148 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิตในตระกูล ARM7TDMI-S ของ NXP (นครภักดีชาติ, อรรถพล บุญยะโภคาม, โอภาส ศิริครรชิตถาวร และชัยวัฒน์ ลิ้มพรวิไล, ม.ป.ป.) มีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลชความจุ 512 กิโลไบต์ LPC2148 ทำงานกับสัญญาณนาฬิกาความถี่สูงถึง 60 MHz มีหน่วยความจำสแตติกแรม 40 กิโลไบต์ เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้แรงดันและกำลังงานต่ำคือ 3.3 V แต่ขาพอร์ตที่ใช้ติดต่ออุปกรณ์ภายนอกสามารถรองรับระดับสัญญาณทีทีแอล 5 V ได้ นอกจากนี้ยังได้บรรจุโมดูลฟังก์ชั่นพิเศษที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่พึงมีไว้ครบ ไม่ว่าจะเป็นโมดูลแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล โมดูลแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอก โมดูลสื่อสารพอร์ตอนุกรมที่มี 2 ช่อง และโมดูลติดต่อพอร์ต USB

ต้นแบบแรกของ ARM เกิดขึ้นในวันที่ 26 เมษายน ค.ศ. 1985 ที่ Acorn Computers ในเคมบริดจ์ ประเทศอังกฤษ จากนั้นถูกส่งไปผลิตที่ VLSI Technology Inc. ใน San Jose รัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา ARM ในตอนแรกถูกสร้างขึ้นมาเพื่อเป็นไมโครโปรเซสเซอร์แบบ RISC (Reduced Instruction Set Computer) ขนาด 32 บิต และเมื่อทำการทดสอบจนได้ผลเป็นที่น่าพอใจแล้ว ในปี 1990 จึงได้มีการก่อตั้งบริษัท ARM Limited ขึ้น เพื่อสนับสนุนและมุ่งมั่นพัฒนา ARM โปรเซสเซอร์นี้อย่างชัดเจน ได้มีความพยายามในการเผยแพร่แนวคิดของ ARM technology สู่ผู้ผลิตไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ทั่วโลก เพื่อผลิตชิปออกมาในเชิงพาณิชย์

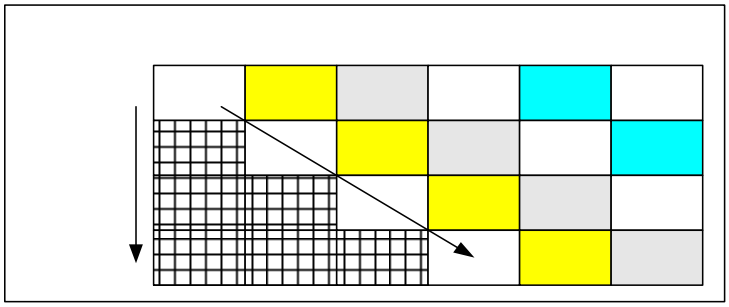
ชื่อของ ARM ได้มาจากคำเต็มว่า Advanced RISC Machines เพื่อต้องการให้ผู้ใช้งานมองเห็นศักยภาพที่โดดเด่นของ RISC โปรเซสเซอร์ตัวนี้ ในการพัฒนา ARM โปรเซสเซอร์นั้นทาง

Acorn Computers ได้รับอิทธิพลจาก Berkeley RISC I และ II และ Stanford MIPS (MIPS มาจาก Microprocessor without Interlocking Pipeline) ซึ่งได้มีการดำรงความสามารถบางตัวของ Berkeley RISC แต่ก็มีความสามารถไม่น้อยที่ถูกยกเลิกไป

ในปัจจุบันมีผู้ผลิตไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครโปรเซสเซอร์ที่ใช้ ARM โปรเซสเซอร์หลายราย อาทิ Atmel, Philips, Samsung และ ST ซึ่งแต่ละผู้ผลิตได้บรรจุความสามารถพิเศษต่าง ๆ แตกต่างกันไป แต่ยังคงต้องมีคุณสมบัติหลักของ ARM โปรเซสเซอร์ไว้ นั่นคือ กลุ่มของรีจีสเตอร์จำนวนมาก เพื่อรองรับการทำงานที่หลากหลาย ใช้สถาปัตยกรรมแบบ load-store คำสั่งทั้งหมดต้องใช้รูปแบบ 3 แอดเดรส และมีขนาด 32 บิต

สถาปัตกรรมแบบ Load-Store เป็นสถาปัตยกรรมที่สนับสนุนการทำงานของคำสั่งในลักษณะที่เน้นกระบวนการเป็นหลักโดยเมื่อมีการกระทำคำสั่ง ข้อมูลของคำสั่งจะถูกคัดลอกจากหน่วยความจำไปยังรีจิสเตอร์ กระบวนการนี้เรียกว่า การอ่านคำสั่งหรือ load instructions และกระบวนการคัดลอกข้อมูลจากรีจีสเตอร์กลับไปยังหน่วยความจำ จะถูกเรียกว่า การเก็บคำสั่งหรือ store instructions โดยปกติสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ทั่วไปจะยอมให้ค่าจากหน่วยความจำสามารถรวมเข้ากับค่าในรีจีสเตอร์ แต่สำหรับ ARM โปรเซสเซอร์จะไม่รองรับการทำงานระหว่างหน่วยความจำต่อหน่วยความจำ (memory-to-memory operations) คำสั่งการทำงานของ ARM โปรเซสเซอร์จึงมีลักษณะการทำงานได้ 3 กรณีดังนี้

- คำสั่งควบคุมการดำเนินไปของโปรแกรม (Control flow instructions) นั้น โดยปกติการเอ็กซิคิวต์คำสั่งจะกระทำเรียงตามลำดับแอดแดรสที่กำหนดในหน่วยความจำ คำสั่งควบคุมการดำเนินไปของโปรแกรมจะทำให้การเอ็กซิคิวต์สามารถเปลี่ยนตำแหน่งแอดเดรสได้ หรือบันทึกค่าแอดเดรสที่ต้องการกลับมาหลังจากกระโดดไปทำงานที่อื่น เพื่อให้สามารถทำงานตามลำดับของโปรแกรมหลักได้ โดยใช้กลุ่มคำสั่งกระโดดและเชื่อมโยง (branch and link instructions) รวมไปถึงการตรวจสอบรหัสโปรแกรมของระบบ (supervisor calls) ได้



รูปที่ 2.6 แสดงกระบวนการทำงานของไปป์ไลน์ใน ARM7 โปรเซสเซอร์

คำสั่งของ ARM โปรเซสเซอร์ทั้งหมดมีขนาด 32 บิต ยกเว้นกลุ่มคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ Thumb ซึ่งมีขนาด 16 บิต มีคุณสมบัติที่ควรทราบดังนี้

- รองรับกับสถาปัตยกรรมแบบ load-store
- ใช้รูปแบบประมวลผลข้อมูล 3 แอดเดรส ประกอบด้วย 2 แอดเดรสของรีจิสเตอร์ที่กระทำคำสั่ง และแอดเดรสของรีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บผลลัพธ์
- สามารถทำงานร่วมกับรีจิสเตอร์ได้หลายตัว
- สามารถกระทำคำสั่งเลื่อนข้อมูลและประมวลผลคณิตศาสตร์และลอจิกได้หนึ่งคำสั่งและใช้เวลาเพียง 1 ไซเกิลสัญญาณนาฬิกา
- เป็นคำสั่งแบบเปิดที่สามารถเพิ่มเติมรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องและรูปแบบของข้อมูลได้

หัวใจสำคัญในการทำงานของ ARM7 คือ กระบวนการทำงานของไปป์ไลน์ (instruction pipeline) ซึ่งมีด้วยกัน 3 ระดับ ในรูปที่ 2.6 แสดงกระบวนการทำงานของไปป์ไลน์แบบ ARM7 อย่างง่าย จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ในขณะที่กำลังเอ็กซิคิวต์คำสั่งที่ 1 ซีพียูก็กำลังถอดรหัสคำสั่งที่ 2 พร้อมกันนั้นยังทำการเฟตช์คำสั่งที่ 3 ด้วย

ดังนั้นจึงทำให้ ARM7 สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว และจากที่ ARM7 สามารถรับสัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่สูงได้ (กรณี LPC2148 ทำงานได้ถึง 60 MHz) ก็ยิ่งทำให้ ARM7 สามารถรองรับการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่ได้ด้วยความเร็วสูง

2.3.1 คุณสมบัติทางเทคนิคที่สำคัญ LPC2148

1) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต ใช้ซีพียู ARM7TDMI-S ตัวถังแบบ LQFP64

2) หน่วยความจำสแตติกแรม 40 กิโลไบต์ แบ่งเป็น 32 กิโลไบต์สำหรับใช้งานทั่วไป และ 8 กิโลไบต์สำหรับการติดต่อแบบเข้าถึงโดยตรง (DMA : Direct Memory Access) เพื่อติดต่อพอร์ต USB

3) หน่วยความจำแบบแฟลชความจุสูง 512 กิโลไบต์ ลบ-เขียนใหม่ได้ 100,000 รอบรักษาข้อมูลได้นาน 20 ปี สามารถเร่งความสามารถในการประมวลผล โดยใช้บัฟเฟอร์พิเศษขนาด128 บิต เพื่อรองรับการทำงานที่ความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงถึง 60 MHz

4) สามารถโปรแกรมในวงจรหรือ In-System Programming (ISP) รวมทั้งการโปรแกรมในขณะทำงานหรือ In-Application Programming (IAP) ผ่านซอฟต์แวร์บูตโหลดเดอร์ที่บรรจุอยู่ภายในชิป สามารถลบหน่วยความจำทั้งหมดภายในเวลา 400 มิลลิวินาที และใช้เวลาในการโปรแกรม 256 ไบต์ภายในเวลา 1 มิลลิวินาที

5) รองรับการดีบักและติดตามผลการทำงานในแบบรีลไทม์ผ่านทางขาพอร์ตฟังก์ชั่นพิเศษและ JTAG Debugger

6) มีโมดูลเชื่อมต่อพอร์ต USB 2.0 แบบ Full-speed พร้อมทั้งหน่วยความจำแรมภายในชิป 8 กิโลไบต์ที่สามารถติดต่อได้ในแบบ DMA เพื่อรองรับการติดต่อผ่านพอร์ต USB

7) มีโมดูลแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล ความละเอียด 10 บิต จำนวน 2 ชุด คือ โมดูล ADC0 มีอินพุต 6 ช่อง และโมดูล ADC1 มีอินพุตอะนาลอก 14 ช่อง ใช้เวลาในการแปลงสัญญาณเพียง 2.44 มิลลิวินาทีต่อช่อง

8) มีโมดูลแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอก ความละเอียด 10 บิต 1 ช่อง

9) มีไทเมอร์ 32 บิต 2 ชุด ที่สามารถรองรับการทำงานเป็นเคาน์เตอร์ ตรวจจับสัญญาณ หรือแคปเจอร์และเปรียบเทียบสัญญาณได้ 4 ช่องต่อชุด รองรับการสร้างสัญญาณ PWM อีก 6 ช่อง และมีวอตช์ด็อกไทเมอร์

10) มีระบบฐานเวลานาฬิกาจริงหรือรีลไทม์คล็อก (RTC) โดยใช้แหล่งจ่ายไฟแยกต่างหาก ซึ่งโดยปกติจะเป็นแบตเตอรี่แบบลิเธียมขนาด 3 V รวมทั้งแยกคริสตอลกำลังงานต่ำ 32 kHz ออกมาเพื่อกำหนดจังหวะการทำงานเฉพาะสำหรับรีลไทม์คล็อก

11) มีโมดูลสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมหรือ UART 2 ชุด

12) มีโมดูลติดต่อกับอุปกรณ์ระบบบัส I2C หรือระบบบัสแบบ 2 สาย จำนวน 2 ชุด มีความเร็วในการทำงาน 400 กิโลบิตต่อวินาที

13) มีโมดูล SPI รองรับการติดต่ออุปกรณ์แบบอนุกรม

14) สามารถกำหนดระดับนัยสำคัญของเวกเตอร์อินเตอร์รัปต์ และมีขาอินพุตสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกจำนวน 21 ขา

15) กำหนดความถี่สัญญาณนาฬิกาด้วยกระบวนการ PLL โดยความถี่สูงสุดคือ 60 MHz จากคริสตอล 12 MHz

16) โปรเซสเซอร์ออกจากโหมดประหยัดพลังงานด้วยการอินเตอร์รัปต์จากภายนอกและจากบราวเอาต์ (BOD)

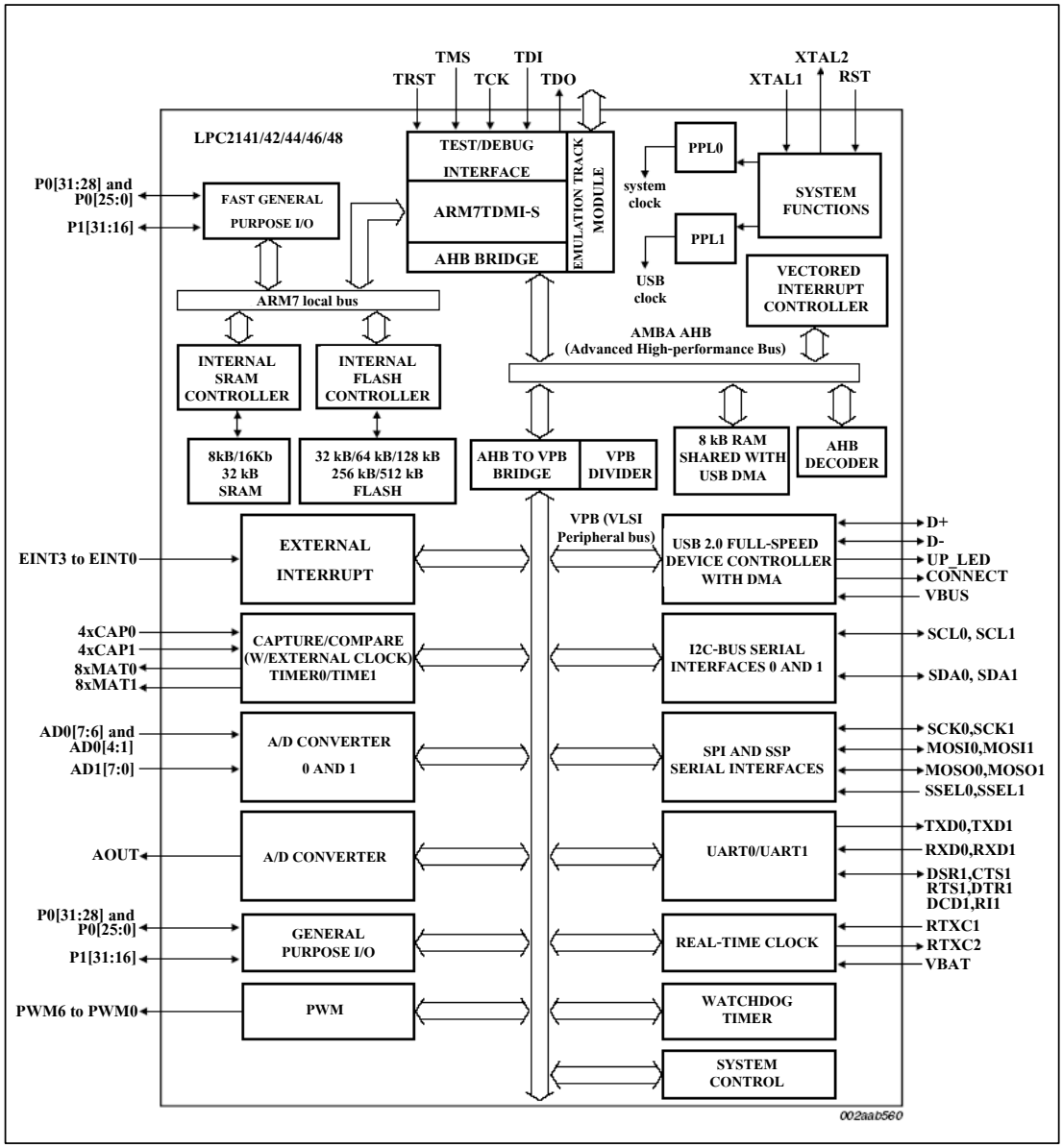
17) ไฟเลี้ยงใช้ได้ในย่าน +3.0 V ถึง +3.6 V รองรับระดับสัญญาณ TTL 5 V

18) มีโหมดประหยัดพลังงาน ทั้งแบบไอเดิลและเพาเวอร์ดาวน์

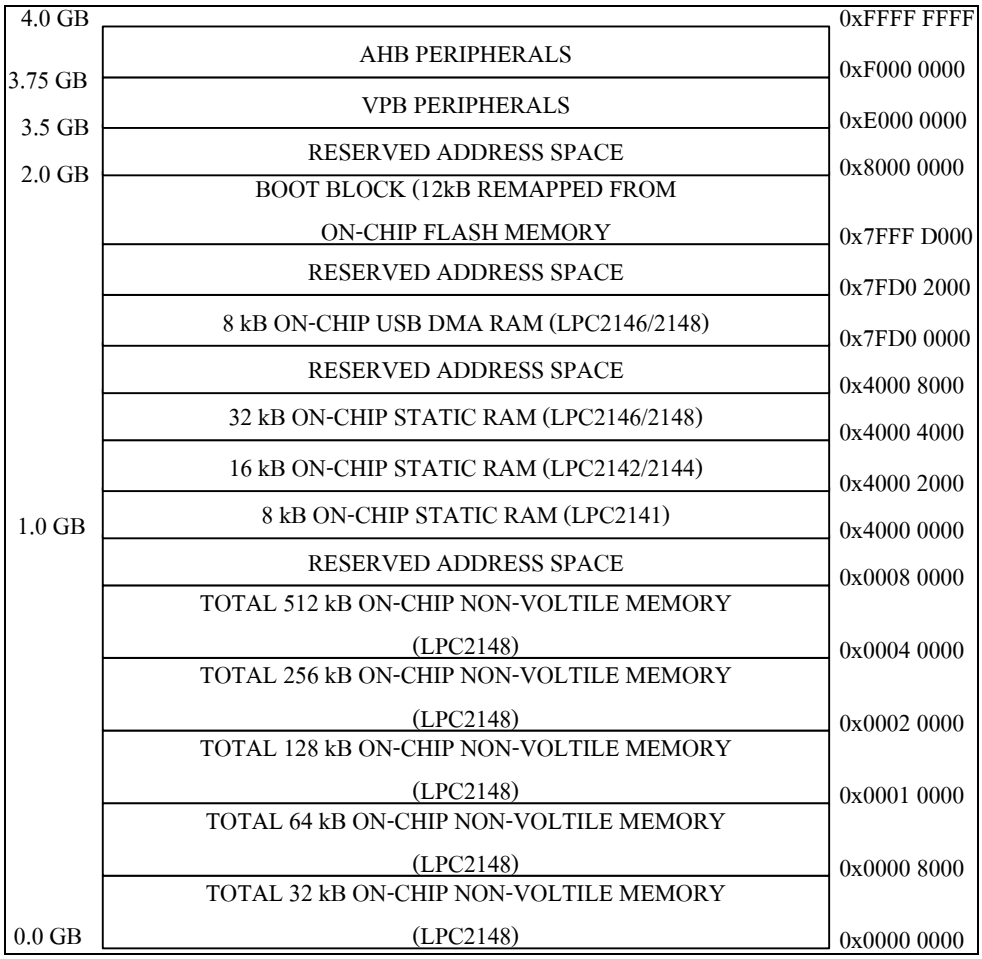
2.3.2 ไดอะแกรมการทำงานโดยรวมของ LPC2148

ในรูปที่ 2.7 แสดงไดอะแกรมการทำงานในภาพรวมของ LPC2148 หัวใจสำคัญคือ ARM โปรเซสเซอร์ ซึ่งใน LPC2148 ใช้ ARM7TDMI-S โดยมีการเชื่อมต่อโมดูลต่าง ๆ ภายในผ่านทางบัสซีพียูสมรรถนะสูงหรือ Advance High-performance Bus (AHB) ส่วนโมดูลอุปกรณ์หรือเพอริเฟอรัลจะส่งผ่านข้อมูลกับบัสเพอริเฟอรัล หรือ VLSI Peripheral Bus (VPB) ข้อมูลจากโมดูลทั้งหมดจะส่งมายังส่วนเชื่อมต่อบัส AHB และ VPB เพื่อถ่ายทอดไปยังซีพียูต่อไป ด้วยการจัดสรรบัสแยกกันเช่นนี้ทำให้การทำงานโดยรวมเร็วขึ้น

นอกจากนั้น ARM7TDMI-S โปรเซสเซอร์ยังรองรับการทำงานในแบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ Thumb ด้วย ดังนั้น ARM7TDMI-S โปรเซสเซอร์ จึงมีชุดคำสั่ง 2 ชุด คือ ชุดคำสั่ง ARM มาตรฐาน 32 บิต และชุดคำสั่ง Thumb 16 บิต ในการทำงานด้วยคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ Thumb โดยจะทำให้ขนาดของโปรแกรมควบคุมเหลือเพียง 65% ของการใช้คำสั่ง ARM ปกติ ทั้งยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานขึ้นถึง 160% เมื่อทำงานกับหน่วยความจำในระบบ 16 บิต ส่วนในการทำงานด้วยคำสั่ง ARM นั้นจะมีข้อดีในด้านความเร็วในการทำงานเพราะสามารถเรียกใช้งานทรัพยากรต่าง ๆ ได้อย่างเต็มที่ รวมถึงรองรับการทำงานประมวลผลสัญญาณดิจิตอลหรือ DSP algorithm แม้ว่าจะทำให้ขนาดของโปรแกรมใหญ่ แต่จะทำงานได้เร็วกว่าโหมด Thump ถึง 30% ส่วน LPC2148 มีหน่วยความจำ 2 แบบ คือ หน่วยความจำแฟลชความจุ 512 กิโบไบต์ ที่เป็นได้ทั้งหน่วยความจำโปรแกรมและข้อมูล โดยการโปรแกรมกระทำผ่านกระบวนการโปรแกรมในวงจรผ่านโมดูล UART0 หรือโมดูลสื่อสารพอร์ตอนุกรมชุด 0 โดยทำงานร่วมกับบูตโหลดเดอร์เฟิร์มแวร์ที่บรรจุอยู่ภายในชิป จะใช้เนื้อที่ของหน่วยความจำแฟลช 12 กิโลไบต์ทำให้เหลือไว้ทำงาน 500 กิโลไบต์ และสุดท้ายเป็นหน่วยความจำสแตติกแรมความจุ 40 กิโลไบต์แบ่งออกเป็น 32 กิโลไบต์ สำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลทั่วไป และ 8 กิโลไบต์ สำหรับรองรับ DMA เมื่อใช้งานโมดูล USB โดยหน่วยความจำส่วนนี้สามารถเก็บโปรแกรมและข้อมูลได้ด้วยเช่นกัน



รูปที่ 2.7 ไดอะแกรมการทำงานของ LPC2148 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิตตระกูล ARM7



รูปที่ 2.8 การจัดสรรหน่วยความจำภายใน LPC2148

ตัวควบคุมเวกเตอร์อินเตอร์รัปต์ (Vectored Interrupt Controller : VIC) ซึ่งทำหน้าที่รับสัญญาณ ร้องขออินเตอร์รัปต์ทั้งหมดที่เกิดขึ้น โดยแบ่งเป็นการร้องขออินเตอร์รัปต์แบบเร็ว (Fast Interrupt Request : FIQ) การร้องขอเวกเตอร์อินเตอร์รัปต์ (Vectored Interrupt Request : IRQ) และการร้องขออินเตอร์รัปต์แบบไม่มีเวกเตอร์ (Non-vectored IRQ) โดยจะมีการกำหนดระดับความสำคัญของแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ต่าง ๆ ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์ และสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา โดยสัญญาณร้องขอเวกเตอร์อินเตอร์รัปต์หรือ Vectored IRQ มีนัยสำคัญในลำดับถัดมามีแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ในกลุ่มนี้ 16 แหล่ง จึงมีเวกเตอร์อินเตอร์รัปต์ทั้งสิ้น 16 ตำแหน่งซึ่งเรียกว่าสล็อต (slot) ในสล็อต 0 จะมีนัยสำคัญสูงสุด และสล็อต 15 มีนัยสำคัญต่ำสุด

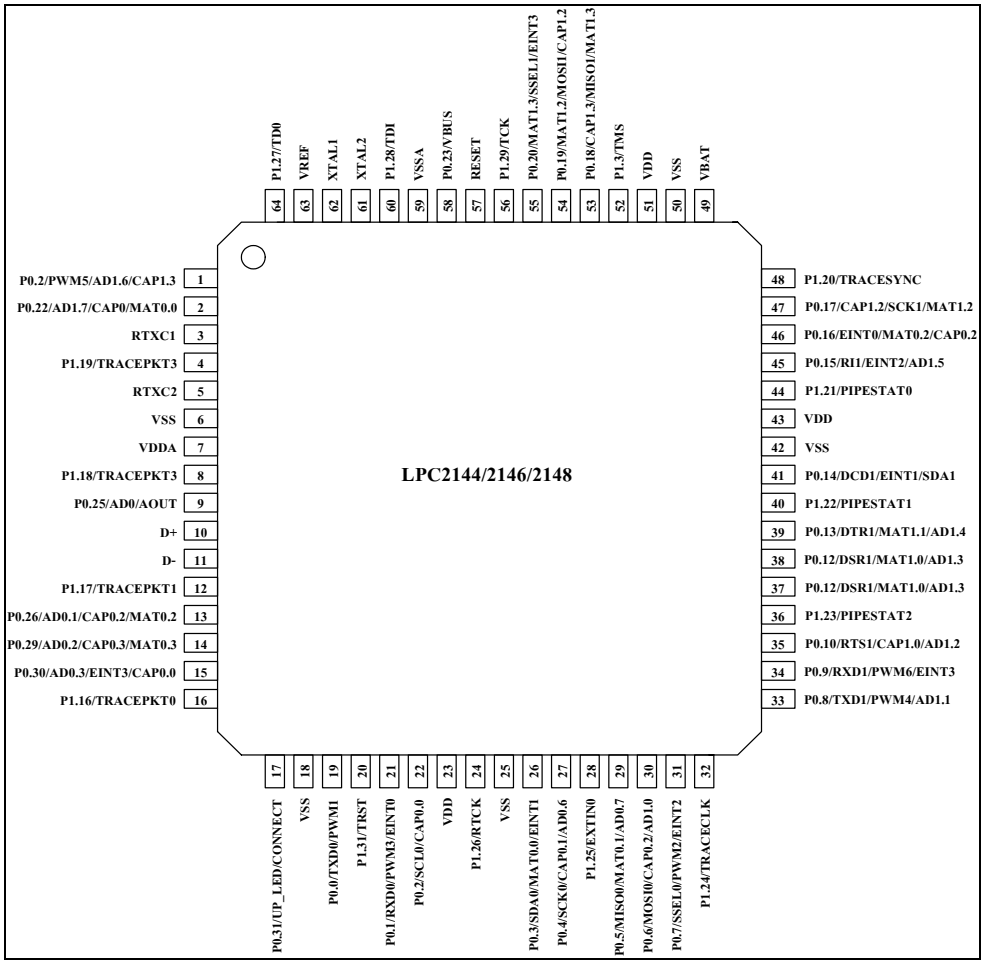
สัญญาณร้องขออินเตอร์รัปต์แบบไม่มีเวกเตอร์มีนัยสำคัญต่ำสุด ในทางปฏิบัติ VIC 1 จะรวมสัญญาณร้องขออินเตอร์รัปต์ทั้งแบบมีและไม่มีเวกเตอร์เพื่อสัญญาณร้องขออินเตอร์รัปต์

หรือ IRQ ส่งไปยัง ARM โปรเซสเซอร์ จากนั้นโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์จะเริ่มทำงานแล้วอ่านค่ารีจิสเตอร์จาก VIC แล้วกระโดดไปทำงานยังแอดเดรสหรือตำแหน่งที่กำหนด ถ้าหากยังไม่มีการระบุมาอย่างชัดเจน VIC จะเลือกแอดเดรสของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีระดับความสำคัญสูงสุดแล้วกระโดดไปยังแอดเดรสนั้น ในกรณีที่มีการระบุแอดเดรสมาซึ่งอาจเป็นแอดเดรสของสัญญาณอินเตอร์รัปต์แบบไม่มีเวกเตอร์ก็ได้ แล้วจะกระโดดไปทำงานยังแอดเดรสที่กำหนดนั้น และที่โปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์สามารถอ่านค่าของรีจิสเตอร์ใน VIC เพื่อตรวจสอบว่า สัญญาณอินเตอร์รัปต์ใดที่เกิดขึ้น ซึ่งก็คือการตรวจสอบบิตแฟลกของรีจิสเตอร์ควบคุมการอินเตอร์รัปต์นั่นเอง สำหรับการตอบสนองอินเตอร์รัปต์จากภายนอก LPC2148 มีอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ทั้งสิ้น 9 ช่อง สามารถตรวจจับสัญญาณได้ทั้งแบบขอบขาและระดับลอจิก

ใน LPC2148 มีขาพอร์ตจำนวนมาก และแต่ละขาพอร์ตยังสามารถกำหนดการเชื่อมต่อเพื่อทำงานกับโมดูลเพอริเฟอรัลภายใน LPC2148 ด้วย หลังจากเกิดการรีเซตขาพอร์ตทั้งหมดจะถูกกำหนดเป็นอินพุต และถ้ามีการเอ็นเอเบิลการดีบักขาพอร์ต JTAG จะทำงานในฟังก์ชั่นของ JTAG ทันทีเช่นเดียวกับขาพอร์ตติดตามการทำงานหรือ TRACE หากได้รับการเอ็นเอเบิลขาพอร์ตนั้น ๆ ก็จะทำงานในฟังก์ชั่นของการ TRACE ซึ่งในกรณีที่ขาพอร์ตได้รับการกำหนดให้ทำงานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิตอลการทำงานของขาพอร์ตจะได้รับการควบคุมจากรีจิสเตอร์ GPIO ซึ่งสามารถเข้าถึงได้ในระดับไบต์ นอกจากนั้นยังสามารถเร่งการทำงานของ GPIO ได้ด้วยการย้ายไปทำงานบนบัสภายใน เพื่อให้เวลาที่ใช้ในการทำงานของขาพอร์ตเร็วที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ โดยการเขียนข้อมูลไปยังขาพอร์ตสามารถกระทำให้เสร็จได้ภายในหนึ่งคำสั่ง โดยหลังจากเกิดการรีเซ็ตขาพอร์ตทั้งหมดจะถูกกำหนดให้ทำหน้าที่เป็นอินพุต ขาแต่ละขาจะมีหน้าที่การทำงานหลายหน้าที่ ดังตัวอย่างขาที่ 14 สามารถทำหน้าที่ได้ 4 หน้าที่คือเป็น P0.29/AD0.3/MAT0.3 ถ้าเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตจะเรียกว่าเป็นอินพุตเอาต์พุตอเนกประสงค์ (General Purpose Input Output : GPIO) ก็คือขา P0.29 ถ้าใช้วงจรแปลงแอนะลอกเป็นดิจิตอลขานี้ก็คือ AD0.2 ซึ่งเป็นขาอินพุตสำหรับสัญญาณแอนะลอก ADC0 อินพุตสอง ถ้าใช้งาน Time0 ขานี้จะเป็น CAP0.3 คือขาอินพุตแคบเจอร์สำหรับไทเมอร์ 0 แชนแนล 3 (Capture input for timer 0, Channel3) หรือเป็น MAT 0.3 เป็นแมตช์เอาต์พุตสำหรับไทเมอร์ 0 แชนแนล 3 (Match output for timer 0, Channel3)

ใน LPC2148 บรรจุโมดูลแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลที่มีความละเอียดในการแปลงสัญญาณ 10 บิต จำนวน 2 ชุด คือ ADC0 และ ADC1 โดย ADC0 มี 6 ช่อง และ ADC1 มี 8 ช่อง มีคุณสมบัติการทำงานคือ กระบวนการแปลงสัญญาณใช้วิธีซักเซสซีฟ แอ็ปพร็อกซิเมชั่น รับสัญญาณอินพุตได้ในย่าน 0 V ถึง V_{REF} มีอัตราการสุ่มสัญญาณสูงถึง 400,000 ตัวอย่างต่อวินาที โดยมีการแปลงสัญญาณข้อมูลที่ได้และส่งไปยังรีจิสเตอร์เพื่อเก็บค่าทันที เป็นการลดการร้องขออินเตอร์รัปต์

ใน LPC2148 บรรจุโมดูลแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอกที่มีความละเอียดในการแปลงสัญญาณ 10 บิต จำนวน 1 ชุด และแรงดันอะนาลอกเอาต์พุตจะสูงสุดเท่ากับแรงดันอ้างอิง หรือ VREF โดยมีคุณสมบัติคือ มีความละเอียดในการแปลงสัญญาณ 10 บิต มีวงจรบัฟเฟอร์ที่เอาต์พุต รองรับการทำงานในโหมดประหยัดพลังงาน และสามารถเลือกความเร็วในการแปลงสัญญาณได้



รูปที่ 2.9 แสดงการจัดขาสัญญาณของ LPC2148

LPC2148 บรรจุโมดูลติดต่อพอร์ต USB 2.0 สามารถทำงานเป็นอุปกรณ์ USB ติดต่อกับโฮสต์ ซึ่งโดยปกติเป็นคอมพิวเตอร์ ด้วยอัตราการถ่ายทอดข้อมูลถึง 12 เมกะบิตต่อวินาที โดยในโมดูล USB นี้ประกอบด้วยรีจิสเตอร์เชื่อมต่อ (register interface) ส่วนจัดการเชื่อมต่ออนุกรม (serial interface engine) บัฟเฟอร์ของเอ็นต์พอยต์ (endpoint buffer memory) และตัวควบคุมการเข้าถึงหน่วยความจำโดยตรง (DMA controller)

ส่วนจัดการเชื่อมต่ออนุกรมทำการถอดรหัสขบวนข้อมูล USB แล้วเขียนข้อมูลนั้นไปยังบัฟเฟอร์ ของเอ็นต์พอยต์ที่ต้องการสถานะของการทำงานไม่ว่าจะเป็นการถ่ายทอดข้อมูลสมบูรณ์หรือผิดพลาดก็ตาม จะแสดงสถานการณ์ทำงานผ่านรีจิสเตอร์แสดงสถานะ และเกิดการอินเตอร์รัปต์ขึ้น หากมีการเอ็นเอเบิลไว้แล้ว ตัวควบคุมการเข้าถึงหน่วยความจำโดยตรง หรือ DMA controller จะทำหน้าที่ถ่ายทอดข้อมูลระหว่างบัฟเฟอร์ของเอ็นด์พอยต์ไปยังหน่วยความจำแรมของ USB ได้โดยตรงทำให้สามารถถ่ายทอดข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูง ซึ่งคุณสมบัติเด่นของโมดูลติดต่อพอร์ต USB 2.0 ของ LPC214 ดังนี้คือ

- ทำงานเข้ากันได้กับการติดต่อพอร์ต USB 2.0 full-speed
- รองรับเอ็นด์พอยต์และฟิสิคัล 32 เอ็นด์พอยต์ หรือ แบบลอจิกคัล 16 เอ็นด์พอยต์
- รองรับเอ็นด์พอยต์ควบคุม บัลก์อินเตอร์รัปต์ และไอโซโครนัส
- สามารถเลือกขนาดแพ็กเก็ตของเอ็นด์พอยต์ได้สูงสุดโดยซอฟต์แวร์
- ขนาดบัฟเฟอร์ของข้อมูลที่ใช้ในการทำงานจะขึ้นอยู่กับชนิดของเอ็นด์พอยต์
- สามารถแสดงสภาวะการเชื่อมต่อพอร์ต USB ด้วย LED ไม่ว่าจะเป็นการเชื่อมต่อด้วยซอฟต์แวร์ (Soft Connect) และภาวการณ์ต่ออย่างสมบูรณ์ (Good Link) โดยใช้ขาพอร์ตเดียวกันแสดงการทำงานของทั้ง 2 ฟังก์ชั่น
- รองรับการทำงานแบบใช้พลังงานจากบัส
- รองรับการถ่ายทอดข้อมูลแบบ MDA และควบคุมการถ่ายทอดข้อมูลจากซีพียูหรือจาก DMA
- สามารถเพิ่มบัฟเฟอร์ 2 เท่าเพื่อทำงานกับเอ็นด์พอร์ตแบบบัลก์และไอโซโครนัส

ส่วน LPC2148 มีโมดูลสื่อสารพอร์ตอนุกรมหรือ UART (Universal Asynchronour Receiver Transmitter) 2 ชุดคือ UART0 และ UART1 โดย UART0 สามารถใช้ในการดาวน์โหลดโปรแกรมผ่านกระบวนการ ISP ด้วย ในขณะที่ UART1 มีการจัดขาสัญญาณพอร์ตอนุกรมแบบสมบูรณ์ ภายในโมดูล UART มีส่วนกำเนิดอัตราบอดแยกกันอิสระ และสามารถกำหนดอัตราบอดได้สูงถึง 115,200 บิตต่อวินาทีเมื่อใช้คริสตอลความถี่สูงกว่า 2 MHz คุณสมบัติเด่นของโมดูล UART ของ LPC2148 มีดังนี้คือ

- มีบัฟเฟอร์ FIFO (First In First Out) สำหรับรับและส่งข้อมูลขนาด 16 ไบต์
- ตัวรับข้อมูล FIFO มีจุดกระตุ้นที่ 1, 4, 8 และ 14 ไบต์
- มีตัวกำเนิดอัตราบอดภายใน
- สามารถควบคุมการดำเนินไปของการส่งข้อมูลได้ทางซอฟต์แวร์
- UART1 มีการจัดสัญญาณพอร์ตอนุกรมครบถ้วนทั้ง DTR, DSR, CTS, RTS, DCD และ RI

LPC2148 มีโมดูลติดต่ออุปกรณ์ระบบบัส I^2C ถึง 2 ชุด นับเป็นความสามารถพิเศษที่น่าสนใจของไมโครคอนโทรลเลอร์ในสมัยใหม่ ขาสัญญาณที่ใช้กับโมดูลนี้มี 2 ขา คือ ขาสัญญาณนาฬิกา อนุกรมหรือ SCL และขาสัญญาณข้อมูลอนุกรมหรือ SDA อัตราการถ่ายทอดข้อมูลสูงสุดคือ 400 กิโลบิตต่อวินาที ซึ่งโมดูล I^2C ใน LPC2148 สามารถกำหนดให้ทำงานเป็นอุปกรณ์มาสเตอร์หรือสเลฟได้ รวมไปถึงสามารถโปรแกรมความถี่สัญญาณนาฬิกาได้ และสามารถรองรับการทำงานแบบมัลติมาสเตอร์ รวมทั้งสามารถสื่อสารกับอุปกรณ์ที่มีอัตราการถ่ายทอดข้อมูลไม่เท่ากันได้ เนื่องจาก LPC2148 นั้นจะมีตัวควบคุมการติดต่ออุปกรณ์แบบ SPI 1 ชุด สามารถที่จะสื่อสารข้อมูลอนุกรม 2 ทิศทางและติดต่อได้คราวละ 1 คู่ คือ หนึ่งอุปกรณ์มาสเตอร์และหนึ่งอุปกรณ์สเลฟ โดยมีอัตราการถ่ายทอดข้อมูลสูงสุดเท่ากับ 1/8 ของความถี่สัญญาณนาฬิกา เพื่อให้ LPC2148 สามารถติดต่ออุปกรณ์ที่ใช้การสื่อสารข้อมูลอนุกรมให้ครบถ้วนสมบูรณ์จึงบรรจุโมดูลติดต่ออุปกรณ์อนุกรมแบบ SSP (Synchronous Serial Peripheral) ที่สามารถใช้ติดต่ออุปกรณ์อนุกรมแบบ SPI, SSI (Synchronous Serial Interface) 4 สาย หรือไมโครไวร์ (Microwire bus) ทำให้สามารถทำงานกับอุปกรณ์เพอริเฟอรัลที่ใช้การติดต่อแบบบัส SPI ของ Freescale, SSI 4 สายของ Texas Instrument และไมโครไวร์ของ National Semiconductor ดังนั้นจึงอาจมองได้ว่า LPC2148 มีโมดูลติดต่ออุปกรณ์ SPI จำนวน 2 ชุด ในกรณีที่กำหนดให้โมดูล SSP ทำงานในแบบ SPI โมดูล SSP สามารถกำหนดเฟรมข้อมูลได้ตั้งแต่ 4 ถึง 16 บิต และมี FIFO 8 เฟรมสำหรับการรับและส่งข้อมูล เนื่องจาก LPC2148 ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ มี 2 ชุดคือ ไทเมอร์ 0 และ ไทเมอร์ 1 แต่ละตัวมีขนาด 32 บิต สามารถกำหนดให้ทำงานได้หลายหน้าที่ทั้งเป็นไทเมอร์, เคาน์เตอร์, โมดูลตรวจจับสัญญาณหรือแคปเจอร์ และโมดูลเปรียบเทียบสัญญาณสัญญาณนาฬิกาของไทเมอร์นั้นมีการใช้สัญญาณนาฬิกาเพอริเฟอรัลหรือ peripheral clock (PCLK) และสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกในการกำหนดจังหวะการทำงานและเพิ่มค่าของไทเมอร์ สามารถสรุปคุณสมบัติทางเทคนิคที่สำคัญดังนี้

- มีไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 32 บิต จำนวน 2 ชุด พร้อมทั้งปรีสเกลเลอร์ขนาด 32 บิต
- รับสัญญาณนาฬิกาเพื่อเพิ่มค่าของไทเมอร์จากสัญญาณนาฬิการเพอริเฟอรัลหรือ PCLK และสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก
- ในไทเมอร์ 1 ชุดมีอินพุตสำหรับตรวจจับสัญญาณหรือแคปเจอร์ 4 ช่อง สามารถดักจับค่าของไทเมอร์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลอจิกที่อินพุตเกิดขึ้น และทำให้เกิดการอินเตอร์รัปต์หากได้รับการเอ็นเอเบิลไว้
- มีรีจิสเตอร์เก็บค่าเปรียบเทียบ 32 บิต จำนวน 4 ตัวที่กำนดให้ไทเมอร์ทำงานต่อเนื่องจนค่าการนับตรงกันหรือเมื่อเกิดอินเตอร์รัปต์จากการที่ค่าของไทเมอร์เท่ากับค่าที่กำหนด

- หยุดการทำงานของไทเมอร์เมื่อค่าการนับตรงกันหรือเมื่อเกิดอินเตอร์รัปต์จากการที่ค่าของไทเมอร์เท่ากับค่าที่กำหนด
- รีเซตไทเมอร์เมื่อค่าของการนับตรงกันหรือเมื่อเกิดอินเตอร์รัปต์จากการที่ค่าของไทเมอร์เท่ากับค่าที่กำหนด
- มีเอาต์พุตสำหรับสร้างสัญญาณเมื่อค่าการนับตรงกันหรือเมื่อเกิดอินเตอร์รัปต์จากค่าของไทเมอร์เท่ากับค่าที่กำหนด 4 ช่องต่อไทเมอร์ 1 ชุด โดยสัญญาณเอาต์พุตที่เกิดขึ้นสามารถกำหนดได้ดังนี้ กำหนดเป็นลอจิก “0” กำหนดเป็นลอจิก “1” กลับสถานะลอจิกที่ขาเอาต์พุตและไม่มีการทำงานใด ๆ

วอตช์ด็อกไทเมอร์ เป็นอีกส่วนประกอบหนึ่งที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่นั้นต้องมีวอตช์ด็อกไทเมอร์มีประโยชน์อย่างยิ่งในการป้องกันไม่ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์หยุดทำงานอันเนื่องมาจากการทำงานที่ผิดพลาด โดยสามารถเอ็นเอเบิลได้ทางซอฟต์แวร์ แต่จะต้องรีเซตการทำงานด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์ สามารถกำหนดคาบเวลาของวอตช์ด็อกไทเมอร์ได้ด้วยการกำหนดค่าให้แก่ไทเมอร์ขนาด 32 บิต คาบเวลาของวอตช์ด็อกไทเมอร์ใน LPC2148 มีค่าเท่ากับ TPCLK x 256 x 4 ถึง TPCLK x 232 x 4 โดยมีระบบนาฬิกาจริงหรือรีลไทม์คล็อกเป็นอีกคุณสมบัติเด่นของ LPC2148 ที่ช่วยให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้มีความสมบูรณ์แบบ โดยระบบเวลานาฬิกาจริงนี้จะทำงานเสมือนหนึ่งมีส่วนจัดการเวลาอิสระ ที่แยกออกมาจากไทเมอร์ ถ้าเทียบกับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่น ๆ ซึ่งไม่มีระบบเวลานาฬิกาจริงอยู่ หากต้องการใช้ก็ต้องเพิ่มไอซีหรือโมดูลเข้าไป และเมื่อต้องการอ่านค่าจะต้องมีโปรแกรมเข้ามาจัดการ ซึ่งอาจต้องใช้เวลาและหน่วยความจำโปรแกรมส่วนหนึ่งแต่สำหรับ LPC2148 สามารถทำได้สะดวกกว่า เนื่องจากการกำหนดให้ระบบทำงานนั้นเป็นการติดต่อรีจิสเตอร์ไม่กี่ตัว จากนั้นก็เอ็นเอเบิลให้ทำงาน แล้วระบบเวลานาฬิกาจริงก็จะทำงานไปอย่างอัตโนมัติ เมื่อต้องการอ่านค่าเวลาก็เพียงอ้างถึงรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องก็จะทราบค่าเวลา โดยระบบเวลานาฬิกาจริงนี้ให้ข้อมูลของเวลาอย่างครบถ้วนคือ ค่าเวลาในหน่วยวินาที นาที ชั่วโมง วันที่ วันในสัปดาห์ เดือน และปี การทำงานจะใช้คริสตอลความถี่ 32.768 kHz แยกต่างหาก และต้องการแบตเตอรี่สำรอง +3 V เพื่อรักษาค่าเวลาและเลี้ยงให้โมดูลยังทำงานต่อเนื่องแม้ว่าจะปลดไฟเลี้ยงของไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วก็ตาม นอกจากนี้ LPC2148 ยังมีโมดูลสร้างสัญญาณ PWM มากถึง 6 ช่อง โดยใช้ไทเมอร์หลักของระบบเป็นหลักและใช้สัญญาณนาฬิกาเพอริเฟอรัลในการเพิ่มค่าของไทเมอร์ และใช้รีจิสเตอร์เก็บค่าเปรียบเทียบ (Match register : MR) เป็นตัวกำหนดคาบเวลาของ PWM สัญญาณ PWM ที่สร้างขึ้นนี้สามารถกำหนดตำแหน่งขอบขาของสัญญาณได้ทั้งขอบขาขึ้นและลง จึงสามารถนำไปสร้างสัญญาณ PWM เพื่อควบคุมมอเตอร์ 3 เฟสที่กำหนดได้ทั้งความกว้างและเฟสของสัญญาณ รีจิสเตอร์เก็บค่าเปรียบเทียบ 2 ตัวจะถูกใช้ในการกำหนดขอบขาของสัญญาณ PWM โดยรีจิสเตอร์ MR ตัวหนึ่งใช้ควบคุมไซเกิลของสัญญาณ

และรีจิสเตอร์ MR อีกตัวหนึ่งใช้กำหนดตำแหน่งขอบขาของสัญญาณ ดังนั้นหากสัญญาณ PWM มีตำแหน่งการเริ่มต้นหรือสิ้นสุดของสัญญาณที่แตกต่างกันไปในแต่ละช่วงเวลา ก็ต้องใช้รีจิสเตอร์ MR เพิ่มตามตำแหน่งที่ต้องการ คุณสมบัติทางเทคนิคของโมดูลสร้างสัญญาณ PWM มีดังนี้

- มีรีจิสเตอร์เก็บค่าเปรียบเทียบ (MR) 7 ตัว เพื่อใช้ในการกำหนดขอบขาเดี่ยวของสัญญาณได้ 6 ตำแหน่งหรือขอบขาคู่ 3 คู่ และอีกหนึ่งตัวสำหรับกำหนดไซเกิลของสัญญาณ
- รีจิสเตอร์ MR มีการทำงานเมื่อค่าของการนับเท่ากับค่าใน MR ดังนี้ คงให้ไทเมอร์ทำการนับหรือเพิ่มค่าต่อไป หยุดการทำงานของไทเมอร์และรีเซ็ตค่าของไทเมอร์
- สามารถกำหนดตำแหน่งของขอบขาสัญญาณได้อย่างอิสระ
- ใช้ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 32 บิต ในการทำงานร่วมกับปรีสเกลเลอร์ 32 บิต
- มีเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณ PWM รวม 6 ช่อง

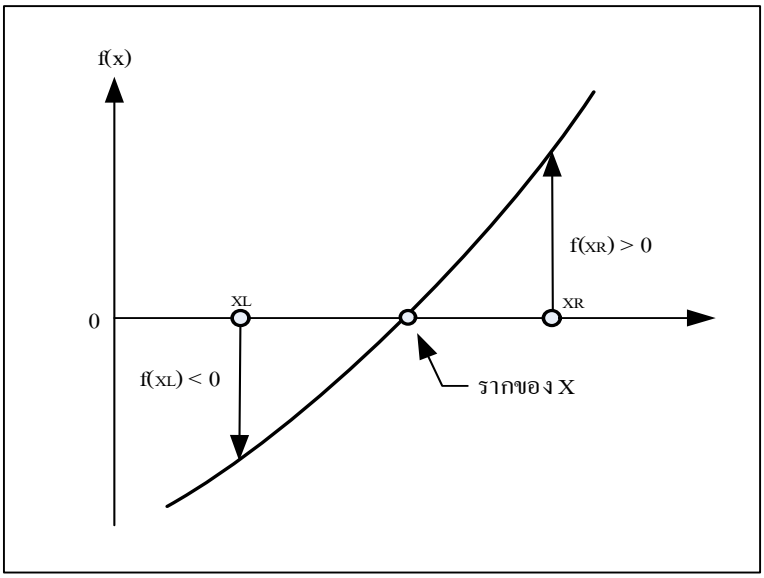
ส่วนควบคุมระบบของ LPC2148 มีองค์ประกอบที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับการทำงานของทุก ๆ โมดูลใน LPC2148 มีรายละเอียดดังนี้

- วงจรคริสตอลออสซิลเลเตอร์เป็นวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาหลักของระบบหรือ fosc ต่อกับคริสตอลภายนอกค่าตั้งแต่ 1 MHz ถึง 25 MHz ในกรณีที่ไม่มีการใช้งานเฟสล็อกลูป (PLL) สัญญาณนาฬิกาของซีพียู (CCLK) จะมีค่าความถี่เท่ากับ fosc
- วงจรเฟสล็อกลูป (Phase Lock Loop : PLL) วงจร PLL จะรับสัญญาณนาฬิกาอินพุตในย่าน 10 MHz ถึง 25 MHz มาคูณกับตัวคูณค่าเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาใหม่สำหรับซีพียูในช่วงความถี่ 10 MHz ถึง 60 MHz ด้วยการทำงานของวงจรควบคุมออสซิลเลเตอร์ CCO (Current Controlled Oscillator) ตัวคูณค่าสามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 1 ถึง 32 แต่ในทางปฏิบัติไม่ควรใช้ค่าเกิน 6 ทั้งนี้เนื่องจาก LPC2148 มีขอบเขตการทำงานจำกัดไว้สูงสุดที่ 60 MHz การกำหนดค่า PLL สามารถกำหนดได้ทางซอฟต์แวร์
- การเซ็ตและเวกอัปไทเมอร์ของ LPC2148 มีด้วยกัน 2 สาเหตุคือ รีเซตจากสัญญาณภายนอกที่ขา RESET และรีเซตจากการทำงานของวอตช์ด็อกไทเมอร์ เมื่อเกิดการรีเซตเวกอัปไทเมอร์จะเริ่มทำงาน เพื่อควบคุมให้วงจรรีเซตภายใน LPC2148 ยังคงทำงานต่อไปจนกว่าสัญญาณรีเซตจากภายนอกจะถูกนำออกไป จากนั้นวงจรรีเซตภายในก็จะหยุดทำงาน วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาจึงเริ่มทำงาน ซีพียูและเพอริเฟอรัลต่าง ๆ ทั้งหมดภายใน LPC2148 จึงเริ่มเข้าสู่สถานะเตรียมความพร้อมเพื่อเริ่มต้นการทำงานต่อไป

- วงจรตรวจจับแรงดันไฟเลี้ยงต่ำกว่าที่กำหนดหรือวงจรตรวจจับบราวเอาต์ LPC2148 มีการตรวจสอบแรงดันไฟเลี้ยง 2 ช่วง ช่วงแรก ถ้าแรงดันไฟเลี้ยงที่ขา VDD ลดลงต่ำกว่า 2.9 V วงจรตรวจจับบราวเอาต์ (Brownout Detector : BOD) จะสร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ส่งไปยังตัวควบคุมเวกเตอร์อินเตอร์รัปต์หรือ VIC ถ้าไม่ใช้การอินเตอร์รัปต์อาจตรวจสอบได้โดยการวนอ่านค่าของรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องแทน การตรวจสอบไฟเลี้ยงช่วงที่ 2 จะตรวจสอบว่า แรงดันที่ขา VDD ลดลงต่ำกว่า 2.6 V หรือไม่ถ้าต่ำกว่าวงจร BOD จะสร้างสัญญาณเพื่อรีเซตไมโครคอนโทรลเลอร์
- ตัวแบ่งสัญญาณบัส VPB ทำหน้าที่ 2 อย่าง หน้าที่แรกคือ จัดสรรสัญญาณนาฬิกาเพอริเฟอรัล PCLK ลงไปในบัส VPB โดยปกติจะมีความถี่ต่ำกว่าสัญญาณนาฬิกาซีพียู 0.5 ถึง 0.25 เท่า โดยปกติหลักจากรีเซตตัวแบ่งสัญญาณ VPB จะกำหนดให้บัส VPB ทำงานด้วยอัตรา 0.25 เท่าของสัญญาณนาฬิกาซีพียู หน้าที่ต่อมาคือ จัดการพลังงานบนบัส หากอุปกรณ์เพอริเฟอรัลใดไม่มีการใช้งานก็จะทำให้อุปกรณ์เพอริเฟอรัลนั้น ๆ ทำงานในโหมดประหยัดพลังงาน
- ส่วนติดต่ออุปกรณ์ทดสอบและดีบัก LPC2148 รองรับการตรวจสอบการทำงานหรือดีบักผ่านทางพอร์ต JTAG รวมไปถึงการติดตามการทำงานผ่านทางพอร์ต TRACE โดยขาพอร์ตทั้งสองกลุ่มใช้ขา P1 เป็นทางผ่านของสัญญาณ ดังนั้นหากเลือกใช้พอร์ต JTAG หรือ TRACE อุปกรณ์เพอริเฟอรัลอื่น ๆ ควรใช้ขาพอร์ต P0 ทำงานแทน

2.4 ระเบียบวิธีแบ่งครึ่งช่วง

การหารากของสมการโดยระเบียบวิธีแบ่งครึ่งช่วง (Bisection method) ใช้หลักการฟังก์ชัน f(x) จะมีเครื่องหมายตรงกันข้ามในขณะที่ x มีค่าน้อยกว่าและมากกว่าค่าของราก x ที่แท้จริง โดยในรูปที่ 2.10 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของฟังก์ชัน f(x) จะมีค่าเป็นลบที่ x = XL ซึ่งอยู่ทางด้านซ้ายของราก x และจะมีค่าเป็นบวกที่ x = XR ซึ่งอยู่ทางด้านขวาของราก x ดังนั้นรากของ f(x) อยู่ระหว่าง XL และ XR ที่กำหนดให้ แล้วค่าฟังก์ชัน f(XL) และ f(XR) จะมีเครื่องหมายตรงข้ามกันเสมอ ซึ่งการคำนวณหาค่าราก x ด้วยระเบียบวิธีแบ่งครึ่งช่วงประกอบด้วยหลักการในภาพรวมคือการบีบช่วงระหว่าง XL และ XL ให้แคบลงเรื่อย ๆ ด้วยการแบ่งครึ่งช่วงทีละครั้ง โดยในขณะเดียวกันนั้นก็ทำการตรวจสอบว่ารากx นั้นยังคงอยู่ในช่วงระหว่าง XL และ XL เสมอ โดยการหาค่าฟังก์ชัน f(XL) และ f(XR) จำเป็นต้องมีเครื่องหมายตรงกันข้าม ขั้นตอนโดยละเอียดที่สามารถนำไปใช้เพื่อการประดิษฐ์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง มีดังต่อไปนี้



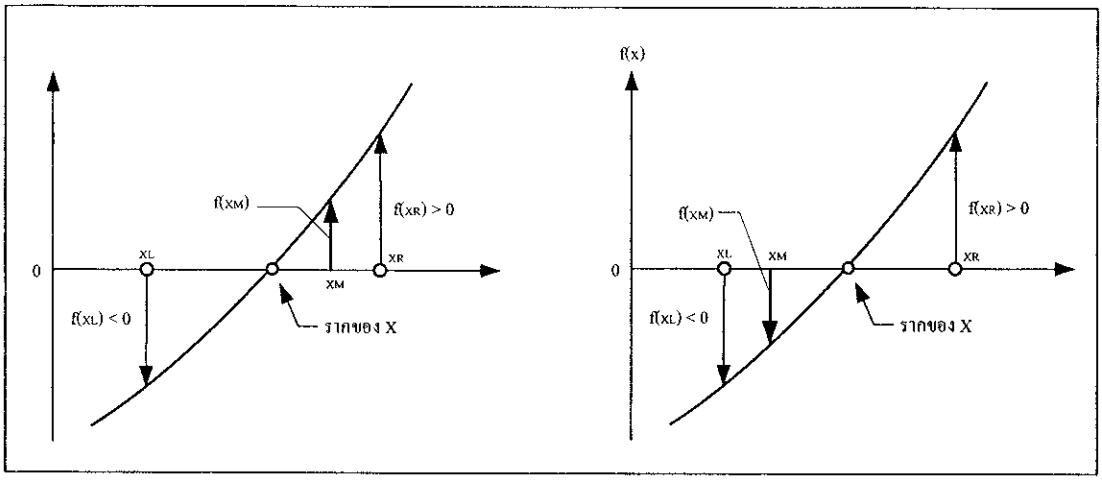
รูปที่ 2.10 ระเบียบวิธีแบ่งครึ่งช่วงเพื่อใช้หารากของสมการ f(x) = 0

การคำนวณหาค่าราก x ด้วยระเบียบวิธีแบ่งครึ่งช่วงประกอบด้วยหลักการในภาพรวมคือ การบีบช่วงระหว่าง XL และ XR ให้แคบลงเรื่อย ๆ ด้วยการแบ่งครึ่งช่วงทีละครั้ง โดยในขณะเดียวกันนั้นก็ทำการตรวจสอบว่าราก x นั้นยังคงอยู่ในช่วงระหว่าง XL และ XR เสมอ โดยการหาค่าฟังก์ชัน f(XL) และ f(XR) จำเป็นต้องมีเครื่องหมายตรงกันข้าม ซึ่งขั้นตอนโดยละเอียดที่สามารถนำไปใช้เพื่อการประดิษฐ์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง มีดังต่อไปนี้คือ

ขั้นตอนที่ 1 หาค่าเฉลี่ย XM จากค่า XL และ XR ที่กำหนดให้

$$XM = \frac{XL+XR}{2} \tag{2.1}$$

โดยการคำนวณฟังก์ชันดังกล่าวที่ตำแหน่ง XM ค่า f(XM) ที่คำนวณได้จะเป็นไปได้ 2 กรณี คือ มีค่าเป็นบวก และมีค่าเป็นลบ ดังแสดงในรูป 2.13 ขึ้นอยู่กับค่า XL และ XR ที่กำหนดให้



รูปที่ 2.11 ความเป็นไปได้ของ f(XM) ที่จะมีค่าเป็นบวกหรือลบขึ้นอยู่กับตำแหน่งของ XL และ XR

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณผลคูณระหว่าง f(XM) และ f(XR) โดยถ้า f(XM) . f(XR) > 0 หมายถึง ผลที่เกิดขึ้น มีค่าเป็นบวก ดังนั้น XR < x < XM แต่ถ้า f(XM) . f(XR) < 0 หมายถึง ผลที่เกิดขึ้นมีค่าเป็นลบ ดังนั้น XM < x < XR

ขั้นตอนที่ 3 ปรับค่า XL หรือ XR ใหม่เพื่อบีบช่วงดังกล่าวให้แคบลง โดยถ้าผลที่เกิดขึ้นมีค่าเป็นบวกแล้วให้ปรับค่า XR ใหม่ให้เท่ากับ XM แต่ถ้าผลที่เกิดขึ้นมีค่าเป็นลบ ให้ปรับค่า XL ใหม่ให้เท่ากับ XM

ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบว่าผลลัพธ์นั้นมีการลู่เข้าถึงเกณฑ์ (convergence criterion) ที่กำหนดไว้แล้วหรือไม่ โดยเกณฑ์ดังกล่าวอยู่ในรูปแบบของสมการที่ (2.2) โดยที่ค่า Er นั้นเป็นค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมได้ (tolerance)

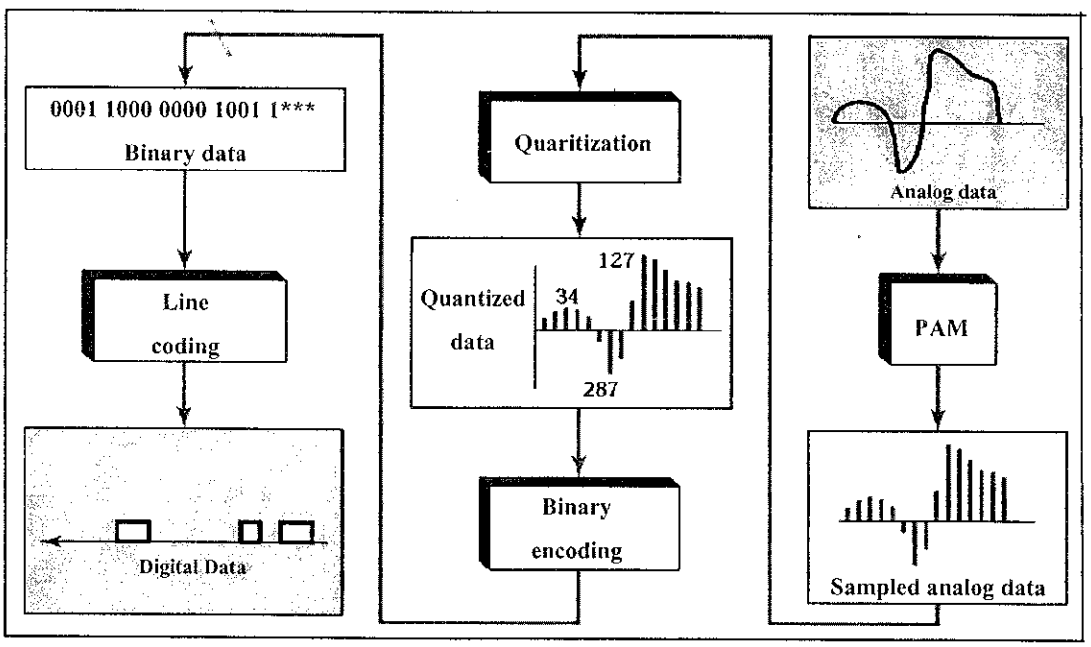
$$|f(XM)| < Er \tag{2.2}$$

$$\frac{XR(new)-XR(old)}{XR(new)} * 100\% < Er \tag{2.3}$$

โดย Er แทนค่าความผิดพลาดที่ยอมได้เพื่อหยุดการคำนวณ (หtopping tolerance) เช่น 0.05% ซึ่งนิยมใช้กันในปัญหาทั่ว ๆ ไป หากผลลัพธ์ที่ได้มีค่าถึงเกณฑ์การลู่เข้าที่กำหนดดังเช่นแสดงในสมการ (2.1) หรือ (2.2) ก็ให้หยุดการคำนวณ แต่หากยังไม่ถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้ก็ให้ย้อนกลับไปยังขั้นตอนที่ 1 แล้วทำซ้ำใหม่

2.5 พื้นฐานทฤษฎีของ MP3 AUDIO CODEC

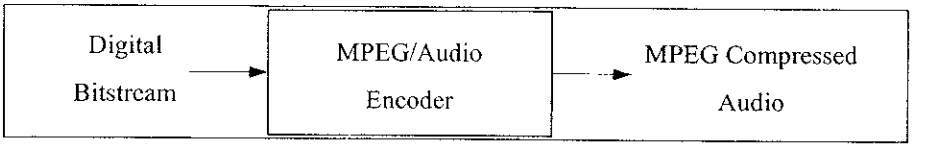
ปัจจุบันการแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอลใช้วิธีเรียกว่า Pulse Code Modulation ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนคือขั้นตอนแรกนำเทคนิค PAM มาใช้ทำแซมปลิงสัญญาณ จากนั้นจัดการแปลงค่าสัญญาณตามความสูงที่ได้ให้เป็นค่าตัวเลขจำนวนเต็ม ตั้งแต่ 0-255 เป็นขั้นตอนที่สอง ในขั้นตอนที่สามจะแปลงค่าตัวเลขเหล่านี้เป็นเลขฐานสอง (Binary Number) และขั้นตอนสุดท้ายก็นำเลขฐานสองแต่ละตัวไปเข้ารหัสที่เหมาะสมกับสื่อที่เลือกใช้ ข้อมูลดิจิตอลที่ได้จากขั้นตอนการทำงานของ Pulse Code Modulation (PCM) จะเป็นข้อมูลดิจิตอลของสัญญาณเสียงที่ไม่มีการบีบอัด



รูปที่ 2.12 ขั้นตอนการทำงานของ Pulse Code Modulation (PCM)

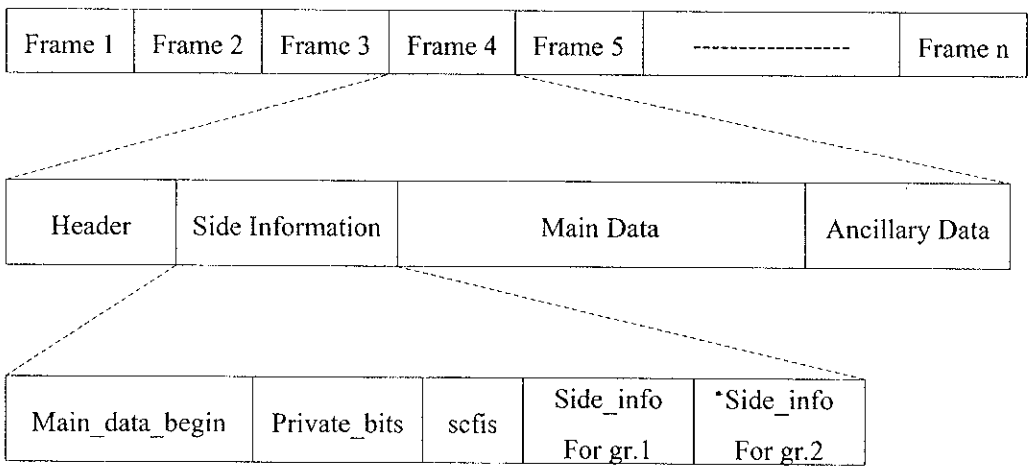
2.5.1 MP3 Coding Standard

การบีบอัดข้อมูลเสียงดิจิตอล (พนิต ทนันชัย, 2547; Praveen Sripada, 2006) จะใช้อัลกอริทึมมาตัดส่วนที่ไม่จำเป็นของสัญญาณเสียงออก โดยใช้แนวคิดการเข้ารหัสแบบ MPEG (Moving Picture Expert Group) โดยชุดสัญญาณดิจิตอลที่ได้จาก PCM จะเป็นสัญญาณอินพุตให้กับ MPEG audio encoder และ MPEG audio จะนำอัลกอริทึมมาใช้ในการบีบอัดข้อมูลเสียง โดยข้อมูลเอาต์พุตที่ได้จะอยู่ในรูปแบบของ MPEG audio โดยข้อมูลจะมีขนาดลดลงกว่าเดิม



รูปที่ 2.13 แนวคิดของการเข้ารหัสแบบ MPEG

MP3 เป็นวิธีการเข้ารหัสสัญญาณเสียงดิจิตอลที่เป็นที่นิยมแบบหนึ่ง ใช้วิธีการบีบอัดข้อมูลแบบมีการสูญเสียข้อมูลบางส่วน ออกแบบมาเพื่อใช้ลดปริมาณข้อมูลเสียงให้เหลือเพียงเล็กน้อย แต่ข้อมูลที่ลดลงมานี้ก็ยังให้คุณภาพเสียงที่ดีใกล้เคียงกับสัญญาณเสียงต้นฉบับ คำว่า MP3 ได้มาจากคำว่า "MPEG-1 Audio Layer 3" เป็นรูปแบบการบีบอัดข้อมูลแบบมีการสูญเสียข้อมูลบางส่วน ใช้แทนข้อมูลเสียงที่เข้ารหัสแบบ PCM ซึ่งมีขนาดข้อมูลที่เล็กโดยตัดข้อมูลบางส่วนที่พิจารณาแล้วว่าระบบการได้ยินของมนุษย์เกือบจะไม่สามารถรับฟังได้ โดยโครงสร้างของบิตสตรีมของไฟล์ MP3 จะแบ่งข้อมูลออกเป็นเฟรมโดยแต่ละเฟรมจะประกอบด้วย Header, Side information, Main data และ Ancillary data รายละเอียด Header ของ MP3 file แสดงในตารางที่ 1 ส่วน Side Information จะประกอบไปด้วยข้อมูลที่ใช้สำหรับถอดรหัสข้อมูลของ Main data โดยส่วนประกอบของ Side Information จะแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ส่วนประกอบบิตสตรีมใน MPEG 1 Layer III

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดส่วนหัวของไฟล์ MP3

Position of bits in the header	Number of bits	Definition	Example
1 to 12	12	Sync word : Frame sync which should always be set	‘111111111111’
13	1	ID : Denotes the MPEG version1 or 2	‘1’
14 to 15	2	Layer : Denotes which layer is used	‘01’ - Layer III ‘10’ - Layer II ‘11’ - Layer I ‘00’ - Reserved
16	1	Protection bit : Indicates if the bitstream is protected by CRC following the header	‘0’ - Protected ‘1’ - Unprotected
17 to 20	4	Bitrate : Different bitrates can be used while encoding	‘1001’ - 128 kbps
21 to 22	2	Frequency : MP3 supports 32, 44.1, 48 kHz frequencies	‘00’ - 44.1 kHz
23	1	Padding bit : If set, then the data is padded with one extra slot.	‘0’ - Not set ‘1’ - Set
25 to 26	2	Mode : Denotes either single,dual, joint stereo or stereo channels	‘11’ - Single Channel
27 to 28	2	Mode extension : Used only in joint stereo mode	‘00’ - M/S and Intensity stereo are off
29	1	Copyright : Indicates if the bitstream is copyrighted or not	‘0’ - No copyright ‘1’ - Copyrighted
30	1	Copy : Indicates if bitstream is a copy or original	‘0’ - Copy ‘1’ - Original
31 to 32	2	Emphasis : Indicates the type of emphasis used	‘00’ - No emphasis

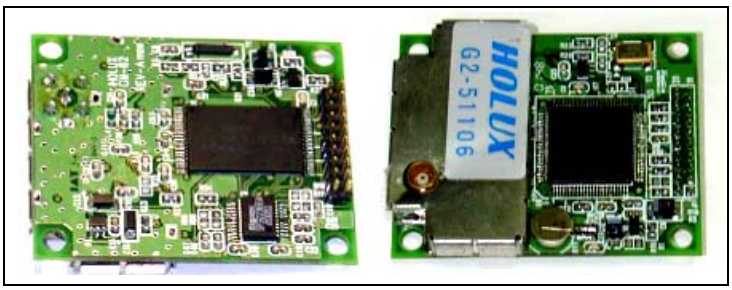
บทที่ 3
การจำลองระบบและพัฒนาระบบสมองกลฝังตัว

3.1 กล่าวนำ

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการแปลงพิกัดตำแหน่งที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส (GPS) ที่รายงานพิกัดเส้นรุ้ง (Latitude) และเส้นแวง (Longitude) ให้ไปเป็นพิกัดแผนที่บนถนน โดยการรายงานพิกัดตำแหน่งปัจจุบันบนถนนจะอ้างอิงจากพิกัดตำแหน่งของสถานที่สำคัญ (Landmark) เช่น ที่ว่าการอำเภอ ศาลากลางจังหวัด และนำข้อมูลพิกัดตำแหน่งปัจจุบันบนถนนไปรายงานในรูปแบบข้อความเสียงพูด ภาษาไทย โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 ประมวลผลข้อมูลพิกัดตำแหน่งจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส และใช้ MP3 AUDIO CODEC ของ VLSI เบอร์ VS1002D สำหรับสร้างเสียงพูดภาษาไทย ซึ่งงานวิจัยนี้ได้แบ่งงานออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งพัฒนาอัลกอริทึมใช้กับทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 (พหลโยธิน) และหมายเลข 2 (มิตรภาพ) เส้นทางจากอำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมาถึงอำเภอรังสิตจังหวัดปทุมธานี ส่วนที่สองพัฒนาอัลกอริทึมใช้กับทางหลวงแผ่นดินภายในจังหวัดนครราชสีมา

3.2 การรายงานพิกัดตำแหน่งด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ GPS Module ของ HULUK รุ่น GM-82 เนื่องจาก GPS Module มีการส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม (Serial Port) ซึ่งสามารถนำไปเชื่อมต่อกับพอร์ตสื่อสารอนุกรม UART0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 ได้โดยตรง



รูปที่ 3.1 GPS Module ของ HULUK รุ่น GM-82

สำหรับข้อมูลที่ได้จาก GPS Module ของ HULUK รุ่น GM-82 จะเป็นข้อความ ASCII Code ตามมาตรฐาน NMEA (The National Marine Electronics Association) โดยมี Output NMEA Messages ดังตัวอย่าง

$GPGGA,102434,1611.0053,N,10318.3853,E,1,09,1.8,150.2,M,-21.8,M,,*65

$GPGSA,A,3,01,03,11,13,16,19,20,23,,31,,,2.8,1.8,1.3*3D

$GPGSV,3,2,10,16,28,028,39,19,56,175,42,20,24,229,42,23,59,315,47*78

$GPGLL,1611.0053,N,10318.3853,E,102434,A,A*40

$GPBOD,,T,,M,,*47

$GPVTG,235.9,T,236.4,M,9.8,N,18.2,K*7A

$PGRME,10.0,M,13.6,M,16.9,M*15

$PGRMZ,493,f,3*15

$PGRMM,User*58

$GPRTE,1,1,c,*37

$GPRMC,102436,A,1611.0017,N,10318.3802,E,11.5,232.6,040707,0.5,W,A*39

$GPRMB,A,,,,,,,,,,,A,A*0B

GGA (Global Positioning System Fixed Data) ให้ข้อมูลเวลา ตำแหน่ง และ fix type data

GLL (Geographic Position-Latitude/Longitude) ให้ข้อมูลพิกัด (Latitude, longitude), เวลา UTC ของพิกัดและสถานะ

GSA (GNSS DOP and Active Satellites) ให้ข้อมูล Operating mode จำนวนดาวเทียมที่ใช้ในการคำนวณตำแหน่ง ค่า DOP

GSV (GNSS Satellites in View) ให้ข้อมูลจำนวนดาวเทียมที่จีพีเอสเห็นพร้อมหมายเลข (ID number) ความสูง (elevation) องศาในแนวขอบฟ้า (azimuth) และค่าSNR (Signal-to-Noise-Ratio) หรืออัตราส่วนสัญญาณจีพีเอสเมื่อเทียบกับสัญญาณรบกวน

RMC (Recommended Minimum Specific GNSS) ให้ข้อมูล เวลา วันที่ พิกัด มุ่งหน้าไปทางทิศใด และความเร็ว

VTG (Course Over Ground and Ground Speed) ให้ข้อมูลทิศทางและความเร็วเมื่อเทียบกับพื้นดิน

งานวิจัยนี้ได้นำชุด Output NMEA Messages GPGGA (Global Positioning System Fix Data) มาใช้งาน เนื่องจากได้ข้อมูลค่าพิกัดตำแหน่งเส้นรุ้งและค่าพิกัดตำแหน่งเส้นแวง ซึ่งรายงานในรูปแบบองศา เช่น 1354.1760, N (13 องศา 54 ลิปดา 17.60 ฟิลิบดา) และ 10031.4757, E (100 องศา 31 ลิปดา 47.57 ฟิลิบดา) แต่จุดประสงค์งานวิจัยนี้เพื่อแปลงพิกัดของของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนน และรายงานระยะทางระหว่างพิกัดตำแหน่งปัจจุบันกับพิกัดตำแหน่งอ้างอิง ซึ่งการหาระยะทางนั้นจะใช้ค่าพิกัดตำแหน่งในรูแบบทศนิยมมาคำนวณระยะทาง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องแปลงค่าพิกัดตำแหน่งเส้นรุ้ง ค่าพิกัดตำแหน่งเส้นแวง ให้อยู่ในรูปแบบทศนิยมโดยใช้ความสัมพันธ์

พิกัดทศนิยม = องศา + (ลิปดา/60) + (ฟิลิปดา/3600) (3.1)

ตัวอย่างการแปลง 1354.1760, N (13 องศา 54 ลิปดา 17.60 ฟิลิบดา) จะได้ดังนี้

พิกัดทศนิยม = 13 + (54/60) + (17.60/3600)

= 13.904888

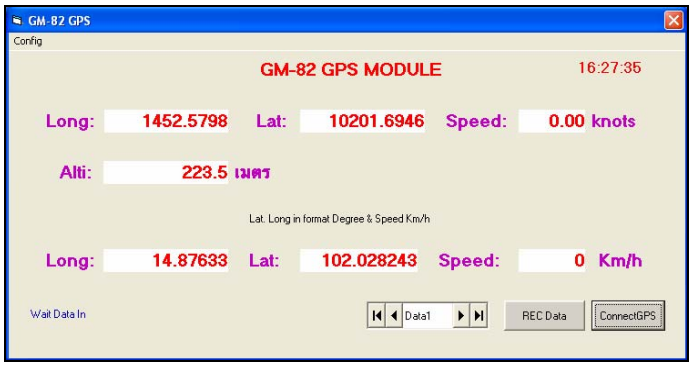
ตัวอย่างการแปลง 10031.4757, E (100 องศา 31 ลิปดา 47.57 ฟิลิบดา) จะได้ดังนี้

พิกัดทศนิยม = 100 + (31/60) + (47.57/3600)

= 100.529881

3.3 การเก็บค่าพิกัดตำแน่งของทางหลวงแผ่นดิน

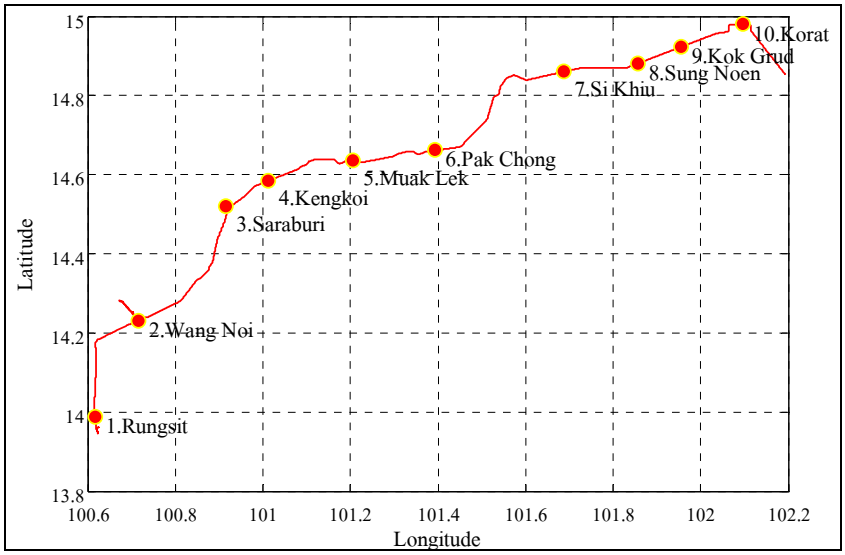
ในการจำลองระบบมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ข้อมูลพิกัดตำแหน่งของถนนจริง แต่ GPS Module ของ HULUK รุ่น GM-82 ไม่สามารถเก็บข้อมูลการ Tracking ได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาโปรแกรมเพื่อจัดเก็บข้อมูลค่าพิกัดตำแหน่งของเส้นรุ้งและเส้นแวงตลอดเส้นทาง โดยพัฒนาด้วยโปรแกรม Visual Basic 6.0 สำหรับรับค่าจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสผ่านทางพอร์ตสื่อสารอนุกรมโดยใช้เทคนิค Serial Interrupt สำหรับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมจะประกอบด้วยการรับข้อมูลพิกัดตำแหน่งของเส้นรุ้งและเส้นแวงในรูปแบบองศา และดำเนินการแปลงให้อยู่ในรูปแบบทศนิยมจากนั้นจึงนำไปจัดเก็บลงฐานข้อมูลสำหรับเส้นทางที่เก็บข้อมูลคือทางหมายเลข 1 (พหลโยธิน) และหมายเลข 2 (มิตรภาพ) โดยจะจัดเก็บข้อมูลพิกัดตำแหน่งของเส้นทางประมาณทุก ๆ 20 เมตร จากอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมาถึงอำเภอรังสิต จังหวัดปทุมธานี



รูปที่ 3.2 โปรแกรมรับข้อมูลจากจีพีเอสและจัดเก็บลงฐานข้อมูล

3.4 การจำลองระบบโดยระเบียบวิธีแบ่งครึ่งช่วงด้วยโปรแกรม MATLAB

สำหรับการจำลองระบบมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับใช้แปลงพิกัดตำแหน่งของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนนโดยการรายงานระยะทางระหว่างพิกัดตำแหน่งปัจจุบันกับพิกัดตำแหน่งอ้างอิงที่กำหนดไว้ โดยการจำลองระบบส่วนนี้จะใช้เส้นทางหลวงหมายเลข 1 (พหลโยธิน) และหมายเลข 2 (มิตรภาพ) จากอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมาถึงอำเภอรังสิต จังหวัดปทุมธานี โดยมีการกำหนดจุดพิกัดตำแหน่งที่สำคัญจำนวน 10 จุด เช่น ที่ว่าการอำเภอ ศาลากลางจังหวัด ที่อยู่บนเส้นทางเพื่อเป็นตำแหน่งอ้างอิงในการคำนวณหาพิกัดตำแหน่งปัจจุบันดังแสดงในรูปที่ 3.3



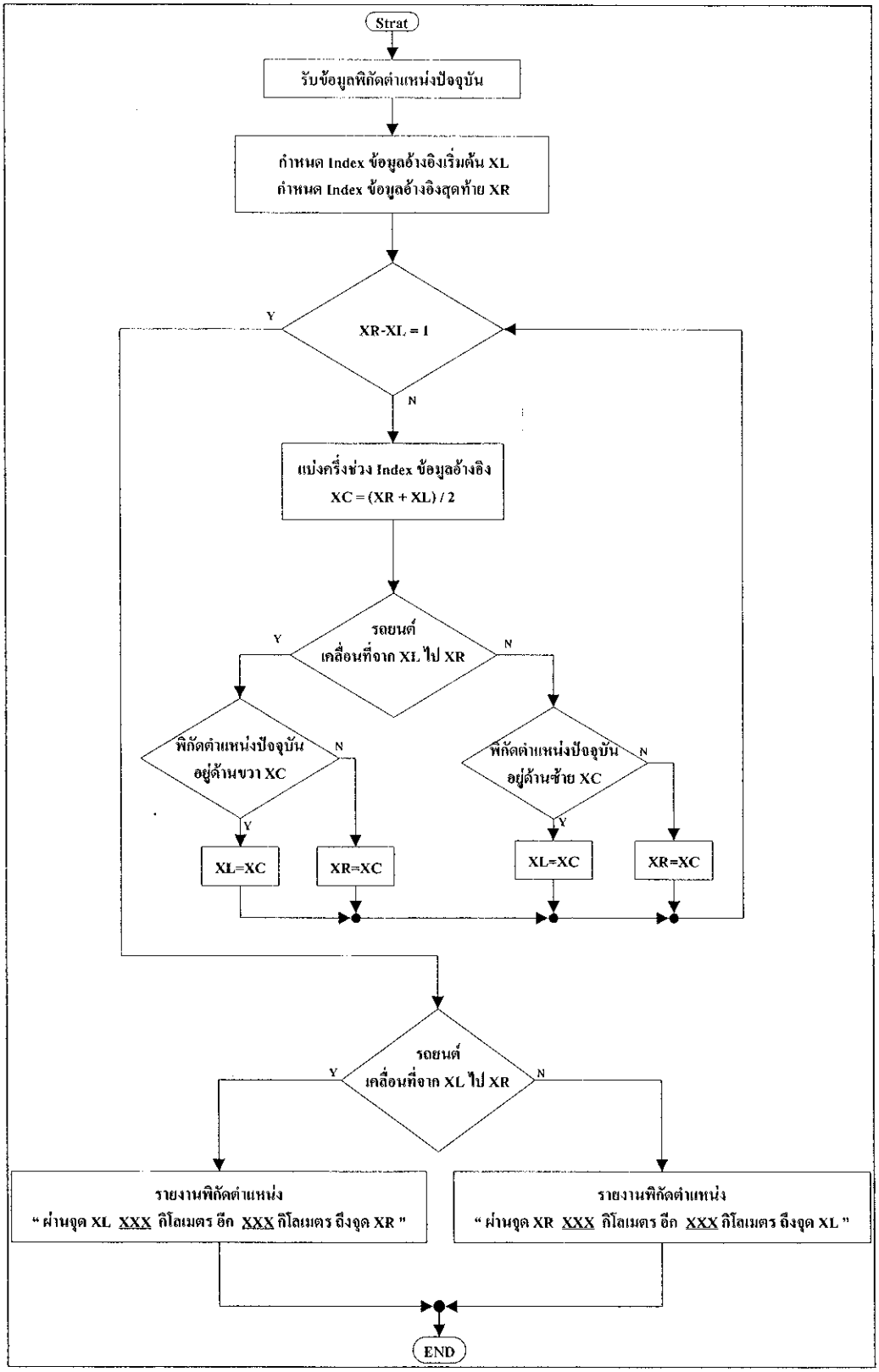
รูปที่ 3.3 ตัวอย่างจุดพิกัดตำแหน่งอ้างอิง

ในการพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อหาพิกัดตำแหน่งปัจจุบันบนถนนนั้นมีการหลักการระเบียบวิธีแบ่งครึ่งช่วง (Bisection Method) มาประยุกต์ใช้ โดยการบีบช่วงพิกัดตำแหน่งอ้างอิงเริ่มต้นจาก XL (อำเภอรังสิตจังหวัดปทุมธานี) และ XR (อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา) ให้แคบลงจนกว่าจะใกล้พิกัดตำแหน่งปัจจุบันมากที่สุดดังตัวอย่างในรูปที่ 3.5 จะได้ XL คือ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา และ XR คืออำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา ต่อจากนั้นจึงรายงานผลระยะทางพิกัดตำแหน่งปัจจุบัน โดยมีรายละเอียดการทำงานกระบวนการทำงานต่าง ๆ สำหรับการหาพิกัดตำแหน่งปัจจุบันบนถนนแสดงดังรูปที่ 3.4 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

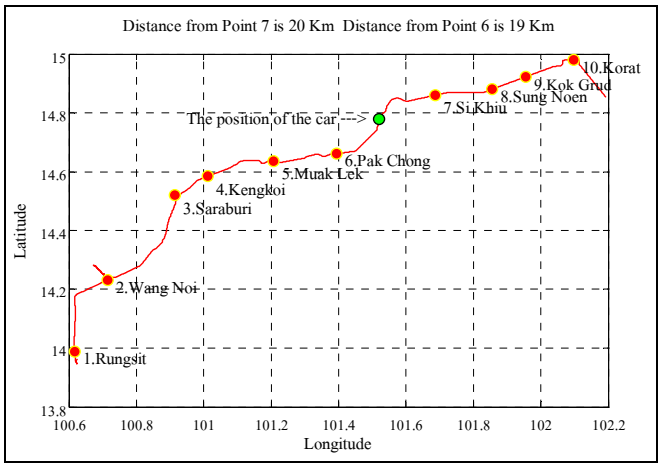
ขั้นตอนที่ 1 การกำหนด Index ข้อมูลอ้างอิงเริ่มต้นเป็นการกำหนดขอบเขตของพิกัดตำแหน่งอ้างอิง โดยให้ XL มีค่าเท่ากับพิกัดตำแหน่งอ้างอิงเริ่มต้น ส่วน XR ต้องมีค่าเท่ากับพิกัดตำแหน่งอ้างอิงสุดท้าย (XL อำเภอรังสิต จังหวัดปทุมธานี และ XR อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา)

ขั้นตอนที่ 2 การตรวจสอบทิศทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ จะใช้วิธีการรับค่าพิกัดตำแหน่งปัจจุบันสองครั้ง คำนวณระยะทางจากพิกัดตำแหน่งปัจจุบันกับพิกัดตำแหน่งอ้างอิง XL ทั้งสองครั้ง โดยมีเงื่อนไขว่าระยะทางทั้งสองจะต้องไม่เท่ากัน ผลที่ได้คือ ถ้าระยะทางครั้งที่ 2 มากกว่าครั้งที่ 1 แสดงว่ายานพาหนะเคลื่อนที่จาก XL ไป XR และกรณีตรงกันข้ามแสดงว่ายานพาหนะคลื่อนที่จาก XR ไป XL

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบพิกัดตำแหน่งปัจจุบันอยู่ด้านซ้ายหรือด้านขวาของพิกัดตำแหน่งอ้างอิง XC (จุดอ้างอิงที่อยู่กลางระหว่างจุดอ้างอิง XL กับ XR) จะใช้วิธีการเดียวกับการตรวจสอบทิศทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะเพียงแต่การคำนวณระยะทางจะเปรียบเทียบกับพิกัดตำแหน่งอ้างอิง XC ผลที่ได้คือ ถ้าระยะทางครั้งที่ 2 มากกว่าครั้งที่ 1 แสดงว่าพิกัดตำแหน่งปัจจุบันอยู่ด้านขวา และในกรณีตรงกันข้ามแสดงว่าพิกัดตำแหน่งปัจจุบันอยู่ด้านซ้าย



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการหาพิกัดตำแหน่งปัจจุบันบนถนน



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการรายงานพิกัดตำแหน่งอ้างอิงปัจจุบัน

การคำนวณระยะทางบนพื้นโลกจากพิกัดตำแหน่งของจีพีเอส (Ed Williams,2007). ใช้วิธีการนำค่าองศาเรเดียนที่แตกต่างกันมาคูณกับค่าของรัศมีของโลกซึ่งมีค่าประมาณ6366.71 กิโลเมตร จึงได้ระยะทางในหน่วยกิโลเมตร โดยใช้หลักการสามเหลี่ยมมุมฉาก (สูตรทฤษฎี Pythagoras) ที่มี 3 ด้าน A, B และ C โดย C เป็นระยะทางระหว่างจุดสองจุดและเป็นด้านตรงกันข้ามมุมฉาก

$$C = (\sqrt{A^2 + B^2})*R \qquad (3.2)$$

โดยที่ C = ระยะทางบนพื้นโลก (กิโลเมตร)

A = Longitude_1-Longitude_2 (เรเดียน)

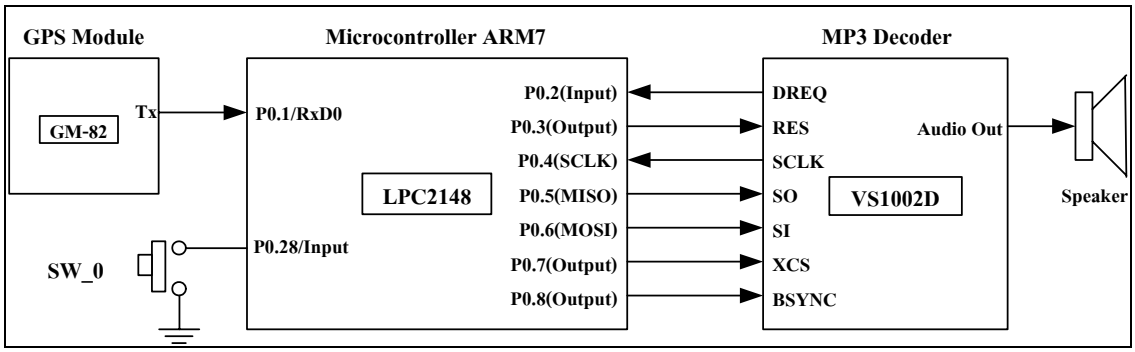
B = Latitude _1-Latitude_2 (เรเดียน)

R = รัศมีโลก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6366.7 กิโลเมตร

3.5 การออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบ

สำหรับการพัฒนาระบบต้นแบบจะเริ่มต้นจากการศึกษาการใช้งานระบบไมโครโทรลเลอร์ ARM7 การใช้งาน MP3 AUDIO CODEC ของ VLSL เบอร์ VS100d ดำเนินการบันทึกเสียงข้อความคำพูดสำหรับใช้รายงานพิกัดตำแหน่งปัจจุบัน ทำการแปลงไฟล์เสียงคำพูดเป็น Intel HEXFile นำไปจัดเก็บที่หน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ และขั้นตอนสุดท้ายจะนำอัลกอริทึมที่ได้จากการจำลองระบบมาพัฒนาใช้กับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7

Hardware ต้นแบบของงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย GPS Module ของ HULUK รุ่น GM-82 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 รุ่น CP-JR ARM7 USB-LPC2148 และ MP3 AUDIO CODECรุ่น ET-MINI MP3 โดยมีภาพรวมของระบบดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ภาพรวมของระบบ

3.5.1 การสร้าง Intel HEX File จาก BINARY File

สำหรับการแปลงไฟล์ข้อความเสียงพูดให้อยู่ในรูปแบบ Intel HEX File นั้นจะใช้โปรแกรม Utility ที่ชื่อว่า “BIN2HEX” ซึ่งเป็น Free Ware ซึ่งสามารถ Download ได้จาก http://www.keil.com/download/files/bin2hex.zip สำหรับการทำงานของ “BIN2HEX” จะเป็นแบบ Command Line โดยต้องทำการสร้าง Batch File สำหรับสั่งแปลงไฟล์เสียงจาก Binary File ให้เป็น HEX File โดย Batch File ดังกล่าว มีรายละเอียดดังรูปที่ 3.7

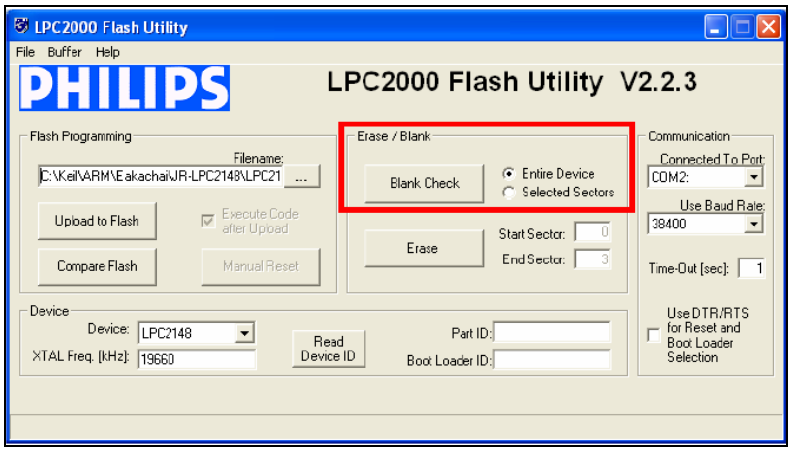
ซึ่งมีรูปแบบการใช้งานของ Syntax : BIN2HEX [/option] binfile [hexfile] โดยที่ Binfile คือ binary input file และ hexfile คือ Intel HEX โดยมีรูปแบบการใช้งาน Option ดังรายละเอียด

/Ln	จำนวนไบต์ที่อ่านจาก binary file
/On	address offset ของ HEX file
/4	สร้าง HEX file โดยใช้ linear address records (HEX386)
/Q	ไม่แสดงข้อมูลทางสถิติในการแปลง binary file
/T	สร้างจุดสิ้นสุดของไฟล์ (End of File)
/A	เพิ่มข้อมูลชุดใหม่ต่อจาก HEX file ของเดิม

```
ECHO OFF
ECHO Generating VOICE.HEX with Wave Files...
DEL VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  16384   /4      /T  /Q  01.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  32768   /4  /A  /T  /Q  02.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  49152   /4  /A  /T  /Q  03.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  65536   /4  /A  /T  /Q  04.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  81920   /4  /A  /T  /Q  05.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  98304   /4  /A  /T  /Q  06.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  114688  /4  /A  /T  /Q  07.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  131072  /4  /A  /T  /Q  08.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  147456  /4  /A  /T  /Q  09.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  163840  /4  /A  /T  /Q  10.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  180224  /4  /A  /T  /Q  11.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  196608  /4  /A  /T  /Q  12.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  212992  /4  /A  /T  /Q  13.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  229376  /4  /A  /T  /Q  14.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  245760  /4  /A  /T  /Q  15.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  262144  /4  /A  /T  /Q  16.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  278528  /4  /A  /T  /Q  17.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  294912  /4  /A  /T  /Q  18.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  311296  /4  /A  /T  /Q  19.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  327680  /4  /A  /T  /Q  20.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  344064  /4  /A  /T  /Q  21.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  360448  /4  /A  /T  /Q  22.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  376832  /4  /A  /T  /Q  23.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  393216  /4  /A  /T  /Q  24.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  409600  /4  /A  /T  /Q  25.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  425984  /4  /A  /T  /Q  26.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  442368  /4  /A  /T  /Q  27.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  458752  /4  /A  /T  /Q  28.wav  VOICE.HEX
BIN2HEX  /L16384  /O  475136  /4  /A      /Q  29.wav  VOICE.HEX
```

รูปที่ 3.7 Batch File สำหรับสั่งแปลงไฟล์เสียงให้เป็น HEX File

หลังจากที่เราได้ Hex File ชื่อ VOICE.HEX จากการแปลของ Batch File แล้วในขั้นตอนถัดไปก็คือการนำ VOICE.HEX ไปจัดเก็บไว้ในหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้โปรแกรม LPC2000 ของ Philips เป็นตัวจัดการให้ โดยในขั้นตอนนี้สามารถทำได้ โดยสั่งเปิด HEX File ที่เป็นของไฟล์เสียงและเลือกรูปแบบของการลบหน่วยความจำเป็น Enter Device ซึ่งเป็นการสั่งลบหน่วยความจำทั้งหมดแล้วจึงสั่ง Download ไฟล์เสียงดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 การติดตั้ง Intel HEX File ของไฟล์เสียงที่หน่วยความจำ Flash

3.5.2 การใช้งาน VS1002d MP3 AUDIO CODEC

สำหรับการสร้างเสียงพูดของงานวิจัยนี้ใช้บอร์ด ET-MINI MP3 (บริษัทอีทีทีจำกัด) เป็นชุดถอดรหัสไฟล์ MP3 เพื่อแปลงเป็นเสียงโดยใช้ไอซี VS1002d ซึ่งคุณสมบัติของบอร์ด ET-MINI MP3 มีรายละเอียดดังนี้

- ใช้ไอซีถอดรหัสไฟล์ MP3 ของ VLSI เบอร์ VS1002d
- สามารถถอดรหัสไฟล MPEG ซึ่งใช้การเข้ารหัสแบบ MPEG1.0 & 2.0 Audio layer III (CBR + VBR) รวมทั้ง WAV และ PCM ได้
- รองรับการส่งถ่ายข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Streaming Data) สำหรับไฟล์ข้อมูลแบบ MP3 หรือ WAV
- ทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกา 12.288 MHz โดยสามารถ คูณ ความถี่เป็นสองเท่าได้จาก PLL ภายใน
- มีวงจรแปลงกลับข้อมูลเป็นเสียงแบบ DAC คุณภาพสูงพร้อมวงจรภาคขยายเสียงแบบสเตอริโอสามารถนำสัญญาณเสียงที่ได้ไปต่อเข้ากับชุด

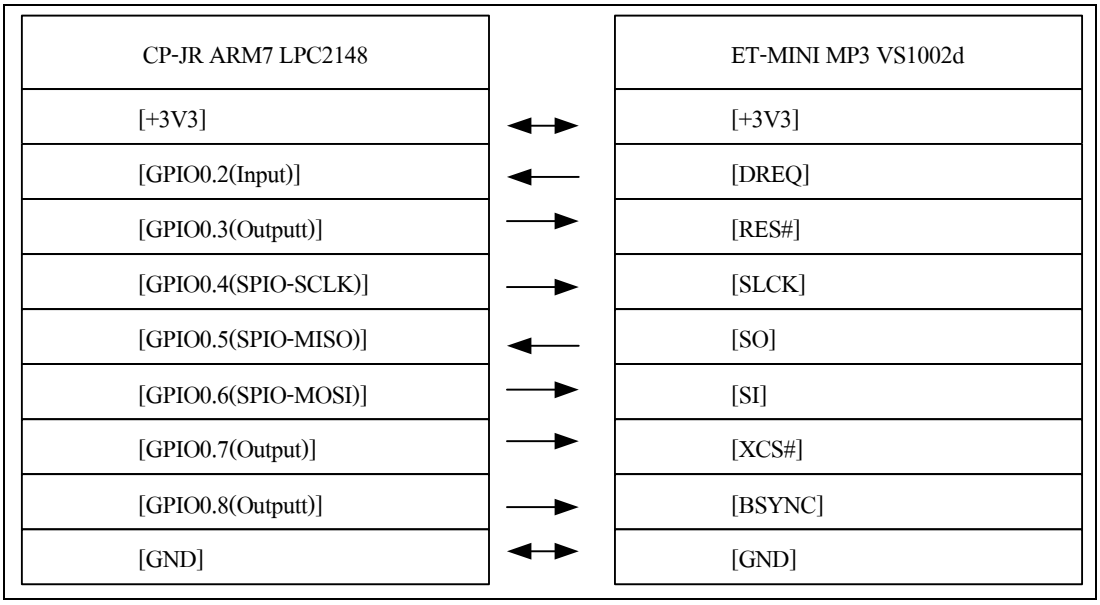
ขยายเสียง หรือชุดหูฟังสเตอริโอ มาตรฐาน ซึ่งมีค่า Impedance ประมาณ 30 โอห์มได้

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของไฟล์ข้อความเสียงพูด

Audio File	Voice	Audio File	Voice
01.wav	รังสิต	16.wav	หก
02.wav	วังน้อย	17.wav	เจ็ด
03.wav	สระบุรี	18.wav	แปด
04.wav	แก่งคอย	19.wav	เก้า
05.wav	มวกเหล็ก	20.wav	ศูนย์
06.wav	ปากช่อง	21.wav	จุด
07.wav	สีคิ้ว	22.wav	สิบ
08.wav	สูงเนิน	23.wav	ยี่สิบ
09.wav	โคกกรวด	24.wav	ร้อย
10.wav	โคราช	25.wav	เอ็ด
11.wav	หนึ่ง	26.wav	ผ่าน
12.wav	สอง	27.wav	กิโล
13.wav	สาม	28.wav	เมตร
14.wav	สี่	29.wav	ไป
15.wav	ห้า	-	-

การใช้งาน MP3 Decoder VS100d มีขาสำหรับเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 ดังแสดงในรูปที่ 3.7 โดยแต่ละขาจะมีหน้าที่การทำงานดังต่อไปนี้

ขา XCS# (Chip Select) เป็นขาที่ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของ Chip VS1002d ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงจาก High-to-Low ไปยังขา XCS# นั่นหมายถึงต้องการให้ Chip VS1002d ทำงาน หรือมีการเปลี่ยนแปลงจาก Low-to-High ไปยังขา XCS# จะเป็นการยกเลิกการทำงานของ Chip VS1002d



รูปที่ 3.9 การเชื่อมต่อบอร์ด ET-MINI MP3 กับ บอร์ด CP-JR ARM7 USB-LPC2148

ขา SCLK (Serial Clock) จะทำหน้าที่เป็นขา Input สำหรับรับสัญญาณ Clock จากภายนอกเข้ามาควบคุมจังหวะการไหลเข้าออกของข้อมูล

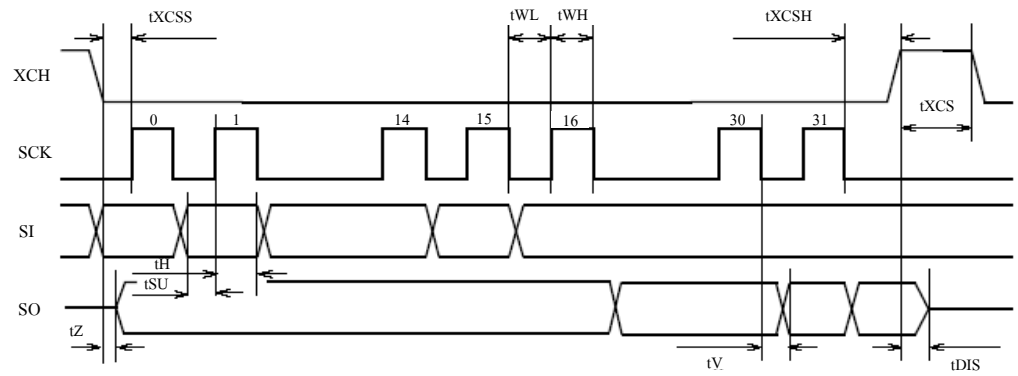
ขา SI (Serial Input) จะทำหน้าที่เป็นขา Input และถูกใช้เพื่อเลื่อนข้อมูลเข้า

ขา SO (Serial Output) จะทำหน้าที่เป็นขา Output ถูกใช้เพื่อเลื่อนข้อมูลออก

ขา RES# (Reset) ใช้สำหรับ Reset เมื่อขานี้เป็น Low จะทำให้ VS1002d ถูก Reset กระบวนการทำงานต่าง ๆ ก็จะสิ้นสุดลงและจะทำงานได้ใหม่เมื่อขานี้เป็น High

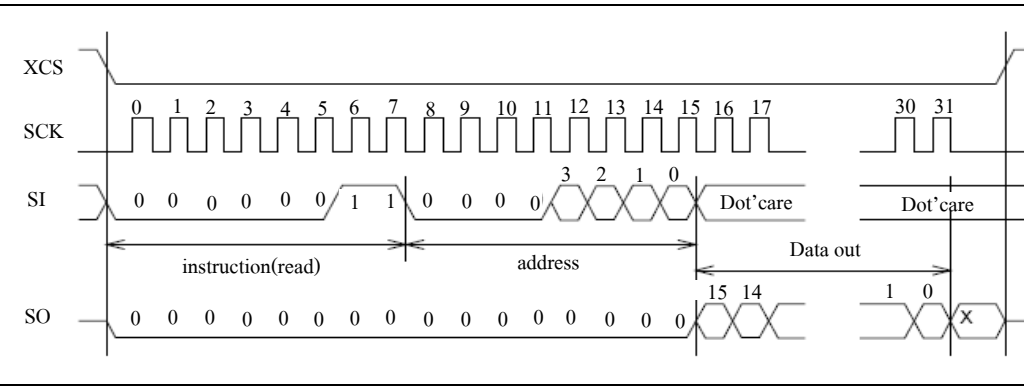
ขา BSYNC จะใช้เพื่อให้ข้อมูลบิตแรกของ SDI ให้ทำงานพร้อมกับขอบขาขึ้นของสัญญาณ BSYNC

สำหรับการทำงานของ VS1002d (VLSI Solution Oy, 2005) จะถูกควบคุมด้วยคำสั่งที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางพอร์ตสื่อสารแบบ SPI โดยรูปแบบของคำสั่งจะมีสองรูปแบบคือ Serial Data Interface (SDI) และ Serial Command Interface (SCI) ซึ่งมีการใช้งาน SCI Read และ SCI Write

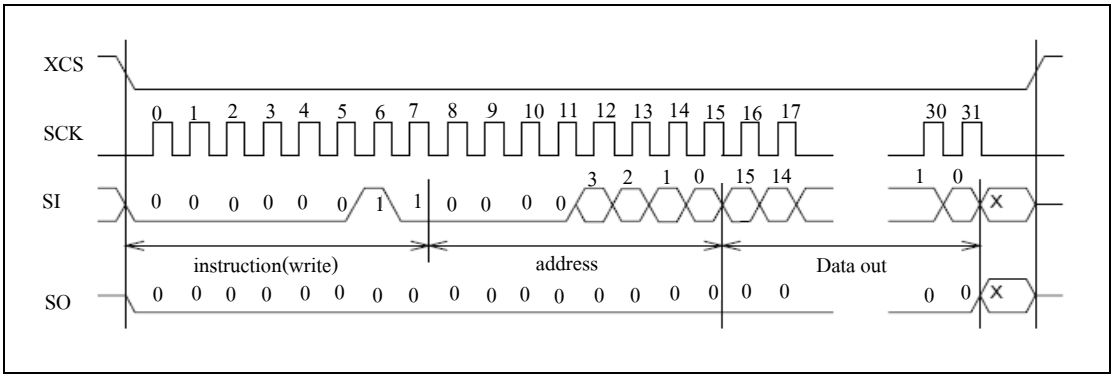


Symbol	Min	Max	Unit
tXCSS	5		ns
tSU	-26		ns
tH	2		XTALI cycles
tZ	0		ns
tWL	2		XTALI cycles
tWH	2		XTAL cycles
tV		2(+25ns)	XTAL cycles
tXCSH	-26		ns
tXCS	2		XTALI cycles
tDIS		10	ns

รูปที่ 3.10 รูปแบบการใช้งาน SDI ของ VS100d



รูปที่ 3.11 รูปแบบการใช้งาน SCI Read



รูปที่ 3.12 รูปแบบการใช้งาน SCI Write

ตารางที่ 3.2 SCI Register ของ VS1002d

SCI Register	Address	Function
SCI_MODE	0x00	Mode Control
SCI_STATUS	0x01	Status
SCI_BASS	0x02	Built-In Bass Enhancer
SCI_CLOCKF	0x02	Clock Frequency + Double
SCI_DECODE_TIME	0x04	Decode Time in Second
SCI_AUDATA	0x05	Misc. Audio Data
SCI_WRAM	0x06	RAM Write
SCI_WRAMADDR	0x07	Base Address For RAM Write
SCI_HDAT0	0x08	Stream Header Data0
SCI_HDAT1	0x09	Stream Header Data1
SCI_AIADDR	0x0A	Start Address of Application.
SCI_VOL	0x0B	Volume Control
SCI_AICTRL0	0x0C	Application Control Register. 0
SCI_AICTRL1	0x0D	Application Control Register. 1
SCI_AICTRL2	0x0E	Application Control Register. 2
SCI_AICTRL3	0x0F	Application Control Register. 3

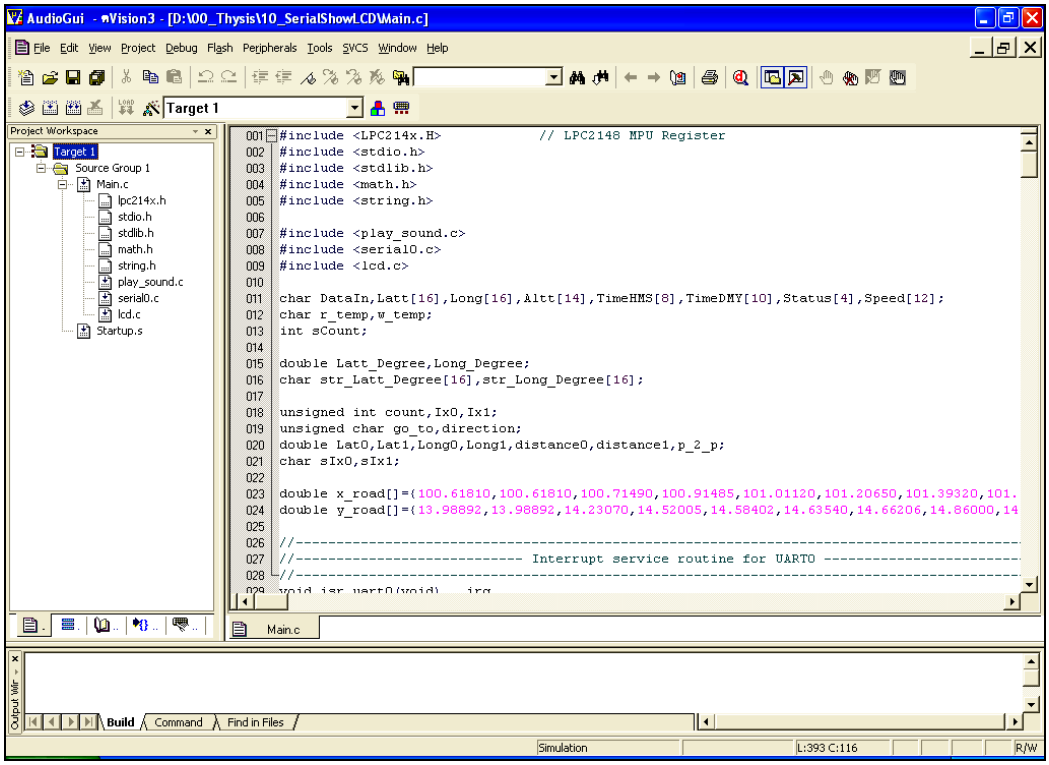
ก่อนที่จะให้ VS100d ทำหน้าที่ MP3 Decoder โดยการรับข้อมูลจาก Intel HEX File ผ่าน SPI Bus เพื่อสร้างสัญญาณเสียงจะต้องกำหนดค่าเริ่มต้นการใช้งานให้กับ SCI Register ของ VS1002d ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- กำหนด Initial GPIO Signal Interface VS1002d โดยให้ขา
  RES# = “1”, XCS# = “1”
- กำหนดให้ VS1002d ทำการ Hardware Reset โดยมีกระบวนการดังนี้
  RES# = “0” ---> delay 100 ms ---> RES# = “1” ---> delay 100 mS
- กำหนดค่าเริ่มต้น SCI Register ของ VS1002d โดยมีขั้นตอนดังนี้
- กำหนดค่าข้อมูลให้กับ Register SCI_MODE ด้วยข้อมูล 0x0804 เพื่อ Active Software Reset และมีการทำงานรูปแบบ SPI New Mode
- กำหนดค่าข้อมูลให้กับ Register SCI_CLOCKF ด้วยข้อมูล 0x9800 เพื่อกำหนดค่าความถี่ Clock เท่ากับ 12.288 MHz และให้มีการทำงานในรูปแบบ Double Clock
- กำหนดค่าข้อมูลให้กับ Register SCI_AUDATA ด้วยข้อมูล 48000 เพื่อกำหนดค่า Sampling Rate ของสัญญาณเสียงให้มีค่า 48 KHz
- ดำเนินการ Reset ค่าใน Memory ทั้งหมดโดยการเขียนข้อมูลด้วยค่า 0x00 ทุก ๆ Address ของ VS100D
- กำหนดค่าให้กับ Register SCI_VOL ด้วยข้อมูลระหว่าง 0 ถึง 255 เพื่อกำหนดค่าความดังของสัญญาณเสียงเอาต์พุต โดย 0 คือค่าความดังของเสียงสูงที่สุด

3.5.3 การพัฒนาโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์

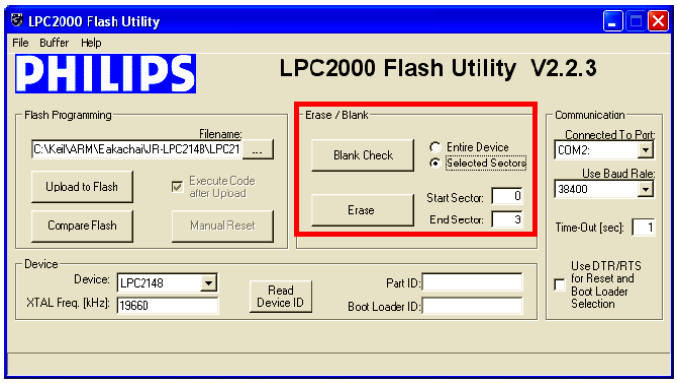
ในงานวิจัยนี้พัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาซี เนื่องจากภาษาซีได้รับการออกแบบมาให้ทำงานกับคอมพิวเตอร์ และเขียนโปรแกรมด้วยคำสั่งที่สามารถทำความเข้าใจได้ไม่ยาก และเมื่อนำมาทำงานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำงานด้วยภาษาเครื่อง จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีตัวแปลภาษาหรือคอมไพเลอร์ (Compiler) เพื่อแปลภาษาซีนั้นเป็นภาษาเครื่องสำหรับนำไปใช้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งการพัฒนาระบบงานของไมโครคอนโทรเลอร์ด้วยโปรแกรมภาษาซี มีขั้นตอนโดยสรุปดังนี้ เขียนโปรแกรมภาษาซีด้วยเท็กซ์เอดิเตอร์ คอมไพล์หรือแปลงภาษาซี เป็นภาษาแอสเซมบลี (Assembly) ของไมโครคอนโทรเลอร์แอสเซมเบลอร์ (Assembler) จากภาษาแอสเซมบลีเป็นภาษาเครื่องหรือแมชีนโค้ดในรูปของเลขฐานสิบหก ดาวน์โหลดซอร์สโค้ดที่ได้จากการแอสเซมเบลอร์ลงสู่หน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ทดลองและตรวจสอบการทำงาน หากไม่สมบูรณ์ให้กลับไปแก้ไขตั้งแต่ขั้นตอนแรก

โดยในขั้นตอนคอมไพล์และแอสเซมเบลอร์ จะไม่เห็นถึงกระบวนการทำงาน เนื่องจากซอฟต์แวร์แปลภาษาหรือคอมไพเลอร์ได้รวมการทำงานทั้งสองสองขั้นตอนนี้ไว้ด้วยกัน



รูปที่ 3.13 หน้าจอของโปรแกรม Keil uVistion3

หลังจากที่ได้ Hex File จากการแปลของ Keil uVistion3 แล้วในขั้นตอนถัดไปก็คือการ Download HEX File ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 โดยใช้โปรแกรม LPC2000 ของ Philips เป็นตัวจัดการ ในขั้นตอนนี้สามารถทำได้ โดยสั่งเปิด HEX File ที่เป็นของCode Program ให้เลือกใช้รูปแบบของการลบหน่วยความจำเป็น Selected Sector กำหนดให้ Start Sector เท่ากับศูนย์และ End Sector เท่ากับสามดังแสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.14 การติดตั้ง Intel HEX File ของ Code Program ที่หน่วยความจำ Flash

ในการการพัฒนาโปแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ได้กำหนดให้มีกระบวนการทำงานโดยมีขั้นตอนโดยสรุปดังต่อไปนี้

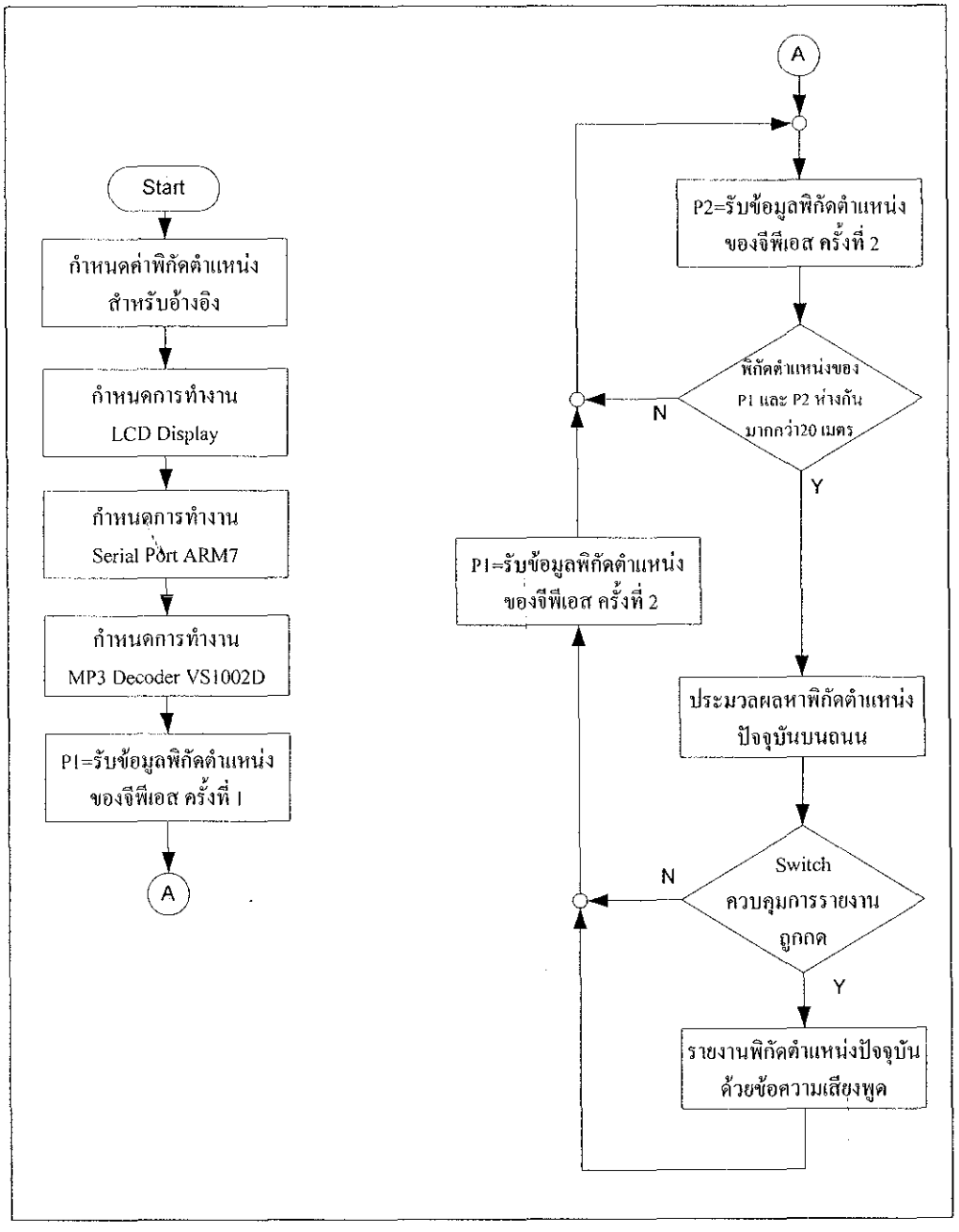
ขั้นตอนที่ 1 กำหนดพิกัดตำแหน่งสำหรับอ้างอิงจะใช้ข้อมูลจากการจำลองระบบ ด้วยโปรแกรม MATLAB โดยจะกำหนดค่าพิกัดตำแหน่งอ้างอิงดังตารางที่ 3.3 ซึ่งจะใช้พิกัดตำแหน่งของสถานที่อ้างอิงบนทางหลวงหมายเลข 1 และ 2

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดการทำงานของการแสดงผลด้วยชุด LCD Display จะกำหนดให้มีการทำงานในโหมด 4 บิต ซึ่งจะประหยัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการติดต่อ

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดการทำงานของ Serial Port ARM7 จะเป็นการกำหนดการใช้งานพอร์ตอนุกรม UART0 ในโหมดอินเตอร์รัปต์ สำหรับรับค่าข้อมูลจากจีพีเอส

ขั้นตอนที่ 4 การประมวลผลหาพิกัดตำแหน่งปัจจุบันจะนำหลักการ ระเบียบวิธีแบ่งครึ่งช่วงที่ได้จากการจำลองระบบมาประยุกต์ใช้ โดยการบีบช่วงพิกัดตำแหน่งอ้างอิงให้แคบลงจนกว่าจะใกล้พิกัดตำแหน่งปัจจุบันมากที่สุด

ขั้นตอนที่ 5 หลังจากที่ได้พิกัดตำแหน่งอ้างอิงที่อยู่ใกล้พิกัดตำแหน่งปัจจุบันแล้ว จะทำการคำนวณระยะทางจากพิกัดตำแหน่งอ้างอิงถึงพิกัดตำแหน่งปัจจุบัน ต่อจากนั้นก็นำข้อมูลของเสียงที่เก็บไว้ในหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งให้ชุดสร้างสัญญาณข้อความเสียงพูดเพื่อรายงานพิกัดตำแหน่งต่อไปสำหรับโครงสร้างการจัดแบ่งพื้นที่ของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลของไฟล์เสียงของบอร์ด CP-JR ARM7 USB-LPC2148 กำหนดไว้ดังตารางที่ 3.4



รูปที่ 3.15 ขั้นตอนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7

ตารางที่ 3.3 พิกัดตำแหน่งของสถานที่อ้างอิงบนทางหลวงหมายเลข 1 และ 2

ชื่อสถานที่อ้างอิง	เส้นรุ้งที่	เส้นแวงที่
รังสิต	13.9889	100.6181
วังน้อย	14.2307	100.7149
สระบุรี	14.5201	100.9149
แก่งคอย	14.5840	101.0112
มวกเหล็ก	14.6354	101.2065
ปากช่อง	14.6621	101.3932
สีคิ้ว	14.8600	101.6876
สูงเนิน	14.8801	101.8556
โคกกรวด	14.9227	101.9553
โคราช	14.9804	102.0969

ตารางที่ 3.4 โครงสร้างการจัดแบ่งพื้นที่ของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลของไฟล์เสียงทางหลวงหมายเลข 1 และ 2

ตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรม (Code)	การใช้งาน
0x00000 - 0x03FFF (16Kb)	Code Program
0x04000 - 0x07FFF (16Kb)	เสียง "รังสิต" (1.wav)
0x08000 - 0x0BFFF (16Kb)	เสียง "วังน้อย" (2.wav)
0x0C000 - 0x0FFFF (16Kb)	เสียง "สระบุรี" (3.wav)
0x10000 - 0x13FFF (16Kb)	เสียง "แก่งคอย" (4.wav)
0x14000 - 0x17FFF (16Kb)	เสียง "หมวกเหล็ก" (5.wav)
0x18000 - 0x1BFFF (16Kb)	เสียง "ปากช่อง" (6.wav)
0x1C000 - 0x1FFFF (16Kb)	เสียง "สีคิ้ว" (7.wav)
0x20000 - 0x23FFF (16Kb)	เสียง "สูงเนิน" (8.wav)
0x24000 - 0x27FFF (16Kb)	เสียง "โคกกรวด" (9.wav)
0x28000 - 0x2BFFF (16Kb)	เสียง "โคราช" (10.wav)
0x2C000 - 0x2FFFF (16Kb)	เสียง "หนึ่ง" (11.wav)

ตารางที่ 3.4 โครงสร้างการจัดแบ่งพื้นที่ของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลของไฟล์เสียงทางหลวงหมายเลข 1 และ 2 (ต่อ)

ตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรม (Code)	การใช้งาน
0x30000 - 0x33FFF (16Kb)	เสียง "สอง" (12.wav)
0x34000 - 0x37FFF (16Kb)	เสียง "สาม" (13.wav)
0x38000 - 0x3BFFF (16Kb)	เสียง "สี่" (14.wav)
0x3C000 - 0x3FFFF (16Kb)	เสียง "ห้า" (15.wav)
0x40000 - 0x43FFF (16Kb)	เสียง "หก" (16.wav)
0x60000 - 0x63FFF (16Kb)	เสียง "ร้อย" (24.wav)
0x64000 - 0x67FFF (16Kb)	เสียง "เอ็ด" (25.wav)
0x68000 - 0x6BFFF (16Kb)	เสียง "ผ่าน" (26.wav)
0x6C000 - 0x6FFFF (16Kb)	เสียง "กิโล" (27.wav)

3.6 การพัฒนาระบบใช้กับทางหลวงภายในจังหวัดนครราชสีมา

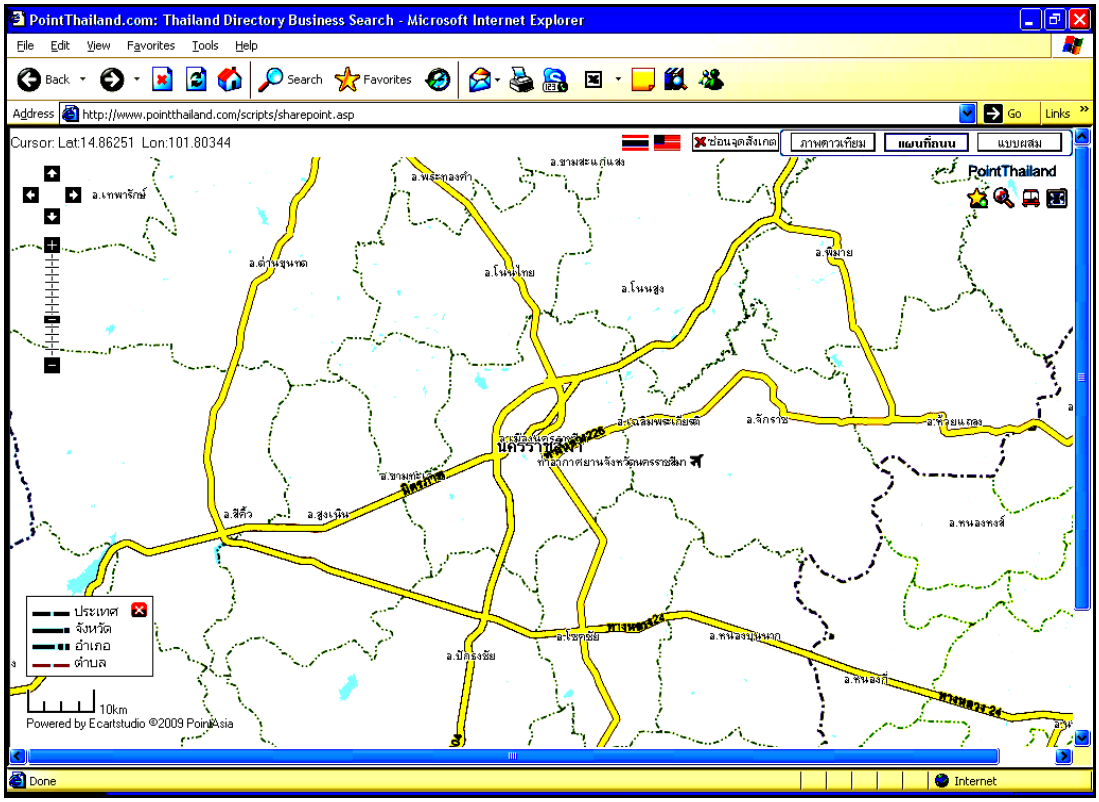
การพัฒนาระบบในส่วนนี้มีจุดประสงค์ที่พัฒนาอัลกอริทึมเพื่อใช้กับทางหลวงแผ่นดินภายในจังหวัดนครราชสีมา โดยจะใช้พิกัดตำแหน่งของที่ว่าการอำเภอเป็นจุดอ้างอิง สำหรับการรายงานผลพิกัดตำแหน่งปัจจุบันนั้น จะรายงานระยะทางจากพิกัดตำแหน่งปัจจุบันกับพิกัดตำแหน่งของที่ว่าการอำเภอที่อยู่ใกล้ที่สุดในทิศทางที่ยานพาหนะกำลังเคลื่อนที่เข้าไปหา สำหรับแนวทางการพัฒนาในส่วนนี้จะเริ่มต้นจากการกำหนดจุดพิกัดตำแหน่งอ้างอิงต่างๆและเก็บข้อมูลพิกัดตำแหน่งทางหลวงแผ่นดินภายในจังหวัดนครราชสีมา ต่อจากนั้นใช้โปรแกรม MATLAB ทำการพัฒนาอัลกอริทึมในการแปลงพิกัดของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนนและนำอัลกอริทึมไปประยุกต์ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 สำหรับระบบของฮาร์ดแวร์ในส่วนนี้ก็จะเหมือนกับรูปที่ 3.6

3.6.1 การเก็บข้อมูลพิกัดตำแหน่งอ้างอิง

ในการการกำหนดจุดพิกัดตำแหน่งอ้างอิงในจังหวัดนครราชสีมาเราจะใช้พิกัดตำแหน่งอ้างอิงจากค่าพิกัดตำแหน่งเส้นรุ้งและเส้นแวงของที่ตั้งที่ว่าการอำเภอต่าง ๆ ที่ได้จากจากแผนที่ทางหลวง (ESRI Thailand, 2552) เพื่อการเดินทางและท่องเที่ยวโดยข้อมูลจากแผนที่ทางหลวง จะให้ข้อมูลพิกัดตำแหน่งอ้างอิงเส้นรุ้งและเส้นแวงในรูปแบบ องศา ลิปดา แต่ข้อมูลนี้จะยังนำไปใช้งานไม่ได้ เนื่องจากงานวิจัยนี้จะต้องมีการคำนวณระยะทางระหว่างพิกัดตำแหน่งปัจจุบัน

กับสถานที่อ้างอิง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องแปลงข้อมูลที่ได้จาก องศา ลิปดา ให้อยู่ในรูปแบบองศาโดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.5

สำหรับในการตรวจสอบว่าพิกัดตำแหน่งปัจจุบันอยู่บนถนนหมายเลขอะไร จำเป็นจะต้องมีการเก็บข้อมูลพิกัดตำแหน่งอ้างอิงของถนนแต่ละหมายเลข ซึ่งงานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรมแผนที่ให้บริการฟรีผ่าน Website http://www.pointthailand.com/scripts/sharepoint.asp ซึ่งเมื่อเคลื่อนเมาส์ไปตามทางหลวงบนแผนที่ จะมีการแสดงพิกัดตำแหน่งของเส้นรุ้งและเส้นแวงตำแหน่งปัจจุบันทันที



รูปที่ 3.16 การใช้โปรแกรมแผนที่ผ่านอินเตอร์เน็ต

การกำหนดพิกัดตำแหน่งอ้างอิงภายในจังหวัดนครราชสีมานั้น จุดอ้างอิงตำแหน่งที่ว่าการอำเภอทั้งหมดจำนวนทั้งหมด 32 จุดไม่เพียงพอที่จะสามารถรายงานข้อมูลได้สมบูรณ์ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องกำหนดจุดพิกัดตำแหน่งอ้างอิงเพิ่มเติมเพื่อใช้สำหรับคำนวณระยะทางที่ถูกต้องดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.5 การกำหนดพิกัดตำแหน่งอ้างอิงภายในจังหวัดนครราชสีมา

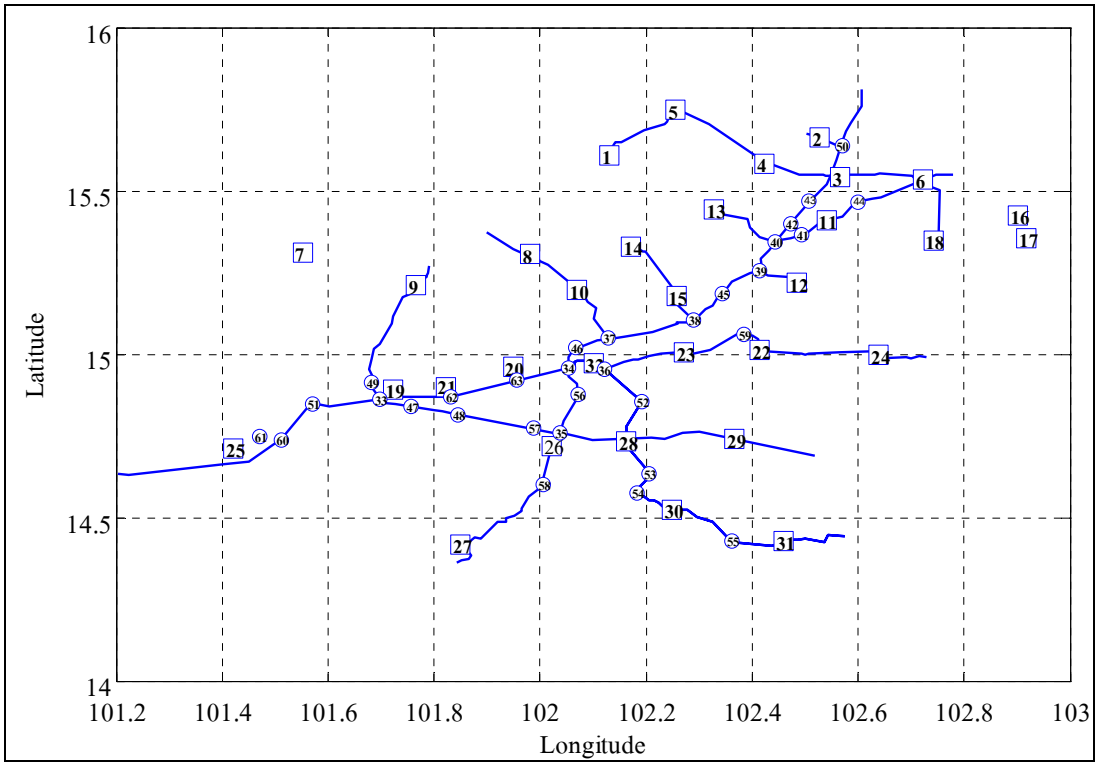
ลำดับที่	ชื่ออำเภอของจังหวัดนครราชสีมา	เส้นรุ้ง		เส้นแวง		เส้นรุ้ง	เส้นแวง
		องศา	ลิปดา	องศา	ลิปดา	องศา	องศา
1	อ.บ้านเหลื่อม	15	36.50	102	7.80	15.6083	102.1300
2	อ.บัวลาย	15	39.80	102	31.60	15.6633	102.5267
3	อ.สีดา	15	32.60	102	34.00	15.5433	102.5667
4	อ.บัวใหญ่	15	35.00	102	25.40	15.5833	102.4233
5	อ.เก้งสนามนาง	15	45.00	102	15.30	15.7500	102.2550
6	อ.ประทาย	15	32.00	102	43.40	15.5333	102.7233
7	อ.เทพารักษ์	15	18.60	101	33.10	15.3100	101.5517
8	อ.พระทองคำ	15	18.40	101	58.90	15.3067	101.9817
9	อ.ด่านขุนทด	15	12.60	101	46.00	15.2100	101.7667
10	อ.โนนไทย	15	11.90	102	4.20	15.1983	102.0700
11	อ.โนนแดง	15	24.60	102	32.40	15.4100	102.5400
12	อ.พิมาย	15	13.20	102	29.10	15.2200	102.4850
13	อ.คง	15	26.50	102	19.70	15.4417	102.3283
14	อ.ขามสะแกแสง	15	19.80	102	10.30	15.3300	102.1717
15	อ.โนนสูง	15	10.80	102	15.40	15.1800	102.2567
16	อ.เมืองยาง	15	25.40	102	54.10	15.4233	102.9017
17	อ.ลำทะเมนชัย	15	21.20	102	55.10	15.3533	102.9183
18	อ.ชุมพวง	15	20.90	102	44.50	15.3483	102.7417
19	อ.สีคิ้ว	14	53.50	101	43.40	14.8917	101.7233
20	อ.ขามทะเลสอ	14	57.60	101	56.90	14.9600	101.9483
21	อ.สูงเนิน	14	54.00	101	49.30	14.9000	101.8217
22	อ.จักราช	15	0.80	102	24.80	15.0133	102.4133
23	อ.เฉลิมพระเกียรติ	15	0.30	102	16.30	15.0050	102.2717
24	อ.ห้วยแถลง	14	59.90	102	38.30	14.9983	102.6383
25	อ.ปากช่อง	14	42.70	101	25.30	14.7117	101.4217
26	อ.ปักธงชัย	14	43.20	102	1.30	14.7200	102.0217
27	อ.วังน้ำเขียว	14	25.10	101	51.00	14.4183	101.8500

ตารางที่ 3.5 การกำหนดพิกัดตำแหน่งอ้างอิงภายในจังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่ออำเภอของจังหวัดนครราชสีมา	เส้นรุ้ง		เส้นแวง		เส้นรุ้ง	เส้นแวง
		องศา	ลิปดา	องศา	ลิปดา	องศา	องศา
28	อ.โชคชัย	14	43.90	102	9.80	14.7317	102.1633
29	อ.หนองบุญมาก	14	44.40	102	22.00	14.7400	102.3667
30	อ.ครบุรี	14	31.40	102	14.90	14.5233	102.2483
31	อ.เสิงสาง	14	25.60	102	27.60	14.4267	102.4600
32	อ.เมือง นครราชสีมา	14	58.30	102	6.00	14.9717	102.1000

ตารางที่ 3.6 จุดพิกัดตำแหน่งอ้างอิงเพิ่มเติมของจังหวัดนครราชสีมา

จุดอ้างอิง	เส้นรุ้ง	เส้นแวง	จุดอ้างอิง	เส้นรุ้ง	เส้นแวง
33	14.8622	101.6986	49	14.9144	101.6817
34	14.9592	102.0532	50	15.6392	102.5693
35	14.7581	102.0379	51	14.8481	101.5707
36	14.9547	102.1205	52	14.8547	102.1918
37	15.0502	102.1287	53	14.6359	102.2054
38	15.1053	102.2903	54	14.5762	102.1827
39	15.2541	102.4142	55	14.4271	102.3618
40	15.3440	102.4439	56	14.8779	102.0717
41	15.3652	102.4933	57	14.7751	101.9878
42	15.3983	102.4729	58	14.6028	102.0059
43	15.4680	102.5069	59	15.0602	102.3845
44	15.4646	102.5999	60	14.7387	101.5120
45	15.1862	102.3437	61	14.7492	101.4720
46	15.0204	102.0671	62	14.8700	101.8318
47	14.8414	101.7565	63	14.9226	101.9552
48	14.8149	101.8450			



รูปที่ 3.17 การกำหนดพิกัดตำแหน่งอ้างอิงภายในจังหวัดนครราชสีมา

3.6.2 การจำลองระบบหาพิกัดตำแหน่งปัจจุบันบนถนน

จากข้อมูลการกำหนดพิกัดตำแหน่งอ้างอิงภายในจังหวัดนครราชสีมาในหัวข้อที่ผ่านมายังไม่สามารถที่จะนำมาคำนวณหาพิกัดตำแหน่งปัจจุบันว่าอยู่ใกล้พิกัดตำแหน่งอ้างอิงจุดใดและพิกัดตำแหน่งปัจจุบันมีทิศทางการเคลื่อนที่ไปจุดพิกัดตำแหน่งอ้างอิงจุดใด ดังนั้นเราจึงต้องกำหนดข้อมูลเพิ่มเติมให้กับแต่ละจุดพิกัดตำแหน่งอ้างอิงแต่ละจุดว่ามีการเชื่อมต่อไปยังจุดพิกัดอ้างอิงจุดใดบ้างโดยมีรายละเอียดในตารางที่ 3.7

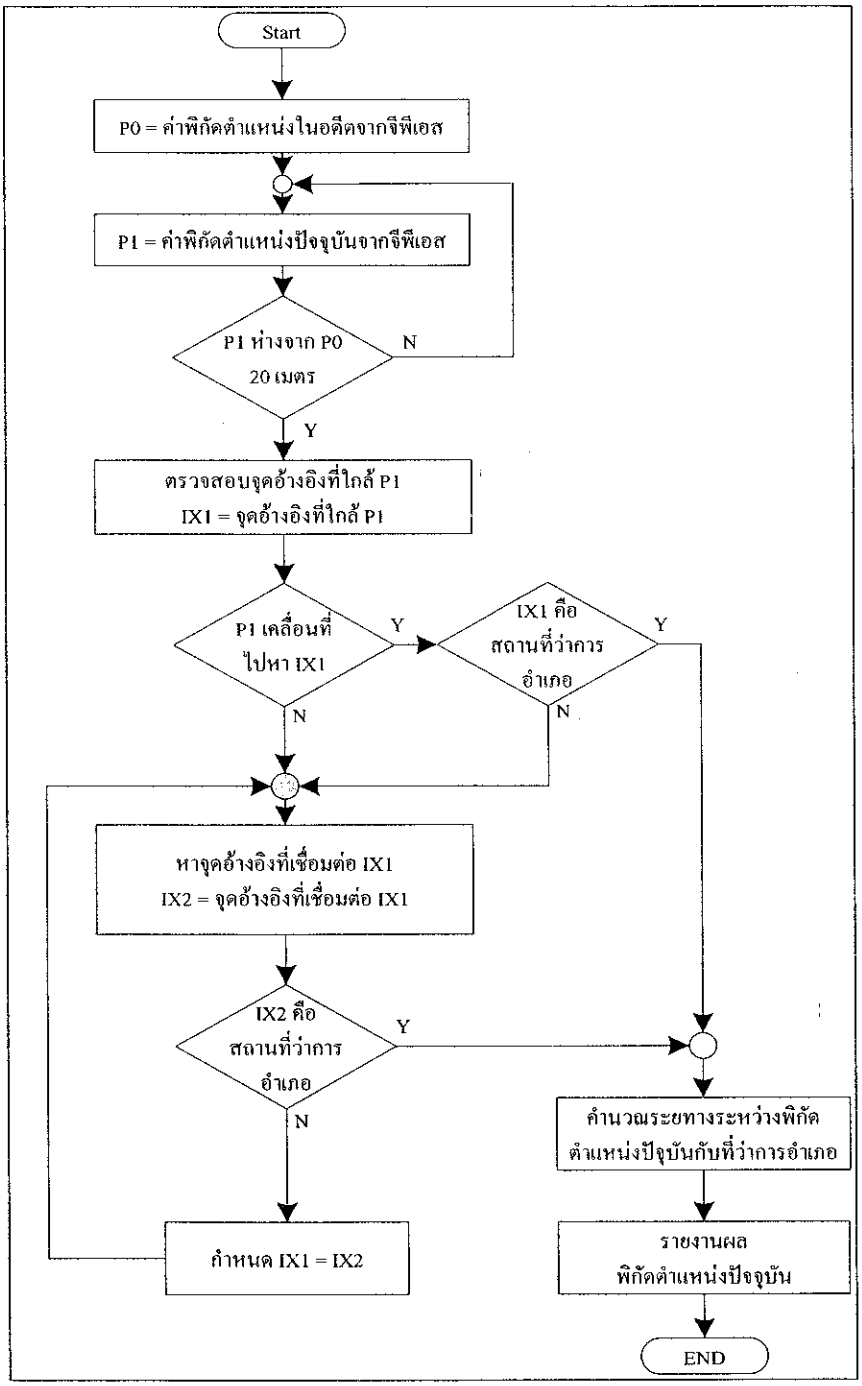
ตารางที่ 3.7 แสดงการกำหนดจุดอ้างอิงที่เชื่อมต่อกัน

จุดอ้างอิง	จุดเชื่อมต่อจุดอ้างอิง				จุดอ้างอิง	จุดเชื่อมต่อจุดอ้างอิง			
1	5	0	0	0	17	0	0	0	0
2	50	0	0	0	18	6	0	0	0
3	4	6	43	50	19	62	33	0	0
4	3	5	0	0	20	21	34	0	0

ตารางที่ 3.7 แสดงการกำหนดจุดอ้างอิงที่เชื่อมต่อกัน (ต่อ)

จุดอ้างอิง	จุดเชื่อมต่อจุดอ้างอิง				จุดอ้างอิง	จุดเชื่อมต่อจุดอ้างอิง			
5	1	4	0	0	21	19	20	0	0
6	3	18	44	0	22	59	24	0	0
7	9	0	0	0	23	59	36	0	0
8	10	0	0	0	24	22	0	0	0
9	7	49	0	0	25	61	0	0	0
10	8	37	0	0	26	58	35	0	0
11	41	44	0	0	27	58	0	0	0
12	39	0	0	0	28	29	53	35	52
13	40	0	0	0	29	28	0	0	0
14	15	0	0	0	30	54	55	0	0
15	14	38	0	0	31	30	0	0	0
16	0	0	0	0	32	34	36	37	0
33	19	51	47	49	49	9	33	0	0
34	63	32	36	46	50	2	3	0	0
35	26	28	56	57	51	60	33	0	0
36	23	52	32	0	52	28	36	0	0
37	10	38	46	32	53	28	54	0	0
38	15	37	45	0	54	30	53	0	0
39	12	40	45	0	55	30	31	0	0
40	13	39	41	42	56	34	35	0	0
41	11	40	0	0	57	35	48	0	0
42	40	43	0	0	58	26	27	0	0
43	3	42	0	0	59	22	23	0	0
44	6	11	0	0	60	51	61	0	0
45	38	39	0	0	61	25	60	0	0
46	34	37	0	0	62	19	21	63	0
47	33	48	0	0	63	20	34	62	0
48	57	47	0	0					

สำหรับขั้นตอนการหาพิกัดตำแหน่งปัจจุบันจากตารางการกำหนดจุดอ้างอิงที่เชื่อมต่อกัน สำหรับการจำลองระบบด้วยโปรแกรม MATLAB มีรายละเอียดดังต่อไปนี้คือ



รูปที่ 3.18 ขั้นตอนการหาพิกัดตำแหน่งปัจจุบันจากความสัมพันธ์ของจุดพิกัดตำแหน่งอ้างอิง

ขั้นตอนที่ 1 ดำเนินการรับค่าพิกัดตำแหน่งปัจจุบันจากจีพีเอส ต่อจากนั้นตรวจสอบหาว่าพิกัดตำแหน่งปัจจุบันใกล้จุดพิกัดตำแหน่งอ้างอิงจุดใดจากจุดอ้างอิงทั้งหมด 63 จุด

ขั้นตอนที่ 2 ตรวจสอบทิศทางการเคลื่อนที่ของพิกัดตำแหน่งปัจจุบันเคลื่อนที่ไปหาจุดพิกัดตำแหน่งอ้างอิงจุดใดโดยใช้ข้อมูลจากตารางการกำหนดจุดอ้างอิงที่เชื่อมต่อกัน ในกรณีที่จุดพิกัดตำแหน่งปัจจุบันเคลื่อนที่เข้าไปหาจุดพิกัดตำแหน่งอ้างอิงที่ 1 ถึง 32 ซึ่งเป็นที่ตั้งของที่ว่าการอำเภอก็ให้ระบบคำนวณระยะทาง และดำเนินการรายงานผลต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 ในกรณีที่จุดพิกัดตำแหน่งปัจจุบันเคลื่อนที่เข้าไปหาจุดพิกัดตำแหน่งอ้างอิงที่มีค่ามากกว่า 32 ระบบจะต้องตรวจสอบหาค่าพิกัดตำแหน่งปัจจุบันจากตารางการกำหนดจุดอ้างอิงที่เชื่อมต่อกัน จนกว่าจะพบจุดพิกัดตำแหน่งอ้างอิงที่อยู่ใกล้ที่สุด ที่มีค่าระหว่าง 1 ถึง 32 ซึ่งเป็นที่ตั้งของที่ว่าการอำเภอจากนั้นทำการคำนวณระยะทางและดำเนินการรายงานผลต่อไป

3.6.3 การพัฒนาโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7

สำหรับการพัฒนาโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 ในส่วนที่สองจะคล้ายการพัฒนาในส่วนแรก ที่การพัฒนาระบบจะใช้กับทางหลวงหมายเลข 1 และ 2 เส้นทางจากอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมาถึงอำเภอรังสิต จังหวัดปทุมธานี แต่มีสิ่งทีแตกต่างกันคืออัลกอริทึมในการแปลงพิกัดของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนนไม่เหมือนกัน ไฟล์เสียงพูดของส่วนแรกใช้ WAV สำหรับส่วนที่สองจะใช้ MP3 และขนาดของไฟล์เสียงพูดจะมีขนาดไม่เท่ากัน และพื้นที่ของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมไม่สามารถเก็บข้อมูลไฟล์เสียงพูดได้ทั้งหมด ดังนั้นจึงได้แบ่งพื้นที่ของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม โดยแสดงในตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 โครงสร้างการจัดแบ่งพื้นที่ของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลของไฟล์เสียง

ตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรม (Code)	การใช้งาน
0x00000-0x03FFF (16Kb)	Code Program
0x04000-0x07BFF (15Kb)	เสียง"พระทองคำ" (0_08.mp3)
0x07C00-0x0ABFF (12Kb)	เสียง"ด่านขุนทด" (0_09.mp3)
0x0AC00-0x0E7FF (15Kb)	เสียง"โนนไทย" (0_10.mp3)
0x0E800-0x123FF (15Kb)	เสียง"โนนแดง" (0_11.mp3)
0x12400-0x157FF (13Kb)	เสียง"พิมาย" (0_12.mp3)

ตารางที่ 3.8 โครงสร้างการจัดแบ่งพื้นที่ของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลของไฟล์เสียง (ต่อ)

ตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรม (Code)		การใช้งาน
0x15800-0x1A7FF	(20Kb)	เสียง"ขามสะแกแสง" (0_14.mp3)
0x1A800-0x1DFFF	(14Kb)	เสียง"โนนสูง" (0_15.mp3)
0x1E000-0x213FF	(13Kb)	เสียง"สีคิ้ว" (0_19.mp3)
0x21400-0x25BFF	(18Kb)	เสียง"ขามทะเลสอ" (0_20.mp3)
0x25C00-0x297FF	(15Kb)	เสียง"สูงเนิน" (0_21.mp3)
0x29800-0x2BFFF	(10Kb)	เสียง"จักราช" (0_22.mp3)
0x2C000-0x2FBFF	(15Kb)	เสียง"เฉลิมพระเกียรติ" (0_23.mp3)
0x2FC00-0x333FF	(14Kb)	เสียง"ห้วยแถลง" (0_24.mp3)
0x33400-0x363FF	(12Kb)	เสียง"ปากช่อง" (0_25.mp3)
0x36400-0x39BFF	(14Kb)	เสียง"ปักธงชัย" (0_26.mp3)
0x39C00-0x3E3FF	(18Kb)	เสียง"วังน้ำเขียว" (0_27.mp3)
0x3E400-0x41FFF	(15Kb)	เสียง"โชคชัย" (0_28.mp3)
0x42000-0x463FF	(17Kb)	เสียง"หนองบุญมาก" (0_29.mp3)
0x46400-0x49FFF	(15Kb)	เสียง"ครบุรี" (0_30.mp3)
0x4A000-0x4DFFF	(16Kb)	เสียง"เสิงสาง" (0_31.mp3)
0x4E000-0x533FF	(21Kb)	เสียง"นครราชสีมา" (0_32.mp3)
0x53400-0x55FFF	(11Kb)	เสียง"ศูนย์" (1_00.mp3)
0x56000-0x587FF	(10Kb)	เสียง"หนึ่ง" (1_01.mp3)
0x58800-0x5B3FF	(11Kb)	เสียง"สอง" (1_02.mp3)
0x5B400-0x5DFFF	(11Kb)	เสียง"สาม" (1_03.mp3)
0x5E000-0x607FF	(10Kb)	เสียง"สี่" (1_04.mp3)
0x60800-0x627FF	(8Kb)	เสียง"ห้า" (1_05.mp3)
0x62800-0x637FF	(4Kb)	เสียง"หก" (1_06.mp3)
0x63800-0x647FF	(4Kb)	เสียง"เจ็ด" (1_07.mp3)
0x64800-0x663FF	(7Kb)	เสียง"แปด" (1_08.mp3)
0x66400-0x687FF	(9Kb)	เสียง"เก้า" (1_09.mp3)
0x68800-0x697FF	(4Kb)	เสียง"สิบ" (2_00.mp3)

ตารางที่ 3.8 โครงสร้างการจัดแบ่งพื้นที่ของหน่วยความจำเก็บโปรแกรมและข้อมูลของไฟล์เสียง (ต่อ)

ตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรม (Code)		การใช้งาน	
0x69800-0x6BBFF	(9Kb)	เสียง"ร้อย"	(2_01.mp3)
0x6BC00-0x6DFFF	(9Kb)	เสียง"ยี่สิบ"	(2_02.mp3)
0x6E000-0x6EFFF	(4Kb)	เสียง"เอ็ด"	(2_03.mp3)
0x6F000-0x71BFF	(11Kb)	เสียง"กิโล"	(2_04.mp3)
0x71C00-0x73BFF	(8Kb)	เสียง"เมตร"	(2_05.mp3)
0x73C00-0x747FF	(3Kb)	เสียง"จุด"	(2_06.mp3)

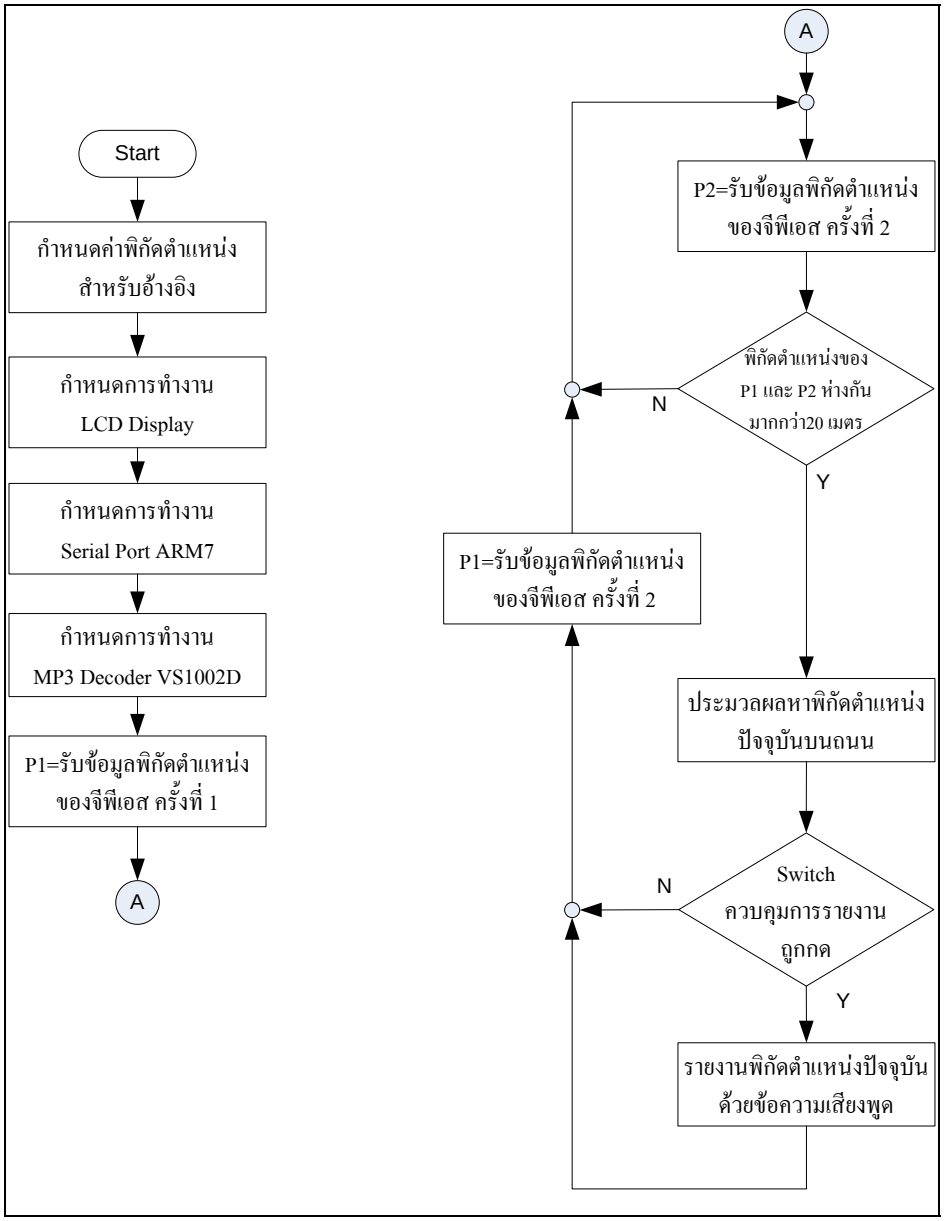
จากการแบ่งพื้นที่ของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลของไฟล์เสียง สามารถแปลงไฟล์เสียงให้เป็น HEX File โดย Batch File มีรายละเอียดดังนี้

```
ECHO OFF
ECHO Generating VOICE.HEX with Wave Files...
DEL VOICE.HEX
BIN2HEX    /L15360/O16384      /4    /T /Q  0_08.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L12288/O31744      /4 /A /T /Q  0_09.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L15360/O44032      /4 /A /T /Q  0_10.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L15360/O59392      /4 /A /T /Q  0_11.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L13312/O74752      /4 /A /T /Q  0_12.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L20480/O88064      /4 /A /T /Q  0_14.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L14336/O108544     /4 /A /T /Q  0_15.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L13312/O122880     /4 /A /T /Q  0_19.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L18432/O136192     /4 /A /T /Q  0_20.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L15360/O154624     /4 /A /T /Q  0_21.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L10240/O169984     /4 /A /T /Q  0_22.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L15360/O180224     /4 /A /T /Q  0_23.mp3 VOICE.HEX
```

รูปที่ 3.19 Batch File สำหรับสั่งแปลงไฟล์ MP3 ให้เป็น HEX File

```
BIN2HEX    /L14336/O195584    /4 /A /T /Q  0_24.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L12288/O209920    /4 /A /T /Q  0_25.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L14336/O222208    /4 /A /T /Q  0_26.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L18432/O236544    /4 /A /T /Q  0_27.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L15360/O254976    /4 /A /T /Q  0_28.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L17408/O270336    /4 /A /T /Q  0_29.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L15360/O287744    /4 /A /T /Q  0_30.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L16384/O303104    /4 /A /T /Q  0_31.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L21504/O319488    /4 /A /T /Q  0_32.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L11264/O340992    /4 /A /T /Q  1_00.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L10240/O352256    /4 /A /T /Q  1_01.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L11264/O362496    /4 /A /T /Q  1_02.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L11264/O373760    /4 /A /T /Q  1_03.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L10240/O385024    /4 /A /T /Q  1_04.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L8192  /O395264   /4 /A /T /Q  1_05.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L4096  /O403456   /4 /A /T /Q  1_06.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L4096  /O407552   /4 /A /T /Q  1_07.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L7168  /O411648   /4 /A /T /Q  1_08.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L9216  /O418816   /4 /A /T /Q  1_09.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L4096  /O428032   /4 /A /T /Q  2_00.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L9216  /O432128   /4 /A /T/Q  2_01.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L9216  /O441344   /4 /A /T/Q  2_02.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L4096  /O450560   /4 /A /T/Q  2_03.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L11264/O454656    /4 /A /T/Q  2_04.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L8192  /O465920   /4 /A /T/Q  2_05.mp3 VOICE.HEX
BIN2HEX    /L3072  /O474112   /4 /A     /Q  2_06.mp3 VOICE.HEX
```

รูปที่ 3.19 Batch File สำหรับสั่งแปลงไฟล์ MP3 ให้เป็น HEX File (ต่อ)



รูปที่ 3.20 ขั้นตอนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7

สำหรับการพัฒนาโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ได้กำหนดให้มีกระบวนการทำงานโดยมีขั้นตอนโดยสรุปดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำ Hex File ชื่อ VOICE.HEX จากการแปลของ Batch File ไปจัดเก็บไว้ในหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดค่าพิกัดตำแหน่งอ้างอิงโดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 3.5 และจากตารางที่ 3.6

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดการทำงานของการแสดงผลด้วยชุด LCD Display ในโหมด 4 บิต

ขั้นตอนที่ 4 กำหนดการทำงานของ Serial Port UART0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 ในโหมดอินเตอร์รัปต์ สำหรับรับค่าข้อมูลจากจีพีเอส

ขั้นตอนที่ 5 การประมวลผลหาพิกัดตำแหน่งปัจจุบันจะนำอัลกอริทึมที่ได้จากการจำลองระบบมาประยุกต์ใช้

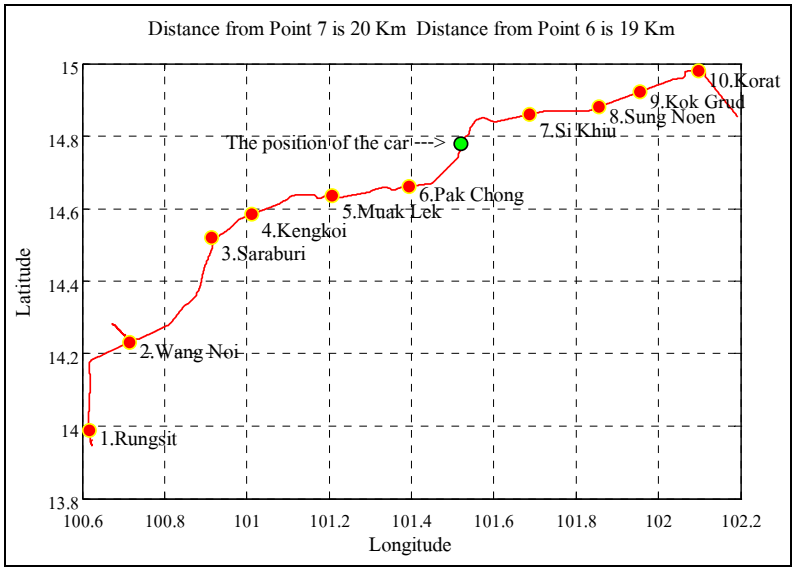
ขั้นตอนที่ 6 การรายงานผลจะทำการคำนวณระยะทางจากพิกัดตำแหน่งอ้างอิงถึงพิกัดตำแหน่งปัจจุบัน ต่อจากนั้นก็นำข้อมูลของเสียงที่เก็บไว้ในหน่วยความจำของไมโครคอนโทรเลอร์ ARM7 ส่งให้ชุดสร้างสัญญาณข้อความเสียงพูดเพื่อรายงานพิกัดตำแหน่งต่อไป

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการแปลงพิกัดของของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนน โดยจะรายงานระยะทางระหว่างพิกัดตำแหน่งปัจจุบันบนถนนกับพิกัดตำแหน่งอ้างอิงที่กำหนดด้วยข้อความเสียงพูดภาษาไทย โดยแบ่งผลการทดลองออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนแรกจะเป็นการรายงานพิกัดตำแหน่งจากการจำลองระบบและการทดสอบการใช้งานจริงของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 (พหลโยธิน) และหมายเลข 2 (มิตรภาพ) ส่วนที่สองจะเป็นการรายงานพิกัดตำแหน่งจากการจำลองระบบและการทดสอบการใช้งานจริงของทางหลวงในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา

4.2 ผลการจำลองระบบเมื่อใช้งานกับทางหลวงหมายเลข 1 และ หมายเลข 2



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างพิกัดตำแหน่งยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านจุดที่ 7 ไป 6

การจำลองระบบด้วยโปรแกรม MATLAB มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับการแปลงพิกัดของของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนน โดยการหาพิกัดตำแหน่งอ้างอิงที่อยู่ใกล้พิกัด

ตำแหน่งปัจจุบันมากที่สุดสองจุด ซึ่งนำหลักการระเบียบวิธีแบ่งครึ่งช่วง (Bisection Method) มาประยุกต์ใช้ ต่อจากนั้นทำการคำนวณระยะทางจากพิกัดตำแหน่งปัจจุบันกับพิกัดตำแหน่งอ้างอิงทั้งสองจุด โดยใช้ข้อมูลพิกัดตำแหน่งอ้างอิงที่กำหนดไว้บนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 และหมายเลข 2 จากอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมาถึงอำเภอรังสิต จังหวัดปทุมธานี ดังแสดงในรูปที่ 4.1 สำหรับผลการแปลงพิกัดของของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนนจะแสดงในตารางที่ 4.1 โดยอินพุตคือค่าพิกัดตำแหน่งของเส้นรุ้งและเส้นแวงที่ได้จากจีพีเอส ส่วนเอาต์พุตคือจุดอ้างอิงที่ 1 และจุดอ้างอิงที่ 2

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างผลการแปลงพิกัดของของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนนทางหลวงหมายเลข 1 และ 2

พิกัดตำแหน่งของจีพีเอส		ผลการแปลง		ระยะทาง (km)	
เส้นรุ้ง	เส้นแวง	จุดอ้างอิง 1	จุดอ้างอิง 2	จุดอ้างอิง 1	จุดอ้างอิง 2
14.9561	102.0175	9	10	7.8	9.2
14.937	101.9834	9	10	3.5	13.5
14.8972	101.8947	8	9	4.7	7.3
14.8707	101.7557	7	8	7.7	11.2
14.8508	101.5864	6	7	30.0	11.3
14.6961	101.4756	6	7	9.9	29.8
14.6541	101.3406	5	6	15.0	5.9
14.632	101.2297	5	6	2.6	18.5
14.6365	101.135	4	5	14.9	7.9
14.5436	100.9537	3	4	5.0	7.8
14.4287	100.8932	2	3	29.6	10.4
14.2895	100.8086	2	3	12.3	28.2
14.2077	100.6715	1	2	25.0	5.5
14.042	100.6171	1	2	5.9	23.6

4.3 ผลการรายงานพิกัดตำแหน่งเมื่อใช้งานจริงบนทางหลวงหมาย 1 และ 2

4.3.1 การคำนวณหาพิกัดตำแหน่งปัจจุบัน

ผลการแปลงพิกัดตำแหน่งจากจีพีเอสให้ไปเป็นพิกัดบนแผนที่บนถนนสามารถนำวิธีการ ระเบียบวิธีแบ่งครึ่งช่วง มาประยุกต์ใช้ได้ และการคำนวณระยะทางบนถนนระหว่างพิกัดตำแหน่งปัจจุบันกับพิกัดตำแหน่งอ้างอิง จากอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมาถึงอำเภอรังสิต จังหวัดปทุมธานีโดยใช้ทางหลวงทางหมายเลข 1 และหมายเลข 2 มีตัวอย่างผลการทดสอบดังรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 และจากรูปที่ 4.2 สามารถหาค่า RMS Error จากสมการ

$$RMS_error = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} e_i^2} \tag{4.1}$$

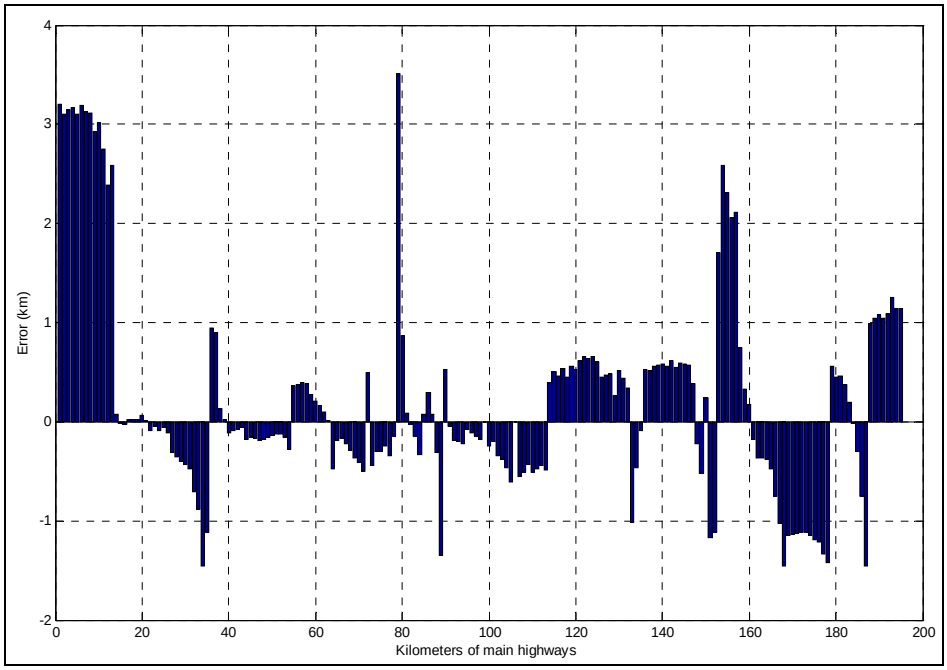
$$= 1.04881 \text{ km.}$$

โดยที่ e คือ ค่าความคลาดเคลื่อนจากทดสอบการทำงาน

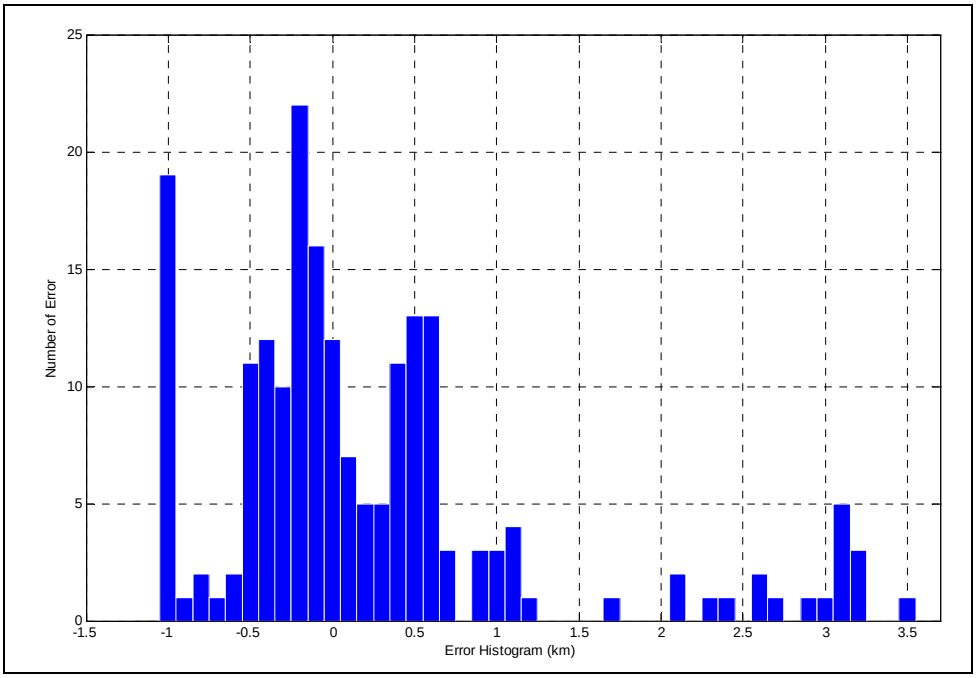
n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

4.3.2 การรายงานด้วยเสียงพูด

การทำงานของโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 กับ MP3 AUDIOCODEC ของ VLSI เบอร์ VS1002d สามารถรายงานข้อความเสียงพูดได้ถูกต้อง โดยมีตัวอย่างดังรูปที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.2 และจากรูปที่ 4.1 เมื่อพิกัดตำแหน่งปัจจุบันอยู่ตำแหน่งเส้นรุ้งที่ 14.77 N และเส้นแวงที่ 101.51 E ระหว่างจุดที่ 6 (อำเภอปากช่อง) กับจุดที่ 7 (อำเภอสีคิ้ว) ยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านจุดที่ 7 มุ่งหน้าไปยังจุดที่ 6 และกดปุ่ม (SW_0) ให้รายงานพิกัดตำแหน่งปัจจุบัน ระบบจะรายงานพิกัดตำแหน่งด้วยเสียงพูดข้อความว่า “ผ่านสีคิ้วยี่สิบกิโลเมตรไปปากช่องสิบเก้ากิโลเมตร” เป็นต้น



รูปที่ 4.2 ค่าความคลาดเคลื่อนจากทดสอบการทำงานจากอำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมาถึงอำเภอรังสิตจังหวัดปทุมธานี



รูปที่ 4.3 Error Histogram ทางหลวงหมายเลข 1 และ 2

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างคำพูดที่รายงานพิกัดตำแหน่งปัจจุบัน

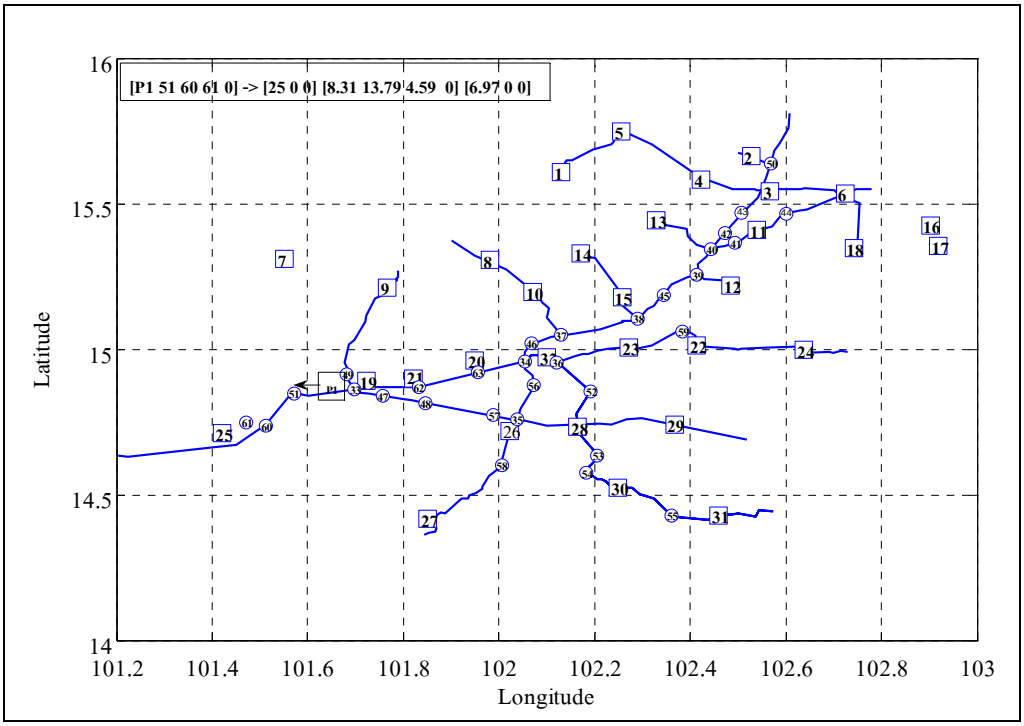
พิกัดตำแหน่งปัจจุบัน		ข้อความคำพูดที่รายงานพิกัดตำแหน่งปัจจุบัน (ยานพาหนะเคลื่อนที่จากจังหวัดปทุมธานีไปจังหวัดนครราชสีมา)					
เส้นรุ้ง	เส้นแวง						
14.9561	102.0175	ผ่าน	โคกกรวด	7.8 Km	ไป	โคราช	9.2 Km
14.8707	101.7557	ผ่าน	สีคิ้ว	7.7 Km	ไป	สูงเนิน	12.2 Km
14.6961	101.4756	ผ่าน	ปากช่อง	9.9 Km	ไป	สีคิ้ว	29.8 Km
14.632	101.2297	ผ่าน	มวกเหล็ก	2.6 Km	ไป	ปากช่อง	18.5 Km
14.6365	101.135	ผ่าน	แก่งคอย	14.9 Km	ไป	มวกเหล็ก	7.9 Km
14.5436	100.9537	ผ่าน	สระบุรี	5.0 Km	ไป	แก่งคอย	7.8 Km
14.4287	100.8932	ผ่าน	วังน้อย	29.6 Km	ไป	สระบุรี	10.4 Km
14.2895	100.8086	ผ่าน	วังน้อย	12.3 Km	ไป	สระบุรี	28.2Km

ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างผลการแปลงพิกัดตำแหน่งจากจีพีเอสเป็นพิกัดบนแผนที่บนถนน

พิกัดตำแหน่งปัจจุบัน		จุดอ้างอิงที่ยานพาหนะกำลังคลื่อนที่เข้าไปหา	จุดอ้างอิงที่ว่าการอำเภอ	ระยะทางจากพิกัดตำแหน่งปัจจุบันถึงที่ว่าการอำเภอ
เส้นรุ้ง	เส้นแวง			
14.8481	101.6364	51 60 61	25	32.66 Km
14.8945	101.879	63	20	13.26 Km
14.9409	101.9969	34	32	11.97 Km
15.1431	102.3188	45 39	12	25.14 Km
14.9144	102.0649	56 35	26 28	22.56 Km, 32.19 Km
14.8945	102.1691	52	28	19.12 Km
15.0105	102.321	59	22	15.07 Km
15.3022	102.4208	40	13	22.12 Km
15.4878	102.6429	44	11	14.44 Km
14.5497	102.2077	54 53	28	22.77 Km

4.4 ผลการจำลองระบบที่ใช้กับทางหลวงของจังหวัดนครราชสีมา

ในการจำลองระบบด้วยโปรแกรม MATLAB จะเป็นการพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อจะหาพิกัดตำแหน่งอ้างอิงที่ว่าการอำเภอที่อยู่ใกล้พิกัดตำแหน่งปัจจุบันมากที่สุดซึ่งยานพาหนะกำลังเคลื่อนที่เข้าไปใกล้ โดยนำความสัมพันธ์ของแต่ละจุดพิกัดตำแหน่งอ้างอิงมาประยุกต์ใช้ ต่อจากนั้นก็ทำการคำนวณระยะทางจากพิกัดตำแหน่งปัจจุบันกับพิกัดตำแหน่งอ้างอิงซึ่งเป็นที่ตั้งของที่ว่าการอำเภอโดยใช้ข้อมูลพิกัดตำแหน่งของทางหลวงแผ่นดินของจังหวัดนครราชสีมาโดยมีตัวอย่างผลการทดสอบดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ผลการหาพิกัดตำแหน่งอ้างอิงที่ว่าการอำเภอที่อยู่ใกล้พิกัดตำแหน่งปัจจุบันและยานพาหนะเคลื่อนที่เข้าไปใกล้

4.5 ผลการทดสอบเส้นทางจริงบนทางหลวงของจังหวัดนครราชสีมา

4.5.1 การคำนวณหาพิกัดตำแหน่งปัจจุบัน

ผลการแปลงพิกัดตำแหน่งจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสให้ไปเป็นพิกัดบนแผนที่จากการจำลองระบบด้วยโปรแกรม MATLAB แล้วสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 ได้ และการคำนวณระยะทางบนถนนระหว่างพิกัดตำแหน่งปัจจุบัน

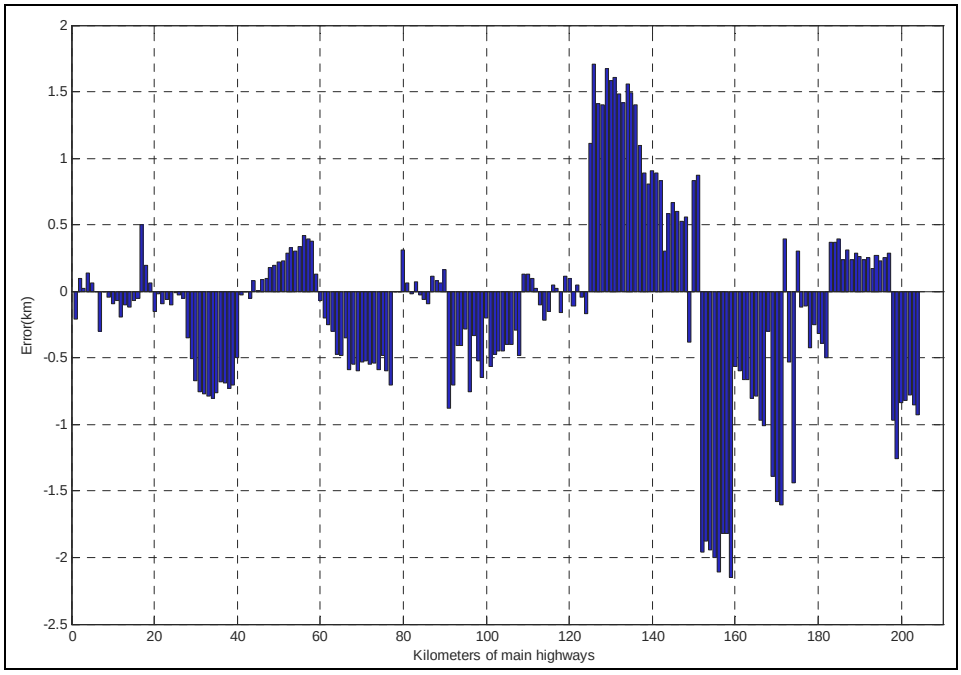
กับพิกัดตำแหน่งอ้างอิงซึ่งเป็นที่ว่าการอำเภอของจังหวัดนครราชสีมา มีผลการทดสอบดังรูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 จากรูปที่ 4.5 สามารถหาค่า RMS Error จากสมการ

$$RMS_error = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} e_i^2} \tag{4.2}$$

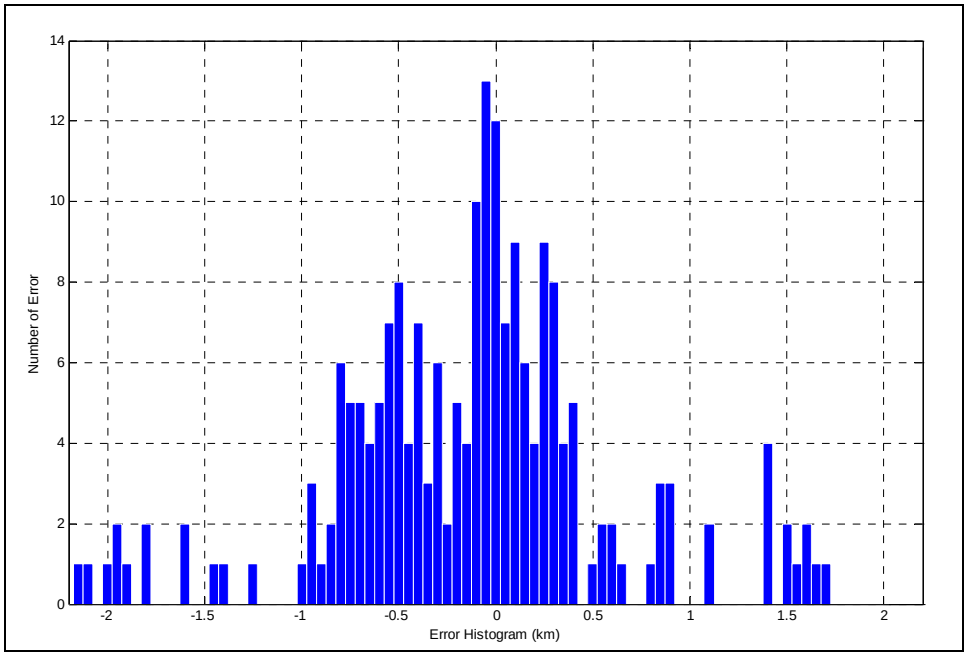
$$= 0.71974 \text{ km.}$$

โดยที่ e คือ ค่าความคลาดเคลื่อนจากทดสอบการทำงาน

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด



รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบการทำงานบนทางหลวงจากอำเภอเมืองนครราชสีมาไป อ.ขามทะเลสอ อ.สูงเนิน อ.สีคิ้ว อ.ปากช่อง อ.ด่านขุนทด อ.โชคชัย อ.ปักธงชัย และ อ.หนองบุญมาก



รูปที่ 4.6 Error Histogram ของจังหวัดนครราชสีมา

4.5.2 การรายงานด้วยเสียงพูด

การทำงานของโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 กับ MP3 AUDIO CODEC ของ VLSI เบอร์ VS1002d สามารถรายงานข้อความเสียงพูดได้ถูกต้อง โดยมีตัวอย่างดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.4 ตัวอย่างการรายงานพิกัดตำแหน่งด้วยเสียงพูดจากข้อมูลตารางที่ 4.3

พิกัดตำแหน่งปัจจุบัน		ข้อความคำพูดที่รายงานพิกัดตำแหน่งปัจจุบัน
เส้นรุ้ง	เส้นแวง	
14.8481	101.6364	ไป ปากช่อง 32.6 Km
14.8945	101.879	ไป ขามทะเลสอ 13.2 Km
14.9409	101.9969	ไป นครราชสีมา 11.9 Km
15.1431	102.3188	ไป พิมาย 25.1 Km
14.9144	102.0649	ไป ปักธงชัย 22.5 Km,ไป โชคชัย 32.1 Km
14.8945	102.1691	ไป โชคชัย 19.1 Km
15.0105	102.321	ไป จักราช 15.0 Km

4.6 สรุป

การแปลงพิกัดของของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนนสำหรับทางหลวงหนึ่งเส้นทางสามารถนำหลักการระเบียบวิธีแบ่งครึ่งช่วงมาประยุกต์ใช้ได้ แต่ในกรณีต้องการแปลงพิกัดของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนนสำหรับทางหลวงหลายเส้นทางที่เชื่อมต่อกันจะต้องนำหลักการกำหนดจุดอ้างอิงที่เชื่อมถึงกันของเส้นทางมาใช้ จึงจะสามารถแปลงพิกัดของของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนนได้ถูกต้อง สำหรับการรายงานพิกัดตำแหน่งด้วยเสียงพูดโดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 กับ MP3 AUDIO CODEC ของ VLSI เบอร์ VS1002d จากผลการทดสอบสามารถรายงานได้ถูกต้อง ส่วนการเปรียบเทียบค่า RMS Error โดยการนำระเบียบวิธีแบ่งครึ่งช่วงมาประยุกต์ใช้ในการแปลงพิกัดของของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนนจะมีค่า RMS Error มากกว่า วิธีการกำหนดจุดอ้างอิงที่เชื่อมถึงกันของเส้นทางมาใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปเนื้อหาของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอวิธีการแปลงพิกัดตำแหน่งที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส ที่รายงานพิกัดเส้นรุ้ง (Latitude) และเส้นแวง (Longitude) ให้ไปเป็นพิกัดแผนที่บนถนน (Landmark) เช่น ที่ตั้งอำเภอ ที่ตั้งจังหวัด และนำข้อมูลพิกัดตำแหน่งที่ได้ไปรายงานในรูปแบบข้อความเสียงพูดภาษาไทย โดยการทำงานของระบบจะประกอบไปด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 และ MP3 AUDIO CODEC โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 จะรับข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส และทำหน้าที่ประมวลผลเพื่อหาพิกัดตำแหน่งปัจจุบัน คำนวณหาระยะทางบนพื้นโลกระหว่างตำแหน่งปัจจุบันกับตำแหน่งอ้างอิง หลังจากนั้นก็นำข้อมูลเสียงในหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 ไปรายงานพิกัดตำแหน่งในรูปแบบข้อความเสียงพูดภาษาไทย โดยใช้ MP3 AUDIO CODEC ทำหน้าที่ MP3 Decoder

สำหรับการวิจัยเริ่มต้นจากการศึกษาเนื้อหาและความสำคัญของปัญหา ตั้งวัตถุประสงค์ของการวิจัย ข้อตกลงเบื้องต้น ขอบเขตของการวิจัย และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย จากนั้นทำการศึกษาการทำงานของระบบดาวเทียมจีพีเอส ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 เบอร์ LPC2148 และ MP3 AUDIO CODEC ของ VLSI เบอร์ VS1002d ทำการศึกษาอัลกอริทึมที่นำมาใช้แปลงพิกัดตำแหน่งของจีพีเอสไปเป็นพิกัดแผนที่บนถนน

โดยงานวิจัยนี้ได้แบ่งงานออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งพัฒนาอัลกอริทึมใช้กับทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 (พหลโยธิน) และหมายเลข 2 (มิตรภาพ) เส้นทางจากอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมาถึงอำเภอรังสิต จังหวัดปทุมธานี ส่วนที่สองพัฒนาอัลกอริทึมใช้กับทางหลวงแผ่นดินภายในจังหวัดนครราชสีมา สำหรับการพัฒนาในส่วนที่หนึ่ง เนื่องเป็นการแปลงพิกัดของของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนนเพื่อใช้กับทางหลวงเพียงเส้นทางเดียว จึงสามารถนำหลักการระเบียบวิธีแบ่งครึ่งช่วงมาประยุกต์ใช้ได้ โดยผลจากการทดสอบการทำงานจริงมีค่า RMS Error เท่ากับ 1.04881 กิโลเมตร สำหรับการพัฒนาในส่วนที่สองมีความต้องการแปลงพิกัดของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนนสำหรับทางหลวงหลายเส้นทางที่เชื่อมต่อกันโดยนำหลักการกำหนดจุดอ้างอิงที่เชื่อมถึงกันของเส้นทางมาใช้ จึงสามารถแปลงพิกัดของของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนนได้

ถูกต้อง โดยผลจากการทดสอบการทำงานจริงมีค่า RMS Error เท่ากับ 0.71974 กิโลเมตร สำหรับการรายงานพิกัดตำแหน่งด้วยเสียงพูดสามารถนำไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 กับ MP3 AUDIO CODEC ของ VLSI เบอร์ VS1002d มาใช้งานได้ ซึ่งจากการทดสอบการทำงานจริงสามารถรายงานได้ถูกต้อง

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาระบบใช้กับทางหลวงหมายเลข 1 (พหลโยธิน) และหมายเลข 2 (มิตรภาพ) จากอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมาถึงอำเภอรังสิต จังหวัดปทุมธานี โดยมีการกำหนดจุดพิกัดตำแหน่งที่สำคัญจำนวน 10 จุด เช่น ที่ว่าการอำเภอ ศาลากลางจังหวัด ที่อยู่บนเส้นทางเพื่อเป็นพิกัดตำแหน่งอ้างอิงในการรายงานพิกัดตำแหน่งปัจจุบัน ผลการทดสอบจะมีค่า Error มากในบางช่วง เนื่องจากการคำนวณระยะทางใช้ทฤษฎี Pythagoras และจุดพิกัดตำแหน่งอ้างอิงที่กำหนดไม่อยู่บนทางหลวงดังนั้นเพื่อให้ค่า Error ลดลงจะต้องกำหนดจุดพิกัดตำแหน่งอ้างอิงให้มากขึ้น

สำหรับการพัฒนาระบบใช้กับทางหลวงภายในจังหวัดนครราชสีมา การนำข้อมูลไฟล์เสียงไปเก็บที่หน่วยความจำโปรแกรม (Code Program) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7 ไม่สามารถนำไปเก็บได้ทั้งหมด เพื่อให้จัดเก็บข้อมูลไฟล์เสียงได้ทั้งหมดจะต้องเพิ่มหน่วยความจำภายนอกให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7

5.3 แนวทางการพัฒนาในอนาคต

จากผลการทดสอบการแปลงพิกัดของของจีพีเอสให้เป็นพิกัดแผนที่บนถนน และรายงานพิกัดตำแหน่งด้วยสียงพูด ระบบสามารถรายงานพิกัดตำแหน่งปัจจุบันด้วยเสียงพูดได้ ซึ่งทำให้ผู้ฟังทราบพิกัดตำแหน่งปัจจุบันของตนเองได้ทันที ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาใช้กับระบบรายงานพิกัดตำแหน่งปัจจุบันถนนด้วยเสียงพูดสำหรับรถโดยสารประจำทาง หรือระบบรายงานพิกัดตำแหน่งปัจจุบันสำหรับผู้พิการทางสายตา

รายการอ้างอิง

นคร ภักดีชาติ, อรรถพล บุญยะโภคาม, โอภาส ศิริครรชิตถาวร และชัยวัฒน์ ลิ้มพรวิไล (ม.ป.ป.). **คู่มือทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิตตระกูล ARM7 เบื้องต้น ฉบับ LPC2148**. กรุงเทพ ฯ : อินโนเวตีฟเอ็กเพอริเมนต์.

พิเชษฐ์ กันทวัง, อำนวย ฉิมอินทร์, ศักดา คงแสนสุข และธัญญวีร์ กันทะนง, (2548). **ระบบนำร่องและติดตามด้วยดาวเทียมจีพีเอสในยานพาหนะ**. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

อภิชาติ คงแป้น. (2548). **การพัฒนาระบบระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติโดยใช้ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีดีเอมเอและเทคโนโลยีเอจีพีเอส**. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บริษัท ESRI (Thailand) จำกัด (2552). **แผนที่ทางหลวง ESRI (Thailand) เพื่อการเดินทางและท่องเที่ยว**. กรุงเทพ ฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

อภิศิลป์ ตรุงกานนท์ (2551). **มหัศจรรย์แผนที่ออนไลน์บนฝ่ามือฉบับ Google Map บน Pocket PC**. กรุงเทพ ฯ : แบร์ พับลิชชิ่ง.

พนิต ทนันชัย (2547). **การเข้ารหัสลับแบบเลือกได้สำหรับข้อมูลเสียงที่บีบอัด**. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

บริษัทอีทีที จำกัด. **คู่มือการใช้งาน ET-MINI MP3** [On line] จาก : www.ett.co.th/product /InterfaceBoard/P-ET-A-00299/DOWNLOAD/MAN_MINI-MP3.pdf.

Praveen, S. (2006). **MP3 DECODER in Theory and Practice**. Department of Signal Processing and Telecommunications Blekinge Institute of Technology, Ronneby Sweden.

Helal, A., Moore, S. E., and Ramachandran B. (2001). **Drishti : an integrated navigation systems for visually impaired and disabled**. Proc. Fifth International Symposium on 8-9 Oct. 2001, pp. 149-156.

Andy, M., Michel, M., and Markku S., (2000). **Phros : Coupling GSM & GPS-TALK technologies** to provider orentaion, navigation and location-besed services for the blind. Proc. 2000 IEEE EMBS International Conference on 9-10 Nov. 2000, pp.38-43.

He, J. and Jiang, E., (2001). **Real-Time Vessel Tracking System Used for the Yangse Tree Gores Materials Transportation**. Proc. CIE International Conference on 15-18 Oct. 2001, pp.175-179.

Pop, E. and Botu, A., (2006). **Programmable GPS Receiver for Automatic Vehicle Location**. Proc. IEEE International Conference on Volume 1, 25-28 May 2006, pp.387-390.

Ed, W., (2007) **Aviation Formulary V 1.44** [On-line]. : http://williams.net/avform.html#Intro

VLSI Solution Oct. (2005). **VS1002d-MP3 AUDIO CODEC**. [On-line]. จาก : http://www. vlsi.fi/datasheets/vs1002.pdf

HOLUX Technology Inc. (2002). **GM-82 GPS Engine Board User's Guide**. [On-line] : จาก http : //www.holux.com.tw

ภาคผนวก ก

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

อำนวย ทีจันทึก และ รังสรรค์ ทองทา. (2551). **ระบบรายงานพิกัดตำแหน่งบนถนนด้วยเสียงพูดโดยใช้จีพีเอส.** งานประชุมทางวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 31, 29-31 ตุลาคม 2551, จ.นครนายก

Tongta, R. and Teejanthuk, A. (2008). **AUDIO-GUIDING SYSTEMS USING GPS**. International Symposium on GPS/GNSS 2008, November 11-14, 2008 in TOKYO JAPAN.

ประวัติผู้เขียน

นายอำนวย ทีจันทึก เกิดเมื่อวันที่ 9 มีนาคม พ.ศ. 2514 ที่อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา ปัจจุบันอาศัยอยู่บ้านเลขที่ 52/201 หมู่ที่ 6 ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับอนุปริญญา เมื่อปี พ.ศ. 2535 ที่แผนกวิชาช่างไฟฟ้า-ไฟฟ้ากำลัง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดนครราชสีมา และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า-ไฟฟ้ากำลัง จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2542 และในปี พ.ศ. 2549 ศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ในปี พ.ศ. 2537 ถึง 2543 ได้ปฏิบัติงานในตำแหน่งพนักงานบริการโสตทัศนูปกรณ์ ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมาและในปี พ.ศ. 2544 ถึง 2550 ได้ทำงานในตำแหน่งเจ้าหน้าที่วิเคราะห์ระบบคอมพิวเตอร์ โครงการพัฒนาและผลิตสื่อการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

ปัจจุบันเป็นพนักงานองค์กรของรัฐในตำแหน่งวิศวกร สังกัดศูนย์นวัตกรรมและเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา