

ระบบเก็บค่าโดยสารและประกาศป้ายหยุดรถสำหรับรถขนส่งสาธารณะ  
FEE PAYMENT AND ANNOUNCEMENT SYSTEM  
FOR PUBLIC TRANSPORTATION



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2559

ระบบเก็บค่าโดยสารและประกาศป้ายหยุดรถสำหรับรถขนส่งสาธารณะ  
FEE PAYMENT AND ANNOUNCEMENT SYSTEM  
FOR PUBLIC TRANSPORTATION



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ระบบเก็บค่าโดยสารและประกาศป้ายหยุดรถสำหรับรถขนส่งสาธารณะ  
FEE PAYMENT AND ANNOUNCEMENT SYSTEM  
FOR PUBLIC TRANSPORTATION

โดย

นางสาวภัทราพร ศิริศิลป์	56010918
นางสาวมัญชุพร จงแจ่มใส	56010973
นางสาวสาวิตรี ยกให้	56011299

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน

รศ.ดร.จิรสุดา โกษียาภรณ์

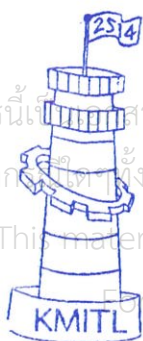
ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

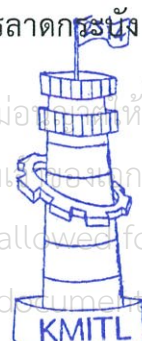
ปีการศึกษา 2559

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว



*Prasunpan*  
อาจารย์ที่ปรึกษา  
16/05/60



*Prasunpan*  
กรรมการผู้ตรวจชิ้นงาน  
18/5/60

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2559

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบเก็บค่าโดยสารและประกาศป้ายหยุดรถสำหรับรถขนส่งสาธารณะ

FEE PAYMENT AND ANNOUNCEMENT SYSTEM FOR PUBLIC TRANSPORTATION

ผู้จัดทำ

- |                           |          |
|---------------------------|----------|
| 1. นางสาวภัทรพร ศิริศิลป์ | 56010918 |
| 2. นางสาวมัชฌุพร จงแจ่มใส | 56010973 |
| 3. นางสาวสาวตรี ยุกให้    | 56011299 |

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(รศ.ดร.จีรสุดา โกษยาภรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างดียิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษาทั้งสองท่านคือ รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน รศ.ดร.จิรสุตา โกษิยาภรณ์ และนายศักรินทร์ สินไชย ที่คอยให้คำปรึกษา แนะนำ สั่งสอน ให้ความรู้ความเข้าใจตลอดระยะเวลาในการทำปริญญาโทฉบับนี้ และนอกจากนี้ยังขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ ทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำอย่างเต็มที่

ขอขอบคุณบิดามารดา ที่ให้ความสนับสนุนทางด้านทุนทรัพย์และที่สำคัญที่สุดคอยเป็นแรงผลักดันและกำลังใจในการเรียนและการทำปริญญาโทจนประสบความสำเร็จ



นางสาวภัทราพร ศิริศิลป์  
นางสาวมัญชุพร จงแจ่มใส  
นางสาวสาวิตรี ยกให้  
ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ระบบเก็บค่าโดยสารและประกาศป้ายหยุดรถสำหรับรถขนส่ง  
สาธารณะ  
FEE PAYMENT AND ANNOUNCEMENT SYSTEM FOR  
PUBLIC TRANSPORTATION

โดย นางสาวภัทราพร ศิริศิลป์ 56010918  
นางสาวมัญชุพร จงแจ่มใส 56010973  
นางสาวสาวตรี ยกให้ 56011299

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน  
รศ.ดร.จิรสุดา โกษียาภรณ์

**บทคัดย่อ**

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอระบบเก็บค่าโดยสารและประกาศป้ายหยุดรถสำหรับรถขนส่งสาธารณะโดยมุ่งหวังให้สามารถอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้บริการรถโดยสาร โดยระบบการทำงานแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่ง คือ ระบบประกาศป้ายหยุดรถด้วยเสียงผ่านลำโพงและตัวอักษรผ่านหน้าจอ LCD TV โดยใช้การอ้างอิงตำแหน่งของป้ายหยุดรถจากพิกัด GPS ซึ่งในกรณีที่ระบบไม่สามารถรับสัญญาณ GPS ได้ พนักงานขับรถสามารถใช้การกดปุ่มเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ตามปกติ ส่วนที่สอง คือ ระบบคิดค่าโดยสารอัตโนมัติซึ่งจะนำตำแหน่ง GPS ของต้นทางและปลายทางของผู้โดยสารมาทำการคำนวณระยะทางและคิดค่าโดยสารผ่าน NFC

**ABSTRACT**

This project proposes the bus charging and announcement system to facilitate passengers of public transportation. The system is consisted of two main parts : the first part is the system for announcement the bus stop name through speaker and displaying the bus stop name through LCD TV. The location of the bus stop is referenced from GPS coordinates. In case of GPS connection lost, the driver needs to press button to resume the normal working of the system. The second

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูในทางเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น คือผู้พิมพ์ให้จัดและเผยแพร่ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

part is the automatic fare payment system by using the distance of passengers from the original station to the final station and the fare payment will be automatically deducted from NFC tag.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	VI
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	X

<b>บทที่ 1</b>	<b>บทนำ</b>	
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	1
	1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	1
<b>บทที่ 2</b>	<b>ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง</b>	
	2.1 ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก	2
	2.2 โพรโตคอล NMEA ของ GPS	2
	2.3 การคำนวณระยะภูมิศาสตร์โดยใช้สมการ Haversine	6
	2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์	7
	2.5 NFC Technology	10
	2.6 NDEF (NFC Data Exchange Format)	13
	2.7 Mobile Application	15
	2.8 Android Application	16
	2.9 Android Studio	16
	2.10 Host-based Card Emulation	17
	2.11 ลำโพง	19
	2.12 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า	19
	2.13 ทรานซิสเตอร์ดาร์ลิงตัน	22
	2.14 Class D power amplifier	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
<b>บทที่ 3</b>	
<b>การออกแบบและการจัดทำปริณุณานิพนธ์</b>	
3.1 การออกแบบ	25
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	41
3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	44
<b>บทที่ 4</b>	
<b>ผลการทดลอง</b>	
4.1 การทดสอบความแม่นยำของ GPS module	47
4.2 การทดสอบเก็บพิกัด GPS ของเส้นทางเดินรถ	49
4.3 การทดสอบโปรแกรมเลือกทิศทางการเดินรถ	53
4.4 การทดสอบโปรแกรมเสียงประกาศและแสดงแผนที่ เมื่อถึงป้ายหยุดรถ	54
4.5 การทดสอบโปรแกรมเสียงประกาศและแสดงแผนที่ เมื่อถึงป้ายหยุดรถ ถัดไป	54
4.6 การทดสอบโปรแกรมสำหรับปุ่มกดในกรณีที่ระบบไม่สามารถรับ สัญญาณ GPS ได้	55
4.7 การทดสอบโปรแกรมปิดระบบ	56
4.8 การทดสอบวงจรขยายกระแสและแรงดัน	56
4.9 การทดสอบระบบเสียงประกาศและแสดงแผนที่เส้นทางทั้งระบบ	59
4.10 การทดสอบการคิดค่าโดยสารผ่าน NFC	64
4.11 การทดสอบการอ่านและเขียนค่าบนแท็ก NFC	65
4.12 การทดสอบการแสดงผลจำนวนเงินในแท็ก NFC บนหน้าจอ LCD	66
4.13 การทดสอบแอปพลิเคชันใช้งาน NFC	67
4.14 การทดสอบการเติมเงินค่าโดยสารลงบนแท็ก NFC	72
4.15 การทดสอบการจัดเก็บค่าโดยสารรวมตลอดหนึ่งรอบการเดินรถ	74
4.16 การทดสอบการจัดเก็บรายได้จากการเติมเงินลงบนแท็ก NFC	75

### บทที่ 5   สรุปผลและข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า	
5.1 สรุปผล	76
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้	
5.2 ข้อเสนอแนะ	77

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	78
ภาคผนวก ก คำสั่งของโปรแกรมราสเบอร์รี่ พาย	80
ภาคผนวก ข คำสั่งของโปรแกรมอาร์ดูอีโน้	88



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 คอมพิวเตอร์สถาปัตยกรรมแบบฮาร์ด	8
2.2 โครงสร้างเบื้องต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์	9
2.3 NDEF Message	13
2.4 NDEF Record	14
2.5 การทำงาน Host-based Card Emulation	17
2.6 ชั้นโปรโตคอลของแอนดรอยด์ HCE	18
2.7 วงจรแบ่งแรงดันแบบต่างๆ	20
2.8 วงจรแบ่งแรงดันแบบไม่มีโหลด	20
2.9 วงจรแบ่งแรงดันแบบมีโหลด	21
2.10 ทราบดีสเคตเตอร์ดาร์ลิ่งตัน	22
2.11 การทำงานแปลงสัญญาณ PWM กลับมาเป็นสัญญาณอะนาล็อก	24
3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบประกาศป้ายหยุดรถและระบบคิดค่าโดยสารอัตโนมัติ	25
3.2 ผังการทำงานของโปรแกรมเลือกทิศทางการเดินรถ	26
3.3 ผังการทำงานของโปรแกรมเสียงประกาศและแสดงแผนที่เส้นทางเมื่อถึงป้ายหยุดรถ	27
3.4 ผังการทำงานของโปรแกรมเสียงประกาศและแสดงแผนที่ของป้ายหยุดรถถัดไป	28
3.5 ผังการทำงานของโปรแกรมสำหรับปุ่มกดในกรณีที่ระบบไม่สามารถรับสัญญาณ GPS ได้	29
3.6 ผังการทำงานของโปรแกรมการปิดระบบ	30
3.7 วงจรขยายกระแสและแรงดัน	31
3.8 ผังการทำงานของระบบการคิดค่าโดยสารโดยผ่าน NFC	32
3.9 ผังการทำงานของโปรแกรมสำหรับเขียนค่าและอ่านค่าบนแท็ก NFC	34
3.10 ผังการทำงานการแสดงผลจำนวนเงินในแท็ก NFC บนหน้าจอล CD	35
3.11 ผังการทำงานของแอปพลิเคชันใช้งาน NFC	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรู๊ปรูเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
3.12	ผังการทำงานการเติมเงินค่าโดยสารลงบนแท็ก NFC	38
3.13	ผังการทำงานการจัดเก็บค่าโดยสารรวมตลอดหนึ่งรอบการเดินรถ	39
3.14	ผังการทำงานการจัดเก็บรายได้จากการเติมเงินลงบนแท็ก NFC	40
3.15	ราสเบอร์รี่ พาย 2 โมเดล B	41
3.16	อาร์ดูอีนโอ รุ่น UNO	41
3.17	Data Logger Shield	41
3.18	GPS Module	42
3.19	ลำโพง	42
3.20	หน้าจอ LCD	42
3.21	โมดูลอ่านเขียนแท็ก NFC รุ่น PN532	43
3.22	แท็ก NFC	43
3.23	โทรศัพท์มือถือแอนดรอยด์	43
3.24	เส้นทางการเดินรถสายนิคมลาดกระบังไปยังห้างสรรพสินค้าซีคอน สแควร์	44
4.1	ผลการทดสอบโปรแกรมเลือกทิศทางการเดินรถ	53
4.2	จอแสดงผลของโปรแกรมเสียงประกาศและแสดงแผนที่ของป้ายหยุดรถปัจจุบัน	54
4.3	จอแสดงผลของโปรแกรมเสียงประกาศและแสดงแผนที่ของป้ายหยุดรถถัดไป	55
4.4	จอแสดงผลของโปรแกรมในกรณีที่ระบบไม่สามารถรับสัญญาณ GPS ได้	56
4.5	จอแสดงผลของโปรแกรมปิดระบบ	56
4.6	สัญญาณเอาต์พุตจากราสเบอร์รี่ พาย เทียบกับสัญญาณเอาต์พุตจากวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ	57
4.7	สัญญาณเอาต์พุตจากวงจรเปรียบเทียบสัญญาณเทียบกับสัญญาณเอาต์พุตจาก ULN2003	57
4.8	สเปกตรัมที่วัดจากสัญญาณเอาต์พุตโดยไม่ผ่านวงจรขยายกระแสและแรงดัน	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
4.9	สเปกตรัมที่วัดจากสัญญาณเอาต์พุตโดยผ่านวงจรถายกระแสและแรงดัน	58
4.10	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และกำลังงานสูงสุด	59
4.11	ผลการทดลองเส้นทางเข้าเมืองเมื่อระยะห่างที่กำหนดมีค่า 60 ถึง 80 เมตร	63
4.12	ผลการทดลองเส้นทางออกเมืองเมื่อระยะห่างที่กำหนดมีค่า 60 ถึง 80 เมตร	64
4.13	ผลการทดสอบอ่านและเขียนค่าบนแท็ก NFC	66
4.14	จำนวนเงินคงเหลือบนแท็ก NFC เมื่อขึ้นรถโดยสาร	66
4.15	ค่าโดยสารกับจำนวนเงินคงเหลือหลังจากถูกหักค่าโดยสาร	67
4.16	หน้าต้อนรับของแอปพลิเคชัน	68
4.17	หน้าตั้งค่าของโทรศัพท์พร้อมข้อความแจ้งเตือนให้เปิด NFC	68
4.18	หน้าเมนูพร้อมข้อความแจ้งว่าสามารถใช้งาน NFC ได้	69
4.19	หน้า Balance checking แสดงจำนวนเงินคงเหลือ	69
4.20	หน้า Select routes ใช้เลือกเส้นทางที่จะแสดงข้อมูลป้ายหยุดรถโดยสาร	70
4.21	หน้าจอแสดงข้อมูลป้ายหยุดรถเส้นทางนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง – ห้างสรรพสินค้าซีคอน สแควร์	70
4.22	หน้าจอแสดงข้อมูลป้ายหยุดรถเส้นทางตลาดมีนบุรี – ร่มเกล้า	71
4.23	หน้า Fee payment ขาขึ้น แสดงข้อความให้แตะโทรศัพท์	71
4.24	หน้า Fee payment ขาลงแสดงจำนวนเงินที่เหลือ	72
4.25	โปรแกรมเติมเงินค่าโดยสารลงบนแท็ก NFC	73
4.26	ข้อมูลที่จัดเก็บ	74
4.27	ตัวอย่างข้อมูลที่ถูกจัดเก็บในฐานข้อมูล	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความหมายของโปรโตคอล GGA	3
2.2 ความหมายของโปรโตคอล GSA	4
2.3 ความหมายของโปรโตคอล GSV	5
2.4 ความหมายของโปรโตคอล RMC	6
2.5 ข้อเปรียบเทียบระหว่าง NFC และบลูทูธ	12
3.1 อัตราค่าโดยสาร	33
3.2 การใช้งานเมนูของแอปพลิเคชัน	36
4.1 ค่าพิกัดอ้างอิงเทียบกับค่าพิกัดเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบกรณีหยุดจอด ขณะถึงป้ายหยุดรถ	47
4.2 ค่าพิกัดอ้างอิงเทียบกับค่าพิกัดเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบกรณีขับผ่านป้าย หยุดรถด้วยความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	48
4.3 ค่าพิกัดป้ายหยุดรถเข้าเมืองจากนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบังถึง ห้างสรรพสินค้าซีคอน สแควร์	49
4.4 ค่าพิกัดป้ายหยุดรถออกเมืองจากห้างสรรพสินค้าซีคอน สแควร์ถึงนิคม อุตสาหกรรมลาดกระบัง	51
4.5 ผลการทดลองเส้นทางเข้าเมืองเมื่อระยะห่างที่กำหนดมีค่า 60 ถึง 80 เมตร	59
4.6 ผลการทดลองเส้นทางออกเมืองเมื่อระยะห่างที่กำหนดมีค่า 60 ถึง 80 เมตร	62
4.7 ผลการทดสอบการคิดค่าโดยสารผ่าน NFC	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาการจราจรติดขัดเป็นปัญหาที่แก้ไขได้ยากสำหรับประเทศไทย สำหรับผู้ใช้บริการขนส่งสาธารณะใช้เวลาในการเดินทางที่ค่อนข้างนาน อาจทำให้ผู้โดยสารที่มีความคุ้นเคยในเส้นทางไม่ทราบได้ว่าถึงป้ายหยุดรถที่ต้องการหรือยัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลาากลางคืนที่เป็นอุปสรรคต่อทัศนวิสัยในการสังเกตป้ายหยุดรถประจำทาง นอกจากนี้การชำระเงินค่าโดยสารบนรถประจำทางที่ใช้อยู่ในรูปแบบปัจจุบันนั้นไม่สะดวกและมีความล่าช้าเมื่อมีผู้โดยสารใช้บริการบนรถจำนวนมาก

ดังนั้นปริญญานิพนธ์นี้จึงนำเสนอระบบจัดการสำหรับรถขนส่งสาธารณะ โดยมีการแสดงป้ายรถโดยสารบนหน้าจอ เสียงประกาศผ่านลำโพง และระบบมีการชำระเงินค่าโดยสารอัตโนมัติจากบัตรบนรถประจำทาง

### 1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อสร้างระบบประกาศป้ายหยุดรถด้วยเสียงผ่านลำโพงและตัวอักษรเลื่อนผ่านหน้าจอ LCD TV
- 2) เพื่อสร้างระบบคิดค่าโดยสารอัตโนมัติ
- 3) เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้โดยสาร

### 1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

- 1) ระบบประกาศป้ายหยุดรถสามารถประกาศเสียงผ่านทางลำโพงและแสดงตัวอักษรเลื่อนผ่านทางหน้าจอ LCD TV
- 2) ในกรณีที่ระบบไม่สามารถรับสัญญาณ GPS ได้ พนักงานขับรถสามารถใช้การกดปุ่มเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ตามปกติ
- 3) ระบบคิดค่าโดยสารอัตโนมัติโดยนำตำแหน่ง GPS ของต้นทางและปลายทางของผู้โดยสารมาคำนวณระยะทางและคิดค่าโดยสารผ่านบัตร NFC หรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งรองรับระบบ NFC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก

ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System : GPS) อาศัยดาวเทียม และระบบคลื่นวิทยุนำร่องและรหัสที่ส่งมาจากดาวเทียม NAVSTAR จำนวน 24 โดยประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนอวกาศ (Space segment) ส่วนสถานีควบคุม (Control segment) และส่วนผู้ใช้ (User segment)

##### 2.1.1 ส่วนอวกาศ (Space segment)

ดาวเทียมโคจรรอบโลก 24 ดวง ใช้ปฏิบัติงาน 21 ดวง สำรอง 3 ดวง ลอยอยู่ในวงโคจรสูงประมาณ 20,000 กิโลเมตร หมุนรอบโลก 1 รอบใช้เวลาโคจร 12 ชั่วโมง วงโคจรมีทั้งหมด 6 วงโคจร แต่ละวงโคจรมีดาวเทียม 4 ดวง เพื่อความแม่นยำ ถูกต้อง ในการคำนวณตำแหน่งพิกัดของเครื่องรับ GPS ที่รับสัญญาณบนโลก ดาวเทียมจะใช้นาฬิกาอะตอมมิกได้แก่ นาฬิกาอะตอมซีเซียม 2 เรือน และนาฬิกาอะตอมรูบิเดียม 2 เรือน

##### 2.1.2 ส่วนสถานีควบคุม (Control segment)

ส่วนสถานีควบคุม (Control segment) ได้แก่สถานีภาคพื้นดินที่ทำหน้าที่ควบคุมระบบ กระจายอยู่ตามส่วนต่างๆ ของโลก เพื่อทำหน้าที่ปรับปรุงข้อมูลดาวเทียมให้มีความถูกต้อง และทันสมัยอยู่ตลอดเวลา โดยแบ่งออกเป็น สถานีควบคุมหลัก สถานีติดตามดาวเทียม ทำหน้าที่รับวัดติดตามดาวเทียมตลอดเวลาและสถานีรับส่งสัญญาณ

##### 2.1.3 ส่วนผู้ใช้ (User segment)

ส่วนผู้ใช้ ซึ่งนอกจากจะหมายถึงผู้ใช้งานระบบ GPS แล้ว ยังรวมถึง ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ รวมถึงเทคนิควิธีการต่างๆ ที่ช่วยให้เกิดการปรับปรุงคุณภาพของการรับสัญญาณที่ดีขึ้น และค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งที่ถูกต้องมากขึ้น

#### 2.2 โพรโตคอล NMEA ของ GPS

NMEA [1] ย่อมาจาก Nation Maritime Electronics Association ซึ่งเป็นสมาคมที่มุ่งเน้นศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อการเชื่อมต่อและทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ โดยอุปกรณ์เหล่านี้ เมื่อเชื่อมต่อและทำงานร่วมกันต้องสามารถเข้าใจกันได้ หรือสื่อสารโดยใช้ภาษาเดียวกัน NMEA จึงพัฒนามาตรฐานในการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ดังกล่าว เรียกว่า NMEA Standard ซึ่งระบุข้อมูลการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าและรูปแบบของข้อมูล โพรโตคอลที่สำคัญของเครื่อง

GPS จะอยู่ในชุด NMEA ซึ่งเป็นโปรโตคอลมาตรฐานของ GPS ภายในอาจมีโปรโตคอลอื่นประกอบอีกมากมาย แต่โปรโตคอลที่ใช้งานหลักมีดังนี้

### 2.2.1 GGA

GGA คือรูปแบบที่แสดงว่าข้อมูลของ GPS เพียงพอที่จะแสดงพิกัดได้สามมิติ (3D) ซึ่งดาวเทียมที่รับได้ต้องมากถึง 4 ดวงขึ้นไป ภาษาอังกฤษเรียกว่า Fix data ซึ่งความหมายของแต่ละสัญลักษณ์ในโปรโตคอล GGA แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความหมายของโปรโตคอล GGA

\$ GPGGA,123519,4807.038,N,01131.000,E,1,08,0.9,545.4,M,46.9,M,,\*47

สัญลักษณ์	ความหมาย
GGA	Global Positioning System Fixed Data
123519	ข้อมูล Fix เมื่อเวลา 12:35:19 UTC
4807.038,N	ค่าพิกัดละติจูดด้านเหนือเส้นศูนย์สูตร 48° 07.038' N
01131.000,E	ค่าพิกัดลองจิจูดด้านตะวันออก 11° 31.000' E
1	คุณภาพของข้อมูล Fix 0 คือ ข้อมูลไม่ถูกต้อง 1 คือ GPS fix (SPS) 2 คือ DGPS fix 3 คือ PPS fix 4 คือ Real Time Kinematic 5 คือ Float RTK 6 คือ estimated (dead reckoning) (2.3feature) 7 คือ Manual input mode 8 คือ Simulation mode
08	จำนวนดาวเทียม GPS ที่รับได้
0.9	ค่าความคลาดเคลื่อนการระบุตำแหน่งแนวราบ
545.4,M	ค่าความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง
46.9,M	ความสูงของจ็อยด์เหนือทรงรี WGS84
(ช่องว่าง)	เวลาเป็นวินาทีนับจากที่รับค่า fix รูปแบบ DGPS
(ช่องว่าง)	แสดงหมายเลขสถานีของ DGPS
*47	ค่า checksum นำหน้าด้วย *

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นสำหรับการใช้งานภายในของโรงเรียนเทคโนโลยีการช่าง  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ขอสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา และขอสงวนลิขสิทธิ์ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 2.2.2 GSA

GSA คือ รูปแบบที่แสดงรายละเอียดของข้อมูล Fix จำนวนดาวเทียมที่ใช้งานได้ รวมถึงค่าความคลาดเคลื่อน DOP (dilution of precision) ซึ่งตัวเลขน้อยๆจะเป็นค่าที่ดีมีความถูกต้องสูงซึ่งความหมายของแต่ละสัญลักษณ์ในโปรโตคอล GSA แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ความหมายของโปรโตคอล GSA

\$GPGSA,A,3,19,28,14,18,27,22,31,39,,,,,1.7,1.0,1.3\*35

สัญลักษณ์	ความหมาย
GSA	GNSS DOP and Active Satellites
A	mode ของสถานะของข้อมูล fix A คือ Automatic, M คือ Manual
4807.038,N	ค่าพิกัดแลตติจูดด้านเหนือเส้นศูนย์สูตร 48° 07.038' เหนือ
01131.000,E	ค่าพิกัดลองจิจูดด้านตะวันออก 11° 31.000' ตะวันออก
3	ตัวเลขแสดงสถานะการ fix 1 คือ ข้อมูลไม่ fix 2 คือ ข้อมูล fix แบบสองมิติ 3 คือ ข้อมูล fix แบบสามมิติ
19,28,14,18,27,22,31,39	หมายเลขดาวเทียมที่รับได้ในที่นี้รับได้ 8 ดวงและตามด้วย เครื่องหมายคอมม่าอีก 4 ตำแหน่ง เพราะเครื่อง GPS จะรับสัญญาณ จากดาวเทียมได้สูงสุด 12 ดวง
1.7	ค่าความคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่ง PDOP
1.0	ค่าความคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่งทางราบ (HDOP)
1.3	ค่าความคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่งทางตั้ง (VDOP)
*35	ค่า checksum นำหน้าด้วย *

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 2.2.3 GSV

GSV คือ รูปแบบที่แสดงรายละเอียดของ GPS แต่ละดวงเช่นระดับความสูง (Elevation) อะซิมัทและ SNR (Signal to Noise Ratio) ซึ่ง เทียบได้กับความแรงของสัญญาณ SNR มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 99 ซึ่งค่ามากเป็นค่าที่ดี ในบางขณะเครื่อง GPS อาจจะได้รับสัญญาณได้เต็มที่ ทั้งหมด 12 ดวง การส่งข้อความจะมากไปถ้าต้องแสดงในบรรทัดเดียว สมาคม NMEA จึงออกแบบ ให้รูปแบบ GSV สามารถแสดงข้อมูลดาวเทียมได้เต็มที่ประโยคหรือบรรทัดละ 4 ดวงเท่านั้น ดังนั้น ถ้าได้รับสัญญาณดาวเทียมได้ทั้ง 12 ดวงจะได้รับประโยคทั้งหมด 3 บรรทัด ซึ่งความหมายของแต่ละ สัญณลักษณะในโปรโตคอล GSV แสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ความหมายของโปรโตคอล GSV

\$GPGSV,2,1,08,01,40,083,46,02,17,308,41,12,07,344,39,14,22,228,45\*75

สัญลักษณ์	ความหมาย
GSV	GNSS Satellites in View
2	จำนวนประโยคข้อความ (ในที่นี้รับดาวเทียมได้ 8 ดวง จึงใช้แค่ 2 บรรทัดเท่านั้น)
1	ประโยคที่ 1 จากทั้งหมด 2 ประโยค
08	จำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณได้
01	หมายเลขดาวเทียม GPS
40	ระดับความสูง หน่วยเป็นองศา
083	อะซิมุธ (ทิศเหนือ 0 ทิศตะวันออก 90 ทิศใต้ 180 ทิศตะวันตก 270)
46	SNR
02,17,308,41	ดาวเทียมหมายเลข 2 พร้อมข้อมูล elevation, azimuth และ SNR
12,07,344,39	ดาวเทียมหมายเลข 12 พร้อมข้อมูล elevation, azimuth และ SNR
14,22,228,45	ดาวเทียมหมายเลข 14 พร้อมข้อมูล elevation, azimuth และ SNR
*75	ค่า checksum นำหน้าด้วย *

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 2.2.4 RMC

RMC คือ รูปแบบที่แสดงรายละเอียดของ GPS เรื่องความเร็ว (velocity) ค่าพิกัดเวลา ตลอดจนทิศทาง ซึ่งความหมายของแต่ละสัญลักษณ์ในโปรโตคอล RMC แสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ความหมายของโปรโตคอล RMC

\$GPRMC,123519,A,4807.038,N,01131.000,E,022.4,084.4,230394,003.1,W\*6A

สัญลักษณ์	ความหมาย
RMC	Recommended Minimum Specific GNSS Data
123519	ข้อมูล fix เมื่อเวลา 12:35:19 UTC
A	สถานะ A คือ กำลังใช้งาน, V คือ ยกเว้น
4807.038,N	ค่าแลติจูด 48° 07.038' เหนือ
01131.000,E	ค่าลองจิจูด 11° 31.000' ตะวันออก
022.4	ความเร็วเทียบกับพื้นดิน หน่วยเป็น knot
084.4	มุมของทิศทางเทียบกับเหนือจริง
230394	วันที่ 23 มีนาคม 1994
003.1,W	มุมต่างระหว่างเหนือจริงกับเหนือแม่เหล็ก
*6A	ค่า checksum นำหน้าด้วย *

## 2.3 การคำนวณระยะภูมิศาสตร์โดยใช้สมการ Haversine

สมการ Haversine [2] ใช้ในการคำนวณระยะภูมิศาสตร์บนพื้นโลก โดยเมื่อมีพิกัดละติจูดและลองจิจูดของตำแหน่ง 2 ตำแหน่งบนพื้นโลก การใช้สมการนี้จะช่วยให้คำนวณระยะทางบนทรงกลม (ระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างจุด 2 จุดบนพื้นผิวของทรงกลม) สมการ Haversine ถูกสร้างโดย ศาสตราจารย์ เจมส์ อินแมน ในปี ค.ศ. 1835 โดยสมการนี้เป็นที่นิยมและถูกใช้อย่างกว้างขวางในการพัฒนา GIS (Geographic Information System) มุม Harversine สามารถคำนวณได้ ดังสมการที่ 2.1

$$\begin{aligned} \text{haversin}\left(\frac{d}{r}\right) &= \text{haversin}(\phi_2 - \phi_1) \\ &+ \cos(\phi_1)\cos(\phi_2)\text{haversin}(\lambda_2 - \lambda_1) \end{aligned} \quad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โดยค่าตัวแปรต่างๆ คือ

- $r$  คือ รัศมีของโลก
- $d$  คือ ระยะทางระหว่าง 2 จุด
- $\phi_1, \phi_2$  คือ ละติจูดของจุดทั้ง 2 จุด
- $\lambda_1, \lambda_2$  คือ ลองจิจูดของจุดทั้ง 2 จุด

### 2.3.1 กฎของ Harversine

ก่อนจะพิจารณากฎของ Harversine นั้นจะต้องเริ่มการคำนวณจากกฎของ cosine ดังสมการที่ 2.2

$$\cos(a) = \cos(b)\cos(c) + \sin(b)\sin(c)\cos(A) \quad (2.2)$$

และทำการสร้างสมการ Harversine เพื่อคำนวณระยะทางระหว่าง 2 จุดได้ คือ

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta latDifference}{2}\right) \quad (2.3)$$

$$+ \cos(lat_1)\cos(lat_2)\sin^2\left(\frac{\Delta lonDifference}{2}\right)$$

$$c = 2a \tan 2\left(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}\right) \quad (2.4)$$

$$d = Rc \quad (2.5)$$

โดยที่

$\Delta latDifference = lat_1 - lat_2$  (ระยะห่างระหว่างละติจูด)

$\Delta lonDifference = lon_1 - lon_2$  (ระยะทางระหว่างลองจิจูด)

$R$  คือ รัศมีของโลก มีค่า 6371 กิโลเมตร หรือ 3961 ไมล์

$d$  คือ ระยะห่างที่คำนวณได้จากจุดทั้งสองมีหน่วยเป็นกิโลเมตร

## 2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์

### 2.4.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) [3] คือ ชิพอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประมวลผลอย่างหนึ่ง ทำหน้าที่ประมวลผลตามโปรแกรมหรือชุดคำสั่ง โครงสร้างภายในเป็นวงจรรวมขนาดใหญ่ ประกอบไปด้วย หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิกบัสต่าง ๆ พอร์ต รีจิสเตอร์ หน่วยความจำ วงจรนับและวงจรจับเวลา รวมกันอยู่ภายในชิพ ไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกออกแบบมา

เพื่อใช้ในงานควบคุม สามารถติดต่อกับอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุตได้สะดวกใช้งานง่าย ทำงานได้โดยใช้ชิพเดียว สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ โปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ มีภาษาที่ใช้ระดับสูงหลายภาษา ทำให้ง่ายต่อการศึกษารียนรู้และออกแบบวงจรพัฒนาระบบ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 2.4.2 สถาปัตยกรรมไมโครคอนโทรลเลอร์

สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์จะมีอยู่ 2 แบบคือ แบบฟอนนิวแมน (Von Neuman) และแบบฮาร์วาร์ด (Harvard Architecture) ไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีสถาปัตยกรรมแบบฮาร์วาร์ด สถาปัตยกรรมแบบฮาร์วาร์ดดังแสดงรูปที่ 2.1 จะแยกหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลออกจากกัน ทำให้กระบวนการทางคำสั่งการทำงานลดลง เนื่องจากสามารถติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลได้เร็วกว่า โดยที่ซีพียูกำลังทำงานคำสั่งในปัจจุบัน อยู่สามารถที่จะเรียกคำสั่งออกจากหน่วยความจำโปรแกรมถัดไปได้ ทำให้ทำงานเร็วขึ้น



รูปที่ 2.1 คอมพิวเตอร์สถาปัตยกรรมแบบฮาร์วาร์ด

### 2.4.3 โครงสร้างและการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงสร้างเบื้องต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงดัง รูปที่ 2.2 ซึ่งประกอบไปด้วย ส่วนประกอบหลักต่าง ๆ ดังนี้

#### 2.4.3.1 หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU: Central Processing Unit)

หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลตามคำสั่งโปรแกรม ส่วนรีจิสเตอร์จะเก็บข้อมูลและกำหนดการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ การทำงานของซีพียูมี 2 จังหวะคือ เฟตช์ (Fetch) และ เอ็กซีคิวต์ (Executed) เริ่มจากการเฟตช์ คือการอ่านคำสั่งแล้วทำการถอดรหัสคำสั่งเป็นภาษาเครื่อง จากนั้นจังหวะเอ็กซีคิวต์ กระทำตามคำสั่งโปรแกรมจนเสร็จ

#### 2.4.3.2 หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory)

หน่วยความจำโปรแกรมทำหน้าที่เก็บโปรแกรมเพื่อส่งให้กับซีพียู ทำการประมวลผล ที่นิยมจะมี 3 แบบคือ

(ก) แบบอีพรอม (EPROM : Erasable Programmable Read Only Memory) มีแบบโปรแกรมได้ครั้งเดียว และแบบโปรแกรมได้หลายครั้ง การลบต้องใช้แสงอุลตราไวโอเล็ต ถ้าแบบโปรแกรมได้ครั้งเดียวจะไม่สามารถลบและโปรแกรมใหม่ได้

(ข) แบบอีอีพรอม (EEPROM : Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) เป็นหน่วยความจำที่ลบและเขียนใหม่ได้ด้วยไฟฟ้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ค) แบบแฟลช (Flash) หน่วยความจำชนิดนี้สามารถลบและเขียนใหม่ได้ด้วยสัญญาณ ไฟฟ้าเป็นที่นิยมมากเพราะราคาไม่สูง ขนาดของหน่วยความจำโปรแกรมขึ้นอยู่กักระยะกึ่งและเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ว่ากักบิต และมีขนาดความจุเท่าใด

#### 2.4.3.3 หน่วยความจำข้อมูลแรม (Data Memory)

หน่วยความจำข้อมูลแรม (Data Memory) ทำหน้าที่เก็บข้อมูลจากการประมวลผลของ ซีพียู

#### 2.4.3.4 หน่วยความจำข้อมูล EEPROM

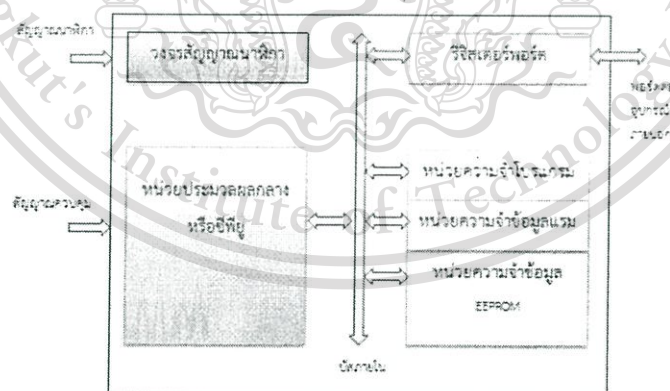
หน่วยความจำข้อมูล EEPROM เป็นหน่วยความจำที่มีในไมโครคอนโทรลเลอร์บางรุ่นทำหน้าที่เก็บข้อมูลไว้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง การอ่านและเขียนจะใช้สัญญาณไฟฟ้า

#### 2.4.3.5 รีจิสเตอร์พอร์ต (Register Space)

รีจิสเตอร์พอร์ต (Register Space) เป็นหน่วยความจำพิเศษสามารถอ่านเขียนได้ตลอดเวลา ทำหน้าที่เก็บข้อมูลในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงสถานะของการทำงาน กำหนดการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นขาพอร์ตติดต่อสื่อสารข้อมูลที่ได้รับเข้ามาทางขาอินพุตและ ส่งข้อมูลออกทางเอาต์พุตไปยังอุปกรณ์ภายนอก

#### 2.4.3.6 วงจรสัญญาณนาฬิกา

วงจรสัญญาณนาฬิกาทำหน้าที่ควบคุมจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.2 โครงสร้างเบื้องต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 2.5 NFC Technology

NFC ย่อมาจาก Near Field Communication [4] เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายผ่านคลื่นวิทยุ ที่ความถี่ 13.56 MHz ใช้ส่งข้อมูลได้ในระยะไม่เกิน 10 ซม. มีความเร็วในการรับส่งข้อมูลได้ 106 kbit/s 212 kbit/s และสูงสุด 424 kbit/s สามารถจับคู่อุปกรณ์ได้อย่างรวดเร็วและใช้พลังงานต่ำ จากข้อดีดังกล่าว NFC จึงถูกนำมาใช้ในการรับส่งข้อมูลปริมาณเล็กน้อยภายในระยะเวลาสั้นๆ ดังนั้นอุปกรณ์ที่สามารถใช้งาน NFC ได้สะดวกจึงเป็นอุปกรณ์พกพา เช่น โทรศัพท์มือถือหรือแท็บเล็ต หรืออุปกรณ์ที่มีความสามารถ NFC ซึ่งสามารถใช้งานได้โดยการนำไปแตะหรือสัมผัสกับเครื่องอ่าน ซึ่งจะปล่อยสนามแม่เหล็กออกมาในระยะใกล้ๆ จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นในตัว และกระแสไฟฟ้านั้นก็จะทำให้สนามแม่เหล็กเปลี่ยนไป ซึ่งเครื่องอ่านก็จะตรวจจับความเปลี่ยนแปลงนี้ได้และแปลงไปเป็นข้อมูลต่างๆ เช่น หมายเลขบัตรเครดิต หรือหมายเลขประจำ

เทคโนโลยี NFC ถูกพัฒนาโดยอ้างอิงพื้นฐานมาจากระบบ RFID ลักษณะการทำงานของ NFC จึงใกล้เคียงกับ RFID ความแตกต่างหลักๆ ของ NFC กับ RFID คือ NFC สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง NFC ด้วยกันได้ ซึ่งใน RFID นั้นสามารถอ่านข้อมูลได้อย่างเดียว แต่ระยะการทำงานของ NFC นั้นสั้นกว่า RFID มาก นอกจากนี้หากเปรียบเทียบกับบลูทูธจะพบว่า NFC ไม่สามารถส่งข้อมูลได้มากเท่าบลูทูธ แต่จะใช้พลังงานน้อยกว่าและไม่ต้องมีขั้นตอนในการจับคู่อุปกรณ์ (Pairing) เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล

### 2.5.1 โหมดการทำงานของ NFC

#### 2.5.1.1 Reader/Writer mode

อุปกรณ์ที่มีความสามารถ NFC สามารถอ่านและเขียนข้อมูลใน NFC Tag ได้ ตัวอย่างการใช้งานในลักษณะนี้ เช่น Smart Poster ที่มีลักษณะเป็นโปสเตอร์ประชาสัมพันธ์โปรโมชั่นแจกคูปองส่วนลด ซึ่งสามารถจำกัดจำนวนของผู้ที่ได้รับสิทธิโปรโมชั่นได้ โดยทุกครั้งที่มีผู้นำอุปกรณ์ NFC มาแตะที่โปสเตอร์ จำนวนโปรโมชั่นที่เหลืออยู่ใน NFC Tag ก็จะลดลงไปเรื่อยๆ ซึ่งการทำงานในลักษณะนี้ไม่สามารถทำได้ใน Barcode, QR Code หรือ RFID Tag เพราะไม่สามารถแก้ไขข้อมูลได้

#### 2.5.1.2 Card emulation mode

อุปกรณ์ NFC จะทำงานในลักษณะคล้ายกับ Smart Card ที่ใช้ในการทำธุรกรรม หรือ Key Card ที่ใช้ในการเข้าถึงตัวอาคาร ตัวอย่างระบบที่ให้บริการในลักษณะที่เป็นการ

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 2.5.1.3 Peer-to-Peer (P2P) mode

โหมดนี้ใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ NFC ด้วยกัน ซึ่งการทำงานลักษณะนี้จะแตกต่างจากการส่งข้อมูลผ่านบลูทูธตรงที่การส่งข้อมูลผ่าน NFC ไม่ต้องมีขั้นตอนการจับคู่ (Pair) ระหว่างอุปกรณ์ เนื่องจากในการส่งข้อมูลนั้นต้องนำอุปกรณ์ทั้งคู่มาไว้ในระยะที่ใกล้กันมากๆ (4 - 10 ซม.) ตัวอย่างการใช้งานในลักษณะนี้ เช่น ระบบ Android Beam ที่เป็นการนำโทรศัพท์มือถือมาสัมผัสกันเพื่อรับส่งไฟล์

### 2.5.2 NFC Tag

อุปกรณ์ที่สามารถใช้งาน NFC ได้ จะมีส่วนประกอบที่เรียกว่า NFC Tag สำหรับใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ที่ใช้งาน NFC ด้วยกัน โดย NFC Tag นี้จะประกอบด้วยชิปประมวลผลหน่วยความจำและเสาอากาศสำหรับรับส่งสัญญาณ NFC Tag อาจมีแหล่งพลังงานในตัวเองหรือใช้พลังงานจากการเหนี่ยวนำของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มาจาก NFC Tag ที่จะติดต่อสื่อสารด้วยได้

#### 2.5.2.1 Tag type 1

มีรูปแบบของหน่วยความจำแบบ static สามารถตั้งค่าการใช้งานแบบอ่านอย่างเดียวหรือทั้งเขียนและอ่าน มีหน่วยความจำตั้งแต่ 96 byte ถึง 2 Kbyte อ้างอิงมาจากมาตรฐาน SO14443-A ไม่มีระบบป้องกันการชนกันของข้อมูล โดยทำงานที่ความเร็ว 106 Kbps ตัวอย่าง NFC Tag type 1 คือ Innovision Topaz, Broadcom BCM20203

#### 2.5.2.2 Tag type 2

คล้ายกันกับ type 1 อ้างอิงจาก NXP Mifare Ultralight ISO-14443A สามารถตั้งค่าการใช้งานแบบอ่านอย่างเดียวหรือทั้งเขียนและอ่าน มีหน่วยความจำตั้งแต่ 96 byte ถึง 2 Kbyte ทำงานที่ความเร็ว 106 Kbps มีระบบป้องกันการชนกันของข้อมูล ตัวอย่าง NFC Tag type 2 คือ NXP, Mifare, Ultralight

#### 2.5.2.3 Tag type 3

พัฒนาจาก Tag Sony FeliCa (ISO-18092 and JIS-X-6319.4) โหมดการทำงานของบัตรจะถูกตั้งค่าจากโรงงานให้อ่านอย่างเดียว หรือ เขียน/อ่านด้วยความเร็ว 212 หรือ 424 Kbps มีระบบป้องกันการชนกันของข้อมูล ตัวอย่าง Tag NFC type 3 คือ Sony Felica

#### 2.5.2.4 Tag type 4

คล้ายกันกับ type 1 อ้างอิงจาก Tag NXP DESFire ISO-14443A โหมดการทำงานของบัตรจะถูกตั้งค่าจากโรงงานให้อ่านอย่างเดียว หรือ เขียน/อ่าน มีหน่วยความจำ 2,4 หรือ 8 KB ความเร็ว 106,212 หรือ 424 Kbps มีระบบป้องกันการชนกันของข้อมูล ตัวอย่าง NFC tag type 4 เช่น NXP DESFire, SmartMX-JCOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 2.5.3 ข้อเปรียบเทียบ NFC กับ บลูทูธ

NFC และบลูทูธเป็นเทคโนโลยีการสื่อสารระยะใกล้คล้ายกันที่ปรากฏในโทรศัพท์มือถือ NFC นั้นจะเปิดสัญญาณได้เร็วกว่าบลูทูธ และการเชื่อมต่อระหว่างสองเครื่องจะสามารถเชื่อมต่อได้เร็วแตกต่างจากบลูทูธที่จำเป็นต้องระบุตัวเครื่องของผู้ที่ต้องการเชื่อมต่อ ในขณะเดียวกันอัตราการส่งข้อมูลของ NFC (424 kbit/s) มีอัตราที่ต่ำกว่าบลูทูธ (2.1 Mbit/s) ด้วยระยะทางที่สั้นกว่าคือ 20 ซม. แต่มีข้อเด่นคือ จะไม่มีการแทรกแซงของข้อมูล หากในบริเวณมีการใช้งานอยู่จำนวนมาก

สิ่งที่แตกต่างจากบลูทูธอีกส่วนคือ NFC สามารถเชื่อมต่อเข้ากับโครงสร้างพื้นฐานของอาร์เอฟไอดี (13.56 MHz ISO/IEC 18000-3) และใช้พลังงานที่ต่ำกว่าบลูทูธ ซึ่งจะใกล้เคียงกับบลูทูธชนิดพลังงานต่ำ ข้อเปรียบเทียบระหว่าง NFC และบลูทูธแสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ข้อเปรียบเทียบระหว่าง NFC และบลูทูธ

	NFC	บลูทูธ	บลูทูธพลังงานต่ำ
การเข้ากันได้กับRFID	ISO 18000-3	active	active
มาตรฐาน	ISO/IEC	Bluetooth SIG	Bluetooth SIG
มาตรฐานเครือข่าย	ISO 13157 etc.	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.1
ชนิดของเครือข่าย	Point-to-point	WPAN	WPAN
การเข้ารหัส	not with RFID	available	available
ระยะ	< 0.2 m	~10 m (class 2)	~1 m (class 3)
ความถี่	13.56 MHz	2.4-2.5 GHz	2.4-2.5 GHz
อัตราบิต	424 kbit/s	2.1 Mbit/s	~1.0 Mbit/s
ระยะเวลาเปิด	< 0.1 s	< 6 s	< 1 s
การใช้พลังงาน	< 15mA (อ่าน)	ต่างไปตามชั้น	< 15 mA (xmit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

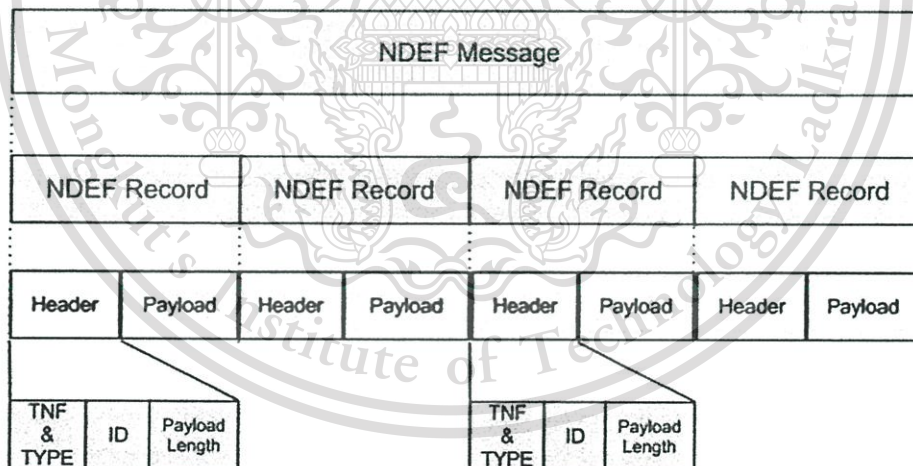
## 2.6 NDEF (NFC Data Exchange Format)

NDEF คือรูปแบบมาตรฐานข้อมูลที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารระหว่างอุปกรณ์ NFC หรือ NFC Tag โดยรูปแบบข้อมูลจะประกอบไปด้วย NDEF message และ NDEF record

NDEF ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการรวบรวม (encapsulate) ข้อมูลจำนวนหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งเพย์โหลดเป็นหนึ่งโครงสร้างข้อมูล NDEF message แต่ละอันจะประกอบด้วยหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่ง NDEF record แต่ละ NDEF record จะสามารถบรรจุเพย์โหลดของข้อมูลได้จำนวน  $2^{31} - 1$  ออกเตต แต่ถ้าเพย์โหลดมีขนาดใหญ่กว่านั้นสามารถทำการรวม record เพื่อบรรจุข้อมูลได้

### 2.6.1 NDEF message

NDEF message จะถูกใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ NFC ในโหมด peer to peer ซึ่งการใช้รูปแบบ NDEF นี้จะทำให้อุปกรณ์ NFC ที่แตกต่างกันสามารถสื่อสารกันได้แต่ละฟิลด์ใน NDEF message แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 NDEF Message

Record แรกของ NDEF message จะแสดงด้วย MB (Message Begin) ชุดของ Flag และ Record สุดท้ายจะถูกแสดงด้วย ME (message End) จำนวนอย่างน้อยที่สุดของ NDEF

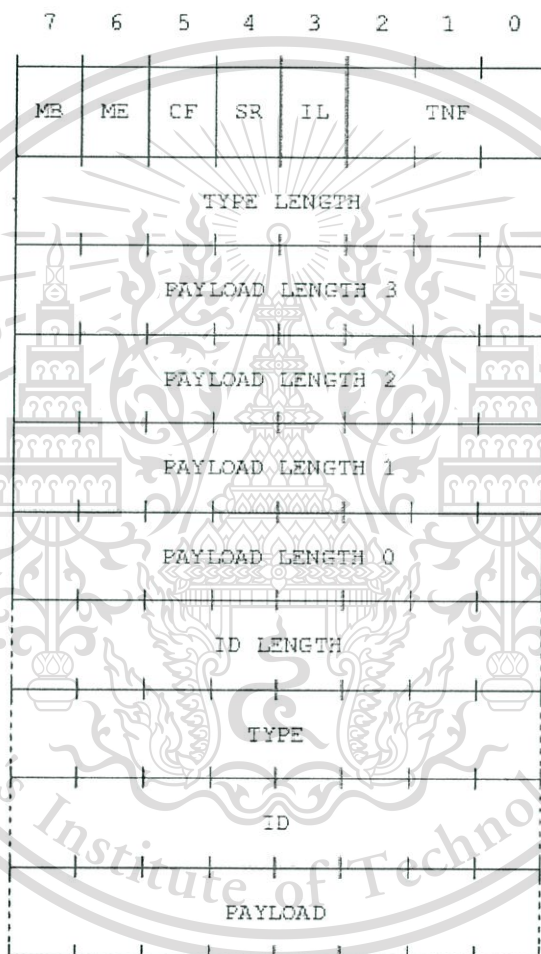
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และใช้เพื่อการศึกษาด้านการวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำออกไปใช้  
 record เท่ากับ 1 record ซึ่งสามารถตั้งค่าได้จาก MB และ ME ในrecord แรก ส่วนจำนวน record ที่มากที่สุดที่สามารถบรรจุ NDEF message นั้นมีจำนวนไม่จำกัด NDEF message จะต้องไม่ซ้อนทับกัน กล่าวคือไม่สามารถใช้ MB กับ ME เพื่อเชื่อมโยง NDEF message ได้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 2.6.2 NDEF record

NDEF record จะถูกใช้ในการเก็บและแลกเปลี่ยนข้อมูลเช่น URL, ข้อความ เป็นต้น เช่น การ์ดชนิด Mifare classic สามารถพิจารณาเป็น NDEF Tag ซึ่งข้อมูลที่จะถูกบันทึกลงในการ์ดผ่านทางอุปกรณ์ NFC (NFC record) ซึ่งสามารถอ่านได้โดยอุปกรณ์ NFC เครื่องอื่น NDEF record สามารถมีจำนวนความยาวได้หลากหลาย ดังแสดงโครงสร้างของ NDEF record ต่างๆในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 NDEF Record

MB คือ ฟิลด์ขนาด 1 บิต หากแฟล็กนี้ถูกตั้งค่า จะแสดงถึงจุดเริ่มต้นของ NDEF message

ME คือ ฟิลด์ขนาด 1 บิต หากบิตนี้ถูกตั้งค่า จะแสดงถึงจุดสิ้นสุดของ NDEF message

CF คือ ฟิลด์ขนาด 1 บิต จะแสดงว่า record นั้นเป็น record แรก หรือว่า record กลาง หรือว่าเป็น

record สุดท้าย

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 2.7 Mobile Application

Mobile Application [5] ประกอบขึ้นด้วยคำสองคำ คือ Mobile กับ Application มีความหมายดังนี้

Mobile คืออุปกรณ์สื่อสารที่ใช้ในการพกพา ซึ่งนอกจากจะใช้งานได้ตามพื้นฐานของโทรศัพท์แล้ว ยังทำงานได้เหมือนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่พกพาได้จึงมีคุณสมบัติเด่น คือ ขนาดเล็กน้ำหนักเบาใช้พลังงานค่อนข้างน้อย ปัจจุบันมักใช้ทำหน้าที่ได้หลายอย่างในการติดต่อแลกเปลี่ยนข่าวสารกับคอมพิวเตอร์

Application หมายถึงซอฟต์แวร์ที่ใช้เพื่อช่วยการทำงานของผู้ใช้ (User) โดยแอปพลิเคชันจะต้องมีสิ่งๆที่เรียกว่า ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface หรือ UI) เพื่อเป็นตัวกลางการใช้งานต่าง ๆ

ดังนั้นคำว่า Mobile Application จึงเป็นการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ เช่น โทรศัพท์มือถือ, แท็บเล็ต โดยโปรแกรมจะช่วยตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค อีกทั้งยังสนับสนุนให้ผู้ใช้โทรศัพท์ได้ใช้งานยิ่งขึ้น ในปัจจุบันโทรศัพท์มือถือ หรือ สมาร์ทโฟนมีหลายระบบปฏิบัติการที่พัฒนาออกมาให้ผู้บริโภคใช้ ซึ่งระบบปฏิบัติการที่ได้รับความนิยมมากที่สุดก็คือ ระบบ iOS และระบบแอนดรอยด์ จึงทำให้เกิดการเขียนหรือพัฒนาแอปพลิเคชันลงบนสมาร์ตโฟนอย่างแพร่หลาย อย่างเช่น แผนที่, เกมส์, โปรแกรมสนทนาต่างๆ และหลายธุรกิจได้มีการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อเพิ่มช่องทางในการสื่อสารกับลูกค้ามากขึ้น แอปพลิเคชันแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

### 2.7.1 Native Application

คือแอปพลิเคชันที่ถูกพัฒนามาด้วย Library (ชุดคำสั่ง) หรือ SDK (เครื่องมือที่เอาไว้สำหรับพัฒนาโปรแกรมหรือแอปพลิเคชัน) ของระบบ OS นั้นๆโดยเฉพาะ เช่น แอนดรอยด์ใช้ Android SDK, iOS ใช้ Objective c, Windows Phone ใช้ C# เป็นต้น ข้อดีคือผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงได้ง่าย จาก Google Play หรือ Apple's App Store รวมถึงการทำงานแบบไม่ต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตในบางแอปพลิเคชัน

### 2.7.2 Hybrid Application

คือแอปพลิเคชันที่ถูกพัฒนาขึ้นมาด้วยจุดประสงค์ที่ต้องการให้สามารถรันบนระบบปฏิบัติการได้ทุก OS โดยใช้ FrameWork (ชุดคำสั่ง) เข้าช่วย เพื่อให้สามารถทำงานได้ทุกระบบปฏิบัติการ มีข้อดีคือ ทำให้ผู้พัฒนาสามารถพัฒนาชุดคำสั่งเพียงชุดเดียวที่สามารถใช้ได้ทุก

เอกสารนี้เป็นแพลตฟอร์มและทรัพย์สินทางปัญญาที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 2.7.3 Web Application

คือแอปพลิเคชันที่ถูกเขียนขึ้นมาเพื่อเป็นบราวเซอร์ สำหรับการใช้งานเว็บเพจต่างๆ ซึ่งถูกปรับแต่งให้แสดงผลเฉพาะส่วนที่จำเป็น เพื่อเป็นการลดทรัพยากรในการประมวลผลของตัวเครื่องสมาร์ทโฟนหรือแท็บเล็ต ทำให้โหลดหน้าเว็บไซต์ได้เร็วขึ้น อีกทั้งผู้ใช้งานยังสามารถใช้งานผ่านอินเทอร์เน็ตและอินทราเน็ตในความเร็วต่ำได้ ใช้งานง่ายได้สะดวก รวมถึงมีการปรับปรุง แก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆอยู่ตลอดเวลาและใช้งานได้ทุกแพลตฟอร์ม

### 2.8 Android Application

แอนดรอยด์เป็นระบบปฏิบัติการที่เป็น Open Source [6] ของค่าย Google ออกมาเมื่อประมาณปี 2006 ที่ทำงานบนสมาร์ทโฟนหรือแท็บเล็ต ทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ร่วมกับแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นบนแอนดรอยด์นั่นเอง แอนดรอยด์เป็นระบบปฏิบัติการที่มาทำตลาดแข่งขันกับ iOS ของค่าย Apple ซึ่งในปัจจุบันแอนดรอยด์ก็มีจำนวนผู้ใช้งานมากกว่า iOS เนื่องจากเป็น Open Source ที่สามารถใช้งานได้ฟรีและติดตั้งได้กับสมาร์ทโฟนหรืออุปกรณ์ได้หลากหลาย และนักพัฒนาสามารถพัฒนาแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์ได้ด้วยคอมพิวเตอร์หรือโน้ตบุ๊กธรรมดา และยังสามารถพัฒนาบนเครื่อง Mac ได้อีกด้วย ทำให้เกิดนักพัฒนาขึ้นมากมาย ซึ่งตรงข้ามกับ iOS ที่สามารถใช้ได้กับเครื่องของ Apple เท่านั้น และการพัฒนาโปรแกรมก็จะต้องทำบนเครื่อง Mac เท่านั้น ความสามารถของแอนดรอยด์นั้นทำได้หลากหลายมาก สามารถเขียนทำงานร่วมกับฮาร์ดแวร์ได้เกือบทุกอย่าง เช่น การเขียนแอปพลิเคชันจัดการด้านฐานข้อมูล การเขียนควบคุมกับอุปกรณ์ภายนอก การพัฒนาด้าน GPS หรือแม้กระทั่งการออกแบบกราฟิกหรือการเขียนเกมส์ต่างๆ ก็สามารถพัฒนาในแอนดรอยด์ได้เช่นเดียวกัน

### 2.9 Android Studio

Android Studio [7] เป็น IDE Tools ล่าสุดจาก Google ไว้พัฒนาโปรแกรมแอนดรอยด์โดยเฉพาะ โดยพัฒนาจากแนวคิดพื้นฐานมาจาก IntelliJ IDEA ซึ่งคล้ายๆกับการทำงานของ Eclipse และ Android ADT Plugin โดยวัตถุประสงค์ของ Android Studio คือต้องการพัฒนาเครื่องมือ IDE ที่สามารถพัฒนาแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งด้านการออกแบบ GUI ที่ช่วยให้สามารถ Preview ตัวแอปพลิเคชันบนมุมมองที่แตกต่างกันบนสมาร์ทโฟนแต่ละรุ่น สามารถแสดงผลบางอย่างได้ทันทีโดยไม่ต้องทำการรันบน Emulator รวมทั้งยังแก้ไขปรับปรุงในเรื่องของความเร็วของ Emulator

การเขียนแอนดรอยด์แอปพลิเคชันบน Android Studio จะมีขั้นตอนอยู่ 2 ขั้นตอนคือ ติดตั้ง Java SDK และดาวน์โหลด Android Studio มาติดตั้ง โดยที่ไม่ต้องทำการติดตั้ง Android ADT Plugin จึงช่วยลดขั้นตอนการติดตั้งเครื่องมือต่างๆได้ Android Studio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะในรูปแบบใดก็ตาม หากท่านมีข้อสงสัยหรือข้อผิดพลาด กรุณาแจ้งมาที่ [info@kmutt.ac.th](mailto:info@kmutt.ac.th) หรือติดต่อฝ่ายวิชาการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

This material is prepared for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Android studio มีความสามารถในการทำงานเด่นๆ ดังต่อไปนี้

- มีความยืดหยุ่นในการทำงานด้วยใช้ Gradle-based
- การสร้างตัวแปรและการสร้างไฟล์ APK ในหลาย ๆ แม่แบบ
- แม่แบบที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงานคุณสมบัติที่ถูกใช้งานบ่อยๆ
- ตัวช่วยแก้ไขรูปแบบ (Layout) ที่รองรับการลากและวาง
- เครื่องมือที่จะตรวจจับประสิทธิภาพการใช้งาน,การทำงานร่วมกันรุ่นและปัญหาอื่นๆ
- การสนับสนุนบิวท์อินสำหรับแพลตฟอร์ม Google Cloud ทำให้มันง่ายต่อการรวม

Google Cloud Messaging และ App Engine

## 2.10 Host-based Card Emulation

อุปกรณ์ที่ใช้แอนดรอยด์จำนวนมากที่มีฟังก์ชัน NFC แล้วสนับสนุนการจำลอง NFC ในกรณีส่วนใหญ่การดถูกจำลองโดยชิปที่แยกต่างหากในอุปกรณ์ที่เรียกว่า ส่วนความปลอดภัยหลายซิมการ์ดที่ให้บริการแบบไร้สายมีองค์ประกอบของส่วนความปลอดภัย

แอนดรอยด์ 4.4 แนะนำวิธีเพิ่มเติมของการจำลองการ์ดโดยไม่เกี่ยวข้องกับส่วนความปลอดภัยเรียกว่า host-based card emulation [8] วิธีนี้จะอนุญาตให้แอนดรอยด์แอปพลิเคชันและการ์ดที่ถูกจำลองสามารถคุยกันได้โดยตรงผ่านตัวอ่าน NFC เมื่อการ์ด NFC ที่ถูกจำลองโดย host-based card emulation ข้อมูลจะถูกส่งไปยังโฮสต์ CPU บนแอนดรอยด์แอปพลิเคชันโดยตรงแทนการส่งเฟรม NFC โปรโตคอลไปยังส่วนความปลอดภัย รูปที่ 2.5 แสดงการทำงาน host-based card emulation



รูปที่ 2.5 การทำงาน Host-based Card Emulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

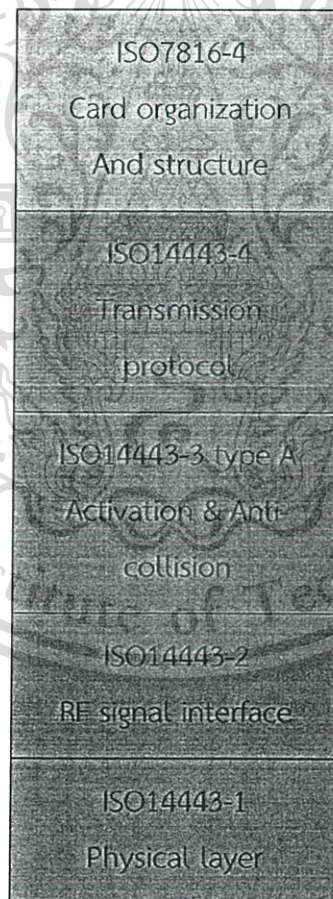
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 2.10.1 การรับรองการ์ด NFC และโปรโตคอล

มาตรฐาน NFC รองรับหลายโปรโตคอลที่แตกต่างกัน แล้วหลายประเภทของการ์ดที่สามารถจำลองได้ แอนดรอยด์ 4.4 รองรับหลายโปรโตคอลที่มีอยู่ทั่วไป การ์ดสัมผัสจะขึ้นอยู่กับโปรโตคอลเหล่านี้ อย่างเช่นการ์ดชำระเงินแบบสัมผัส ตัวอ่าน NFC ทั่วไปจะรับรองโปรโตคอลเหล่านี้รวมทั้งอุปกรณ์แอนดรอยด์ NFC ที่มีฟังก์ชันทำงานเป็นตัวอ่านได้ด้วย เราสามารถสร้างและใช้งาน end-to-end NFC กับ HCE โดยใช้เพียงอุปกรณ์แอนดรอยด์

แอนดรอยด์ 4.4 รองรับการ์ดที่จำลองซึ่งขึ้นอยู่กับมาตรฐาน NFC-Forum ISO-DEP และกระบวนการ Application Protocol Data Units ตามมาตรฐาน ISO/IEC 7816-4 แอนดรอยด์จำลอง ISO-DEP ได้เพียงแค่ NFC-A (ISO/IEC 14443-3 Type A) การรับรอง NFV-B (ISO/IEC 14443-4 Type B) เปิดเพียงตัวเลือก ชั้นโปรโตคอลของแอนดรอยด์ HCE แสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ชั้นโปรโตคอลของแอนดรอยด์ HCE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 2.10.2 บริการ HCE

สถาปัตยกรรม HCE ใน แอนดรอยด์ จะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของบริการ HCE หนึ่งในข้อดีของบริการนี้คือสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องเรียกใช้งาน นี่เป็นสิ่งที่เหมาะสำหรับการทำงานของแอปพลิเคชัน HCE คล้ายบัตรสมาชิก ที่ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องเปิดแอป และอุปกรณ์บนตัวอ่าน NFC อีกครั้งเป็นการเริ่มใช้บริการที่ถูกต้อง (ถ้าไม่ได้ทำงานอยู่) และการดำเนินการเป็นพื้นหลัง เราสามารถเพิ่มบริการของผู้ใช้งาน เช่น แสดงการแจ้งเตือนจากบริการที่สามารถทำได้

### 2.11 ลำโพง

ลำโพง (loudspeaker, speaker) [9] เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าเชิงกลอย่างหนึ่งซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นเสียง มีด้วยกันหลายแบบ คำว่า ลำโพง มักจะเรียกรวมกันทั้งดอกลำโพงหรือตัวขับ (driver) และลำโพงทั้งระบบ (speaker system) ที่ประกอบด้วยลำโพงและวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแบ่งย่านความถี่ (ครอสโอเวอร์เน็ตเวิร์ก) ลำโพงนับเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในระบบเครื่องเสียง โดยมีขนาดตั้งแต่เล็กเท่าปลายนิ้ว จนถึงใหญ่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนับสิบนิ้ว โดยมีโครงสร้างที่แตกต่างกัน

เสียงของลำโพงจะเป็นคลื่นตามยาว เสียงแหลมและทุ้มขึ้นกับความถี่ส่วนเสียงดังหรือค่อยขึ้นอยู่กับขนาดแอมพลิจูดของคลื่นนั้น ไมโครโฟนมีหน้าที่แปลงสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าและนำสัญญาณที่ได้ไปบันทึกลงบนเทปคาสเซ็ท แผ่น CD หรือเครื่องเล่น MP3 ในปัจจุบันเมื่อเราต้องการจะนำเสียงที่บันทึกกลับออกมา ภายในเครื่องเล่นเหล่านี้จะมีหัวอ่านคอยอ่านสัญญาณทางไฟฟ้าที่บันทึกอยู่ในเนื้อเทป ซึ่งในขณะที่อ่านยังเป็นสัญญาณที่อ่อนมากจึงต้องนำเข้าเครื่องขยายสัญญาณก่อนเมื่อได้สัญญาณที่แรงพอแล้วจึงขับออกทางลำโพง กลายเป็นเสียงออกมา

### 2.12 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า

วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า (Voltage divider circuit) [10] เป็นวงจรที่ใช้สำหรับแบ่งค่าแรงดันไฟฟ้าออกเป็นหลายๆ ค่า เพื่อใช้เลี้ยงอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆในวงจรโดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าเพียงแหล่งเดียว โดยนำตัวต้านทาน (resistor) มาเป็นตัวแบ่ง แล้วนำกฎของโอห์มมาประยุกต์ใช้ในการแบ่งแรงดันไฟฟ้าในวงจร วงจรแบ่งแรงดันนี้เป็นวงจรที่ประกอบด้วยตัวต้านทานตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป โดยต่ออนุกรมกันกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า (electric source) วงจรแบ่งแรงดันนี้ แสดงดังรูปที่ 2.7 ซึ่ง

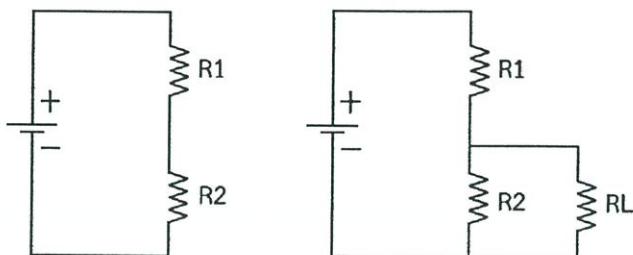
แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

- ก. วงจรแบ่งแรงดันแบบไม่มีโหลด (unloaded voltage divider circuit)
- ข. วงจรแบ่งแรงดันแบบมีโหลด (loaded voltage divider circuit)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

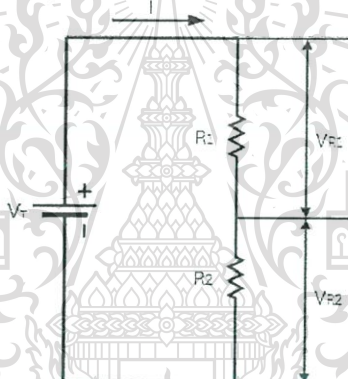


ก. วงจรแบ่งแรงดันแบบไม่มีโหลด      ข. วงจรแบ่งแรงดันแบบมีโหลด

รูปที่ 2.7 วงจรแบ่งแรงดันแบบต่างๆ

2.12.1 วงจรแบ่งแรงดันแบบไม่มีโหลด

วงจรวัดแรงดันแบบไม่มีโหลดแสดงดังรูปที่ 2.8 วิเคราะห์โดยใช้กฎของโอห์ม



รูปที่ 2.8 วงจรแบ่งแรงดันแบบไม่มีโหลด

จากกฎของโอห์มสามารถหาค่ากระแส  $I$  ได้จาก

$$I = \frac{V_T}{R_1 + R_2} \tag{2.6}$$

ดังนั้นแรงดันตกคร่อม  $R_1$  และ  $R_2$  จะมีค่าดังนี้

$$V_{R1} = IR_1 = V_T \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) \tag{2.7}$$

$$V_{R2} = IR_2 = V_T \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \tag{2.8}$$

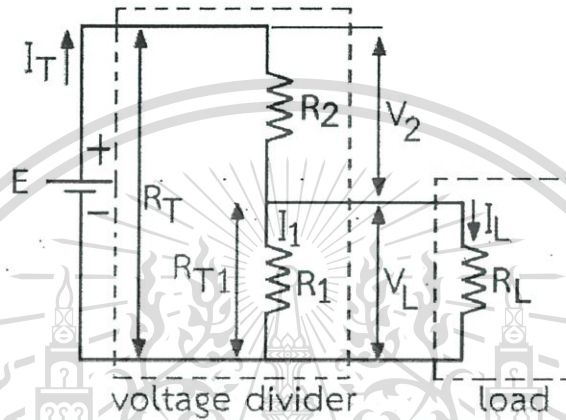
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.12.2 วงจรแบ่งแรงดันแบบมีโหลด

การต่อตัวต้านทาน หรือโหลดเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานหรือโหลดแต่ละตัวที่ทำหน้าที่แบ่งแรงดันอยู่นั้น จะเรียกว่า กระแสบริดเตอร์ (bleeder current) ซึ่งค่ากระแสบริดเตอร์ควรมีค่าน้อย 10-20% ของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลด (IL) ที่มีการต่อวงจร วงจรแบ่งแรงดันแบบมีโหลดแสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 วงจรแบ่งแรงดันแบบมีโหลด

จากรูปที่ 2.9 กำหนดให้

- $E$  คือ แหล่งกำเนิดไฟฟ้า
- $R_1, R_2$  คือ ความต้านทานในวงจร
- $R_L$  คือ ความต้านทานของโหลด
- $R_{T1}$  คือ ความต้านทานรวม  $R_1$  และ  $R_L$
- $R_T$  คือ ความต้านทานรวมทั้งวงจร
- $I_T$  คือ กระแสไฟฟ้ารวมในวงจร
- $I_1$  คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน  $R_1$
- $I_L$  คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลด
- $V_L$  คือ แรงดันตกคล่อมโหลด
- $V_2$  คือ แรงดันตกคล่อมความต้านทาน  $R_2$

จากรูปที่ 2.8 จะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$R_{T1} = \frac{R_1 R_L}{R_1 + R_L} \tag{2.9}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้สมการค่าแรงดันคือ

$$V_L = \frac{ER_{T1}}{R_T} \quad (2.11)$$

$$V_2 = \frac{ER_2}{R_T} \quad (2.12)$$

หรืออาจหา  $V_2$  โดยใช้ความสัมพันธ์  $V_2 = E - V_L$  ก็ได้

นอกจากนี้สมการแสดงค่ากระแสไฟฟ้า คือ

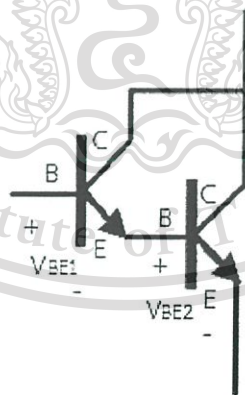
$$I_L = \frac{V_L}{R_L} \quad (2.13)$$

$$I_1 = \frac{V_L}{R_1} \quad (2.14)$$

$$I_T = I_1 + I_L \quad (2.15)$$

### 2.13 ทรานซิสเตอร์ดาร์ลิ่งตัน

ทรานซิสเตอร์ดาร์ลิ่งตัน (Darlington transistor) [11] เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่รวมเอาทรานซิสเตอร์แบบไบโพลาร์ 2 ตัวแบบเดียวกัน มาเชื่อมต่อแบบ tandem ให้เป็นอุปกรณ์ตัวเดียว ดังแสดงในรูปที่ 2.10 โดยมีการขยายกระแสผ่านทรานซิสเตอร์ตัวแรก จากนั้นก็ขยายโดยทรานซิสเตอร์ตัวที่สองอีกทอดหนึ่ง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีอัตราขยาย (gain) ที่สูงมาก



รูปที่ 2.10 ทรานซิสเตอร์ดาร์ลิ่งตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 2.13.1 คุณสมบัติ

ทรานซิสเตอร์แบบคู่คาร์ลิงตันนั้นทำงานเหมือนทรานซิสเตอร์ตัวเดียว ที่มีอัตราขยายกระแสสูงมาก อัตราขยายรวมของทรานซิสเตอร์แบบคาร์ลิงตันนั้น เท่ากับผลคูณของอัตราขยายของทรานซิสเตอร์แต่ละตัว ดังสมการที่ 2.16

$$\beta_{Darlington} = \beta_1 \times \beta_2 \quad (2.16)$$

ในปัจจุบัน อุปกรณ์สมัยใหม่โดยทั่วไปจะมีอัตราขยายสูงถึง 1,000 หรือมากกว่านี้ ดังนั้นจึงต้องการกระแสเบสที่น้อยมาก เพื่อสวิตช์ให้คู่คาร์ลิงตันนี้ทำงาน ในอุปกรณ์รวมนั้นจะมี 3 ขา (B, C และ E) เทียบเท่ากับขาของทรานซิสเตอร์มาตรฐานโดยทั่วไป สำหรับแรงดันเบส-อิมิตเตอร์นั้นจะมีค่า ดังสมการที่ 2.17

$$V_{BE} = V_{BE1} + V_{BE2} \quad (2.17)$$

การเปิดให้ทำงานนั้นจะต้องมีแรงดันประมาณ 0.6 โวลต์คร่อมเบส-อิมิตเตอร์ทั้งสอง ซึ่งเชื่อมต่อแบบอนุกรมภายในคู่คาร์ลิงตันนี้ ดังนั้นจึงต้องการแรงดันมากกว่า 1.2 โวลต์เพื่อจะเปิดการทำงาน และเมื่อคู่คาร์ลิงตันมีสภาพการนำไฟฟ้าเต็ม ก็จะมีแรงดันไฟฟ้าอิมิตเตอร์เท่ากับ 0.6 โวลต์ ในการจัดวงจรแบบนี้ทำให้เกิดการสูญเสียกำลังเป็นความร้อนมากและข้อเสียอีกอย่างหนึ่งของทรานซิสเตอร์แบบคู่คาร์ลิงตันก็คือ ความเร็วในการสวิตช์จะช้า เนื่องจากทรานซิสเตอร์ตัวแรกไม่สามารถจ่ายกระแสได้อย่างรวดเร็วไปยังขาเบสของทรานซิสเตอร์ตัวที่สอง ทำให้คู่คาร์ลิงตันนี้สวิตช์ปิดช้า การแก้ปัญหาดังกล่าว มักจะใช้ตัวต้านทานค่าประมาณ 200 โอห์ม เชื่อมต่อระหว่างขาเบสและอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวที่สอง

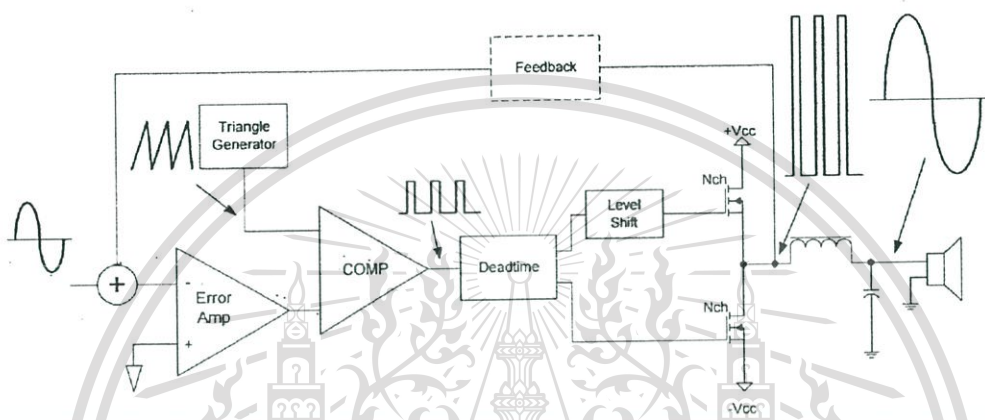
## 2.14 Class D power amplifier

หลักการการทำงานของพาวเวอร์แอมป์คลาส D [12] จะอยู่บนพื้นฐานของการสวิตช์ของทรานซิสเตอร์ที่เปิดหรือปิดในช่วงเวลาสั้นๆ โดยที่ทรานซิสเตอร์ทั้ง 2 จะต้องไม่เปิดในเวลาเดียวกัน พาวเวอร์แอมป์คลาส D นี้มีประสิทธิภาพสูง (ประมาณ 95%) พาวเวอร์แอมป์คลาส D แบ่งการทำงานออกเป็น 3 สถานะ คือ การสวิตช์ของอินพุต , การขยายกำลังงาน และ การกรองเอาต์พุต

สำหรับพาวเวอร์แอมป์คลาส D ที่ทำงานในโหมดสวิตช์ PWM (pulse-width modulation) จะถูกนำมาใช้ โดยเทคนิคนี้จะทำให้สัญญาณเสียงแปลงไปเป็นรูปคลื่นที่มีการสวิตช์ความถี่สูง โดยการทำงานเริ่มจากสัญญาณเสียงจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับสัญญาณรูปสามเหลี่ยม

ซึ่งมีความถี่สูงโดยการใช้ตัวเปรียบเทียบสัญญาณ จากนั้นเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบกับสัญญาณจะต่ออยู่กับสถานะขยายกำลังงานโดย MOSFETs (Metal-oxide-silicon field effect transistors) จะถูกนำมาใช้จำนวน 2 ตัว ซึ่งจะสลับกันเปิดหรือปิดในช่วงเวลาสั้นๆ โดยเมื่อ MOSFETs เปิด จะมีแรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์ และเมื่อ MOSFETs ปิด จะไม่มีกระแสไหลผ่านทรานซิสเตอร์ ทำ

ให้เกิดการเปิด - ปิด หรือเรียกว่ามีการสวิตช์ MOSFETs ด้วยวิธีการดังกล่าวทำให้มีการกระจายของกำลังงานในรูปของความร้อนต่ำ จึงไม่ต้องการฮีทซิงค์ ซึ่งการต่อ MOSFETs ทั้งสองนั้นจะเป็นการต่อแบบ half-bridge และเมื่อสัญญาณได้รับการขยายกำลังแล้วจะใช้ Low-pass filter เพื่อดึงสัญญาณดั้งเดิมออกมา คือจะแปลงสัญญาณ PWM กลับมาเป็นสัญญาณอะนาลอก โดยการทำงานแสดงดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 การทำงานแปลงสัญญาณ PWM กลับมาเป็นสัญญาณอะนาลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## บทที่ 3

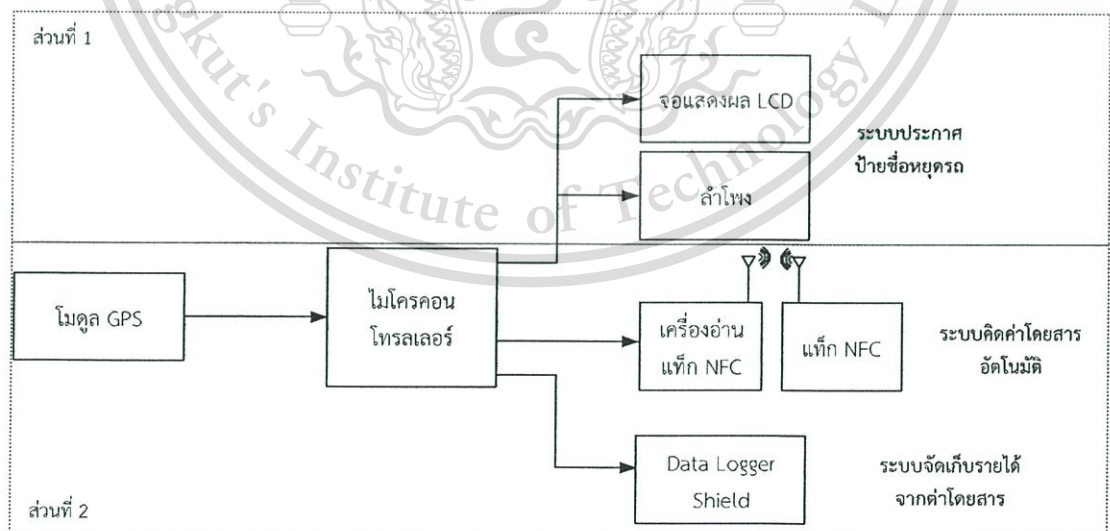
### การออกแบบและการจัดทำปริญญาบัตร

#### 3.1 การออกแบบ

##### 3.1.1 การทำงานของระบบ

ระบบเก็บค่าโดยสารและประกาศป้ายหยุดรถสำหรับรถขนส่งสาธารณะที่นำเสนอนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรก คือ ระบบประกาศชื่อป้ายหยุดรถ การทำงานเริ่มจากไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าพิกัดของรถโดยสารจาก GPS module แล้วนำมาคำนวณระยะห่างระหว่างป้ายรถโดยสารและพิกัดของรถโดยสาร จากนั้นจะประกาศชื่อป้ายรถโดยสารผ่านทางลำโพง และแสดงชื่อป้ายรถโดยสารผ่านทางหน้าจอ LCD

ส่วนที่สอง จะถูกแบ่งออกเป็นสามย่อยๆ อีกสามส่วนโดยส่วนแรกจะทำหน้าที่เป็นระบบคิดค่าโดยสารอัตโนมัติ ที่ป้ายหยุดรถต้นทาง แท็ก NFC จะเก็บค่าพิกัดของตำแหน่งนั้น เมื่อถึงป้ายหยุดรถปลายทาง แท็ก NFC จะเก็บค่าของพิกัดนั้น แล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะคำนวณค่าโดยสารและหักค่าโดยสารจากแท็ก NFC ของผู้โดยสาร ส่วนที่สองจะทำหน้าที่เป็นระบบเติมเงินลงบนแท็ก NFC โดยจำนวนเงินที่สามารถเติมได้มีค่าตั้งแต่ 1 บาทถึง 9999 บาท และส่วนที่สามจะทำหน้าที่จัดเก็บรายได้จากค่าโดยสารตลอดหนึ่งรอบการเดินรถและรายได้จากการเติมเงินลงบนแท็ก NFC ซึ่งบล็อกไดอะแกรมโดยรวมของระบบแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบประกาศป้ายหยุดรถและระบบคิดค่าโดยสารอัตโนมัติ

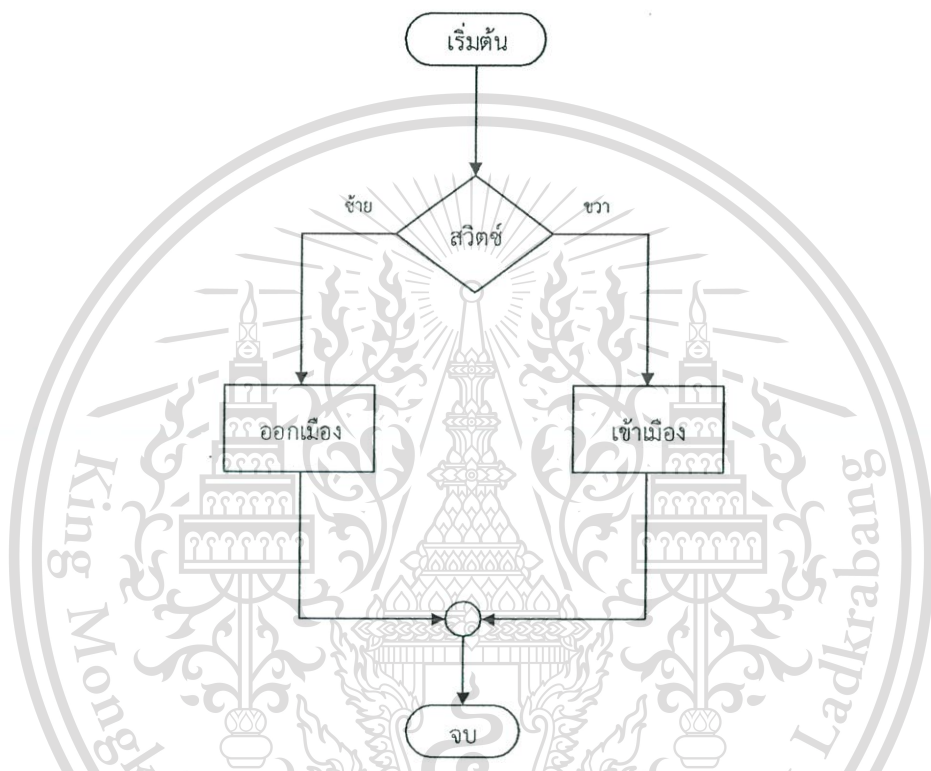
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการละเมิดลิขสิทธิ์อื่น ๆ เมื่อผู้ใช้ได้เห็นว่าเอกสารนี้เกี่ยวข้องกับการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 3.1.2 การออกแบบโปรแกรมเลือกทิศทางการเดินทาง

เส้นทางการเดินทางประจำทางนั้นมี 2 ทิศทาง คือ เข้าเมืองและออกเมือง การประกาศและแสดงชื่อป้ายรถโดยสารบนหน้าจอ นั้น ผู้ขับรถโดยสารจำเป็นต้องเลือกทิศทางในการเดินทาง ดังนั้นจึงต้องมีสวิตช์เพื่อใช้เลือกทิศทาง ซึ่งผังการทำงานของโปรแกรมเลือกทิศทางการเดินทางแสดงดังรูปที่ 3.2

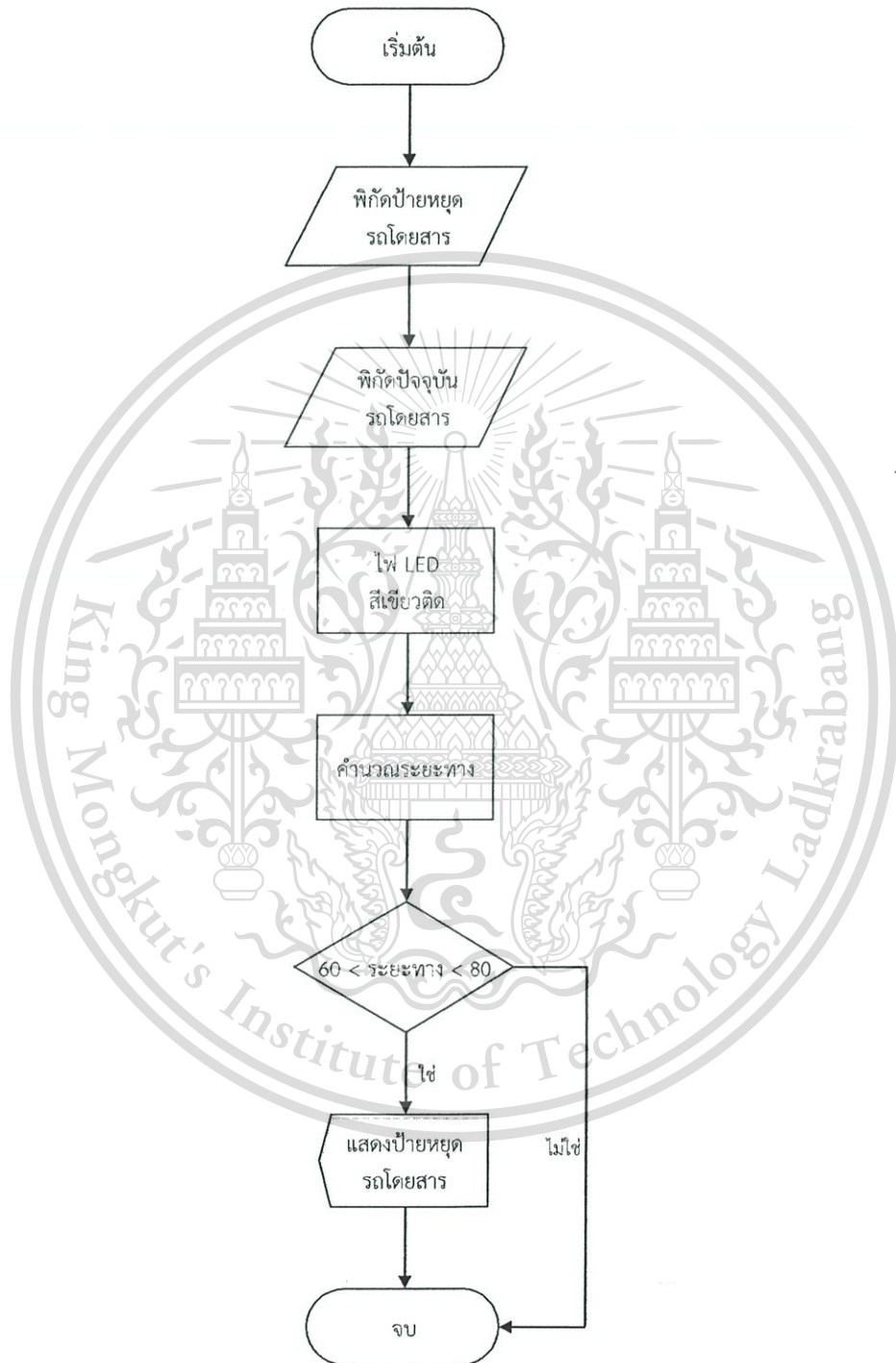


รูปที่ 3.2 ผังการทำงานของโปรแกรมเลือกทิศทางการเดินทาง

### 3.1.3 การออกแบบโปรแกรมเสียงประกาศและแสดงแผนที่เส้นทางเมื่อถึงป้ายหยุดรถ

ผังการทำงานของโปรแกรมเสียงประกาศและแสดงแผนที่เส้นทางได้ออกแบบดังรูปที่ 3.3 โดยเริ่มต้น ระบบจะเก็บพิกัดของป้ายรถโดยสารไว้ในหน่วยความจำของراسเบอร์รี่ พาย จากนั้นเมื่อได้รับพิกัดของรถโดยสารจาก GPS module ไฟแสดงสถานะจะเป็นสีเขียวเพื่อให้พนักงานขับรถทราบว่าระบบสามารถทำงานได้เป็นปกติ จากนั้นระบบจะทำการคำนวณระยะห่างระหว่างพิกัดปัจจุบันของรถโดยสารกับพิกัดของป้ายรถโดยสาร ถ้าระยะห่างมีค่าระหว่าง 60 ถึง 80 เมตรจะทำให้ระบบจะแสดงอักษรของชื่อป้ายหยุดรถ และประกาศชื่อป้ายหยุดรถผ่านทางลำโพง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าจอ LCD ก่อนถึงป้ายหยุดรถเป็นเวลา 7.2 ถึง 9.6 วินาที ตามลำดับ เมื่อความเร็วของรถโดยสารมีค่า 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



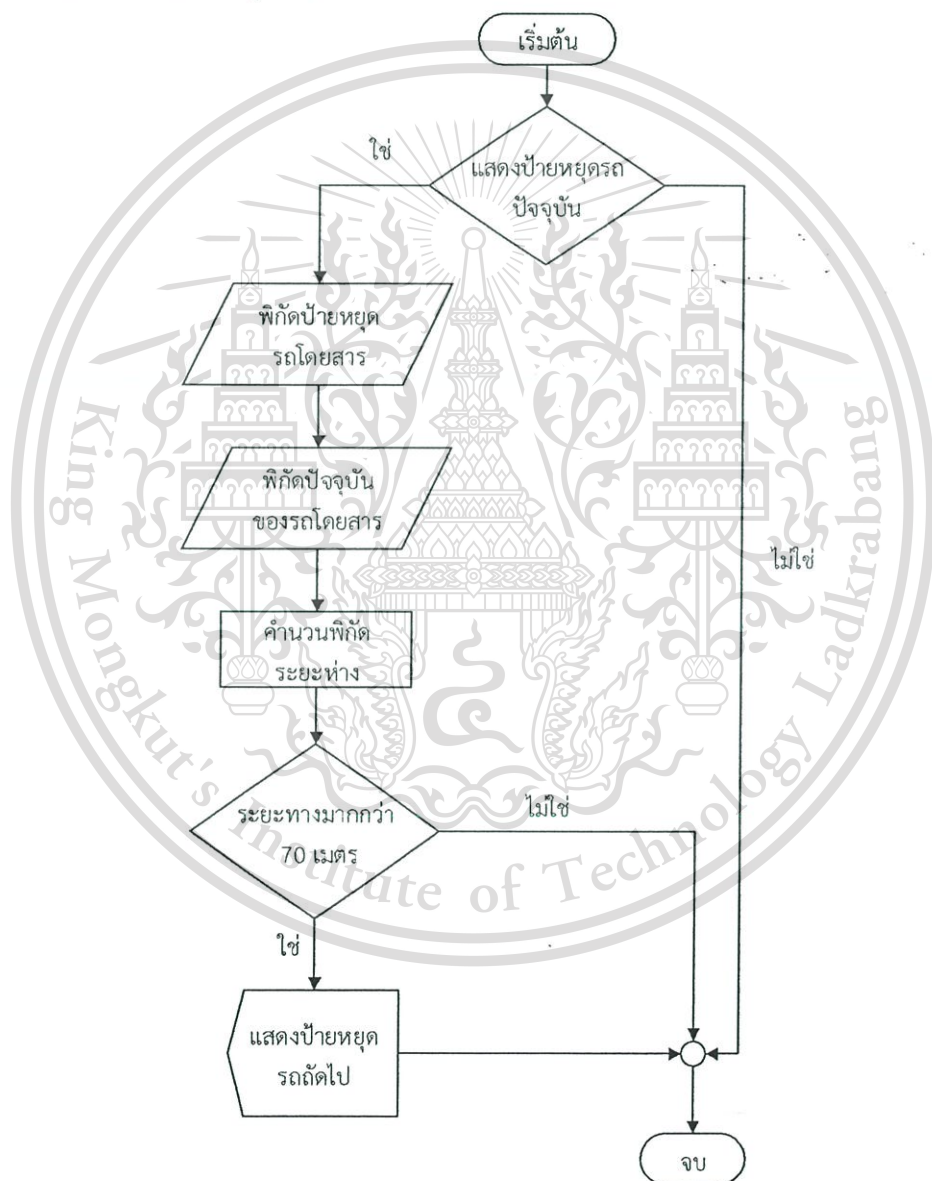
รูปที่ 3.3 ผังการทำงานของโปรแกรมเสียงประกาศและแสดงแผนที่เส้นทางเมื่อถึงป้ายหยุดรถ  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 3.1.4 การออกแบบโปรแกรมเสียงประกาศและแสดงแผนที่เส้นทางของป้ายหยุดรถถัดไป

เมื่อรถโดยสารถึงป้ายหยุดรถและระบบได้ประกาศและแสดงแผนที่ของป้ายหยุดรถปัจจุบันแล้ว หลังจากทีรถโดยสารเคลื่อนที่ออกจากป้ายหยุดรถปัจจุบันเป็นระยะทาง 70 เมตร หน้าจอ LCD จะแสดงอักษรและประกาศชื่อป้ายหยุดรถลำดับถัดไปผ่านทางลำโพง โดยผังการทำงานของโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ผังการทำงานของโปรแกรมเสียงประกาศและแสดงแผนที่ของป้ายหยุดรถถัดไป

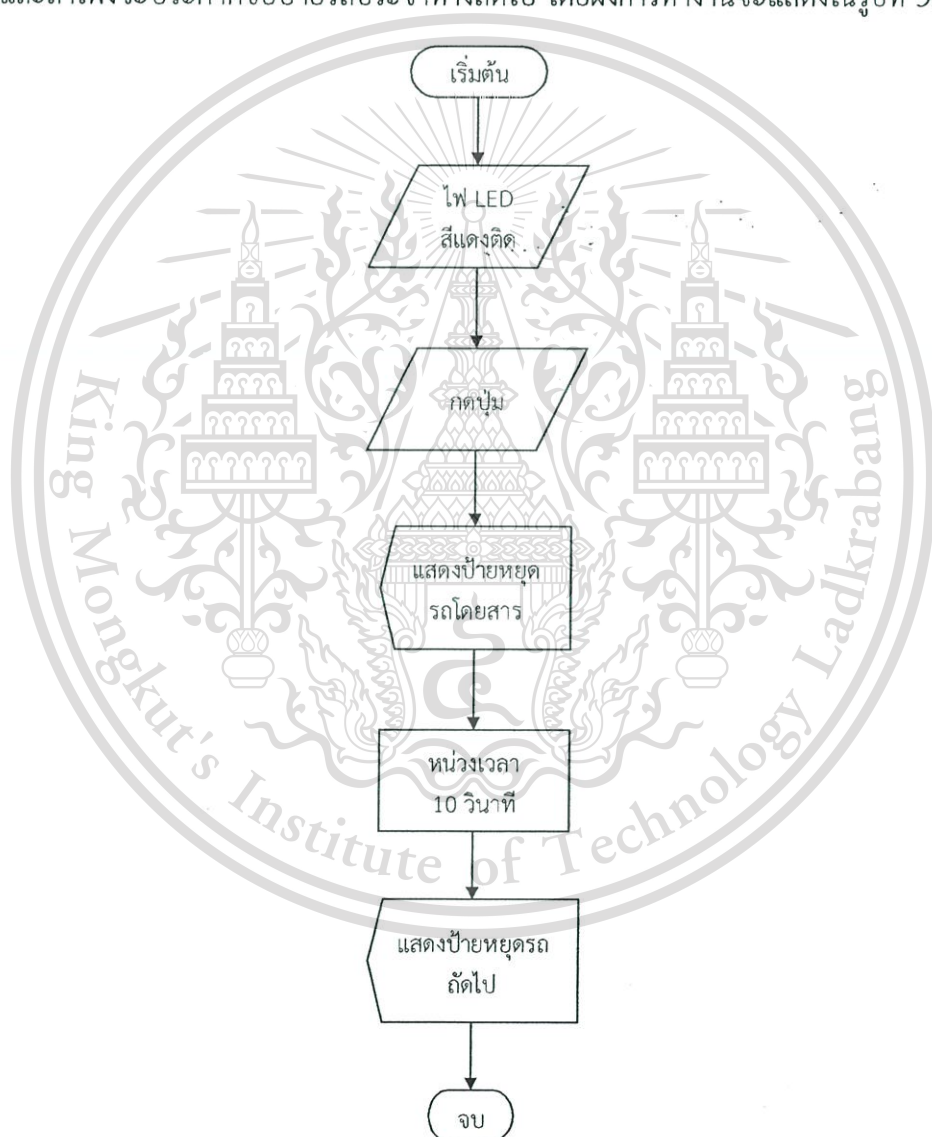
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 3.1.5 การออกแบบโปรแกรมสำหรับปุ่มกดในกรณีที่ระบบไม่สามารถรับสัญญาณ GPS ได้

ในกรณีที่ระบบไม่สามารถรับสัญญาณ GPS จากดาวเทียมได้ ระบบจะไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ ซึ่งระบบจะมีการแจ้งเตือนพนักงานขับรถโดยไฟแสดงสถานะจะเป็นสีแดง จากนั้นพนักงานขับรถจะต้องทำการกดปุ่มเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ตามปกติ โดยหน้าจอจะแสดงอักษรและลำโพงจะประกาศชื่อป้ายรถประจำทาง หลังจากนั้น 10 วินาที หน้าจอจะแสดงอักษรและลำโพงจะประกาศชื่อป้ายรถประจำทางถัดไป โดยผังการทำงานจะแสดงในรูปที่ 3.5



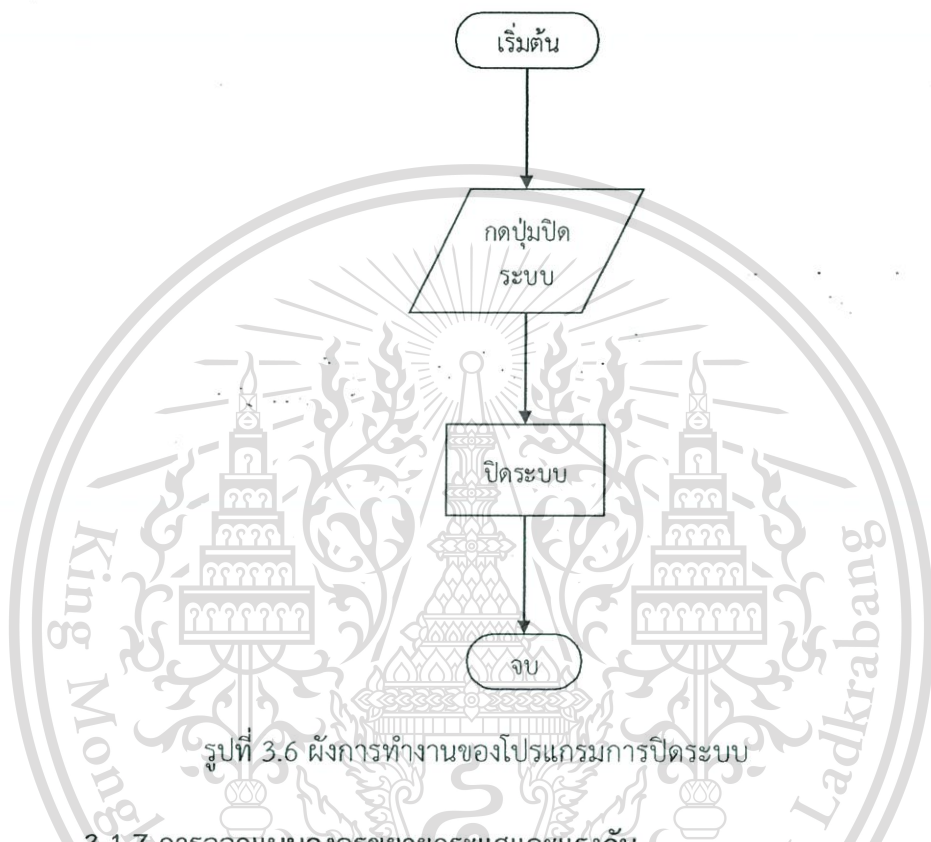
รูปที่ 3.5 ผังการทำงานของโปรแกรมสำหรับปุ่มกดในกรณีที่ระบบไม่สามารถรับสัญญาณ GPS ได้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 3.1.6 การออกแบบโปรแกรมการปิดระบบ

เนื่องจากราสเบอร์รี่ พาย เปรียบเสมือนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก การปิดเครื่องจึงจำเป็นต้องทำให้ถูกต้องก่อนถอดปลั๊ก ดังนั้นจึงต้องมีสวิตช์เพื่อใช้ในการปิดเครื่อง โดยผังการทำงานแสดงในรูปที่ 3.6



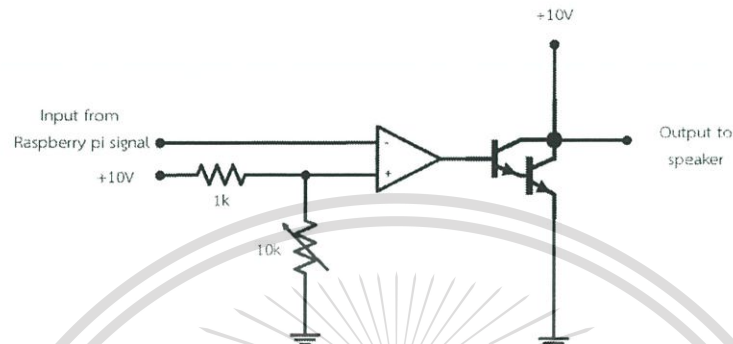
รูปที่ 3.6 ผังการทำงานของโปรแกรมการปิดระบบ

### 3.1.7 การออกแบบวงจรขยายกระแสและแรงดัน

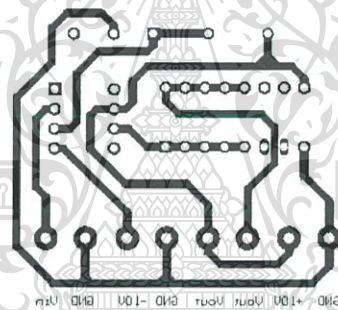
การประกาศเสียงผ่านลำโพงจะใช้สัญญาณเอาต์พุตจากราสเบอร์รี่ พาย โดยจากแผนภาพวงจรของราสเบอร์รี่ พายนั้น แสดงให้เห็นว่าราสเบอร์รี่ พายจะทำหน้าที่เหมือนคลาสิคพีเอเวอร์แอมป์ทำให้เอาต์พุตที่ได้มีลักษณะเป็นสัญญาณ PWM แต่ว่าเป็นสัญญาณ PWM ที่มีกำลังของสัญญาณไม่เพียงพอเพื่อขับออกลำโพง จึงต้องใช้วงจรขยายกระแสและแรงดันเพื่อเพิ่มกำลัง วงจรแสดงดังรูปที่ 3.7 โดยสัญญาณเสียงจากราสเบอร์รี่ พายจะเข้ามาเป็นอินพุตของวงจรเปรียบเทียบกับแรงดันซึ่งมีสัญญาณอ้างอิงเป็นสัญญาณไฟตรงจากวงจรแบ่งแรงดัน ซึ่งสัญญาณไฟตรงที่ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 500 ถึง 800 มิลลิโวลต์ เพื่อทำการปรับรูปร่างสัญญาณ จากนั้นเอาต์พุตจากวงจรเปรียบเทียบกับแรงดันจะเป็นอินพุตให้กับวงจรดาร์ลิงตัน เพื่อขยายขนาดกระแสให้เพียงพอในการขับลำโพง ซึ่งในปริณญาณิพนธ์นี้ ได้ใช้ ไอซี ULN 2003 [13] เป็นวงจรดาร์ลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

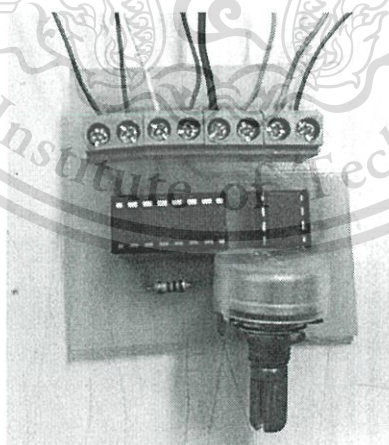
ตัน และไอซี LF 351 [14] เป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดัน ซึ่งแรงดันของสัญญาณเอาต์พุตนั้นจะ  
 มากน้อยขึ้นอยู่กับไฟเลี้ยงที่ให้กับไอซี ULN 2003 โดยในที่นี้มีค่า 10 โวลต์



ก. การออกแบบวงจรขยายกระแสและแรงดัน



ข. ปลาย PCB ของวงจรขยายกระแสและแรงดัน



ค. การวางอุปกรณ์ของวงจรขยายกระแสและแรงดัน

รูปที่ 3.7 วงจรขยายกระแสและแรงดัน

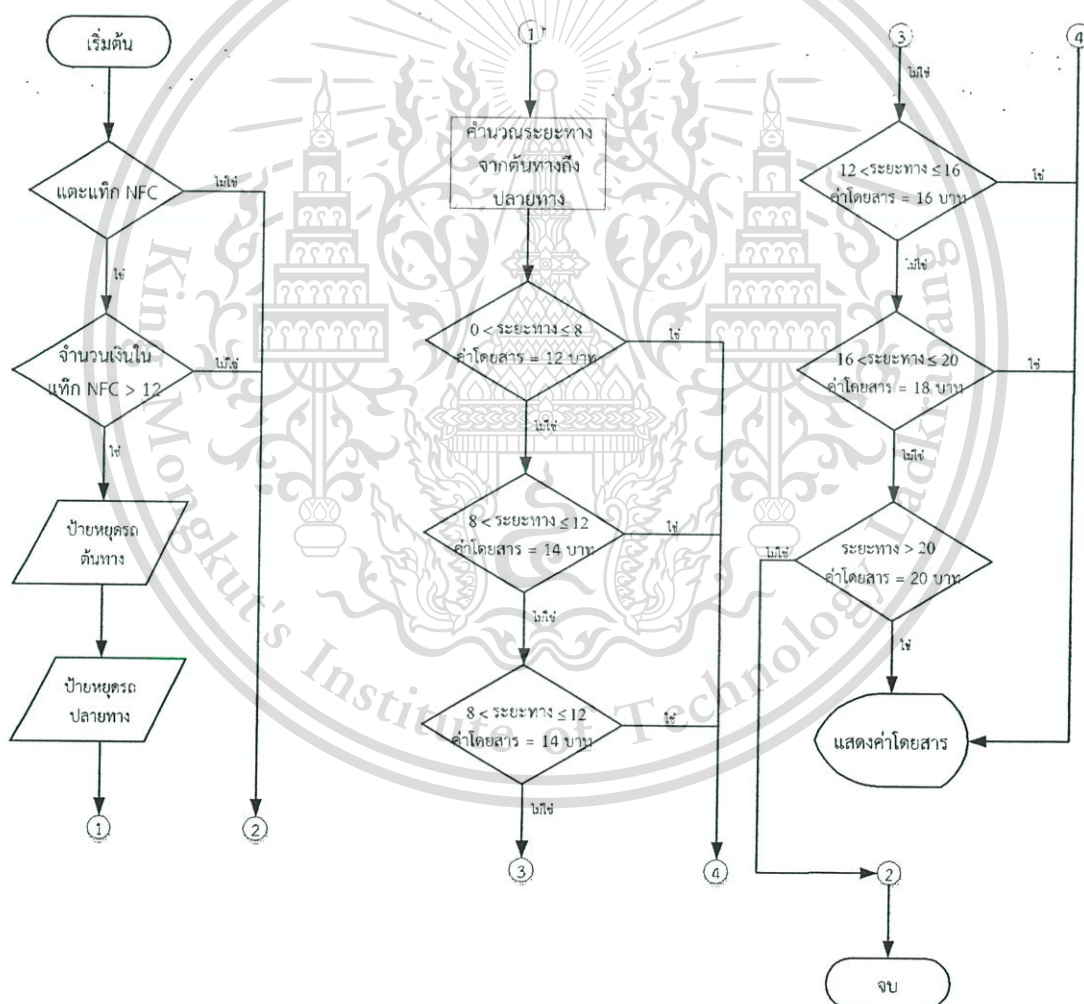
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 3.1.8 การออกแบบการคิดค่าโดยสารผ่าน NFC

การคิดค่าโดยสารนั้น เมื่อผู้โดยสารแตะแท็ก NFC ระบบจะตรวจสอบจำนวนเงินที่มี หากจำนวนเงินมีมากกว่า 12 บาท ซึ่งเป็นค่าโดยสารของระยะทางสั้นสุด ผู้โดยสารจะสามารถใช้งานระบบหักค่าโดยสารผ่านทาง NFC ได้ โดยการหักเงินค่าโดยสารนั้นจะอ้างอิงจากกรมขนส่งทางบก [15] ซึ่งค่าโดยสารจะคิดตามระยะทางแสดงดังตารางที่ 3.1 ซึ่งผังการทำงานแสดงในรูปที่ 3.8 และเมื่อผู้โดยสารลงจากรถโดยสารและทำการแตะแท็ก NFC อีกครั้ง ระบบจะหักค่าโดยสารออกจากแท็ก NFC แต่ถ้าจำนวนเงินไม่เพียงพอจำนวนเงินที่เหลือในบัตรจะติดลบ ซึ่งผู้โดยสารต้องทำการเติมเงินก่อนการใช้บริการในครั้งต่อไป



รูปที่ 3.8 ผังการทำงานของการคิดค่าโดยสารผ่าน NFC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 3.1 อัตราค่าโดยสาร

ระยะทาง	ค่าโดยสาร
0 – 8 กิโลเมตร	12.00 บาท
8 – 12 กิโลเมตร	14.00 บาท
12 – 16 กิโลเมตร	16.00 บาท
16 – 20 กิโลเมตร	18.00 บาท
ระยะทาง 20 กิโลเมตรขึ้นไป	20.00 บาท

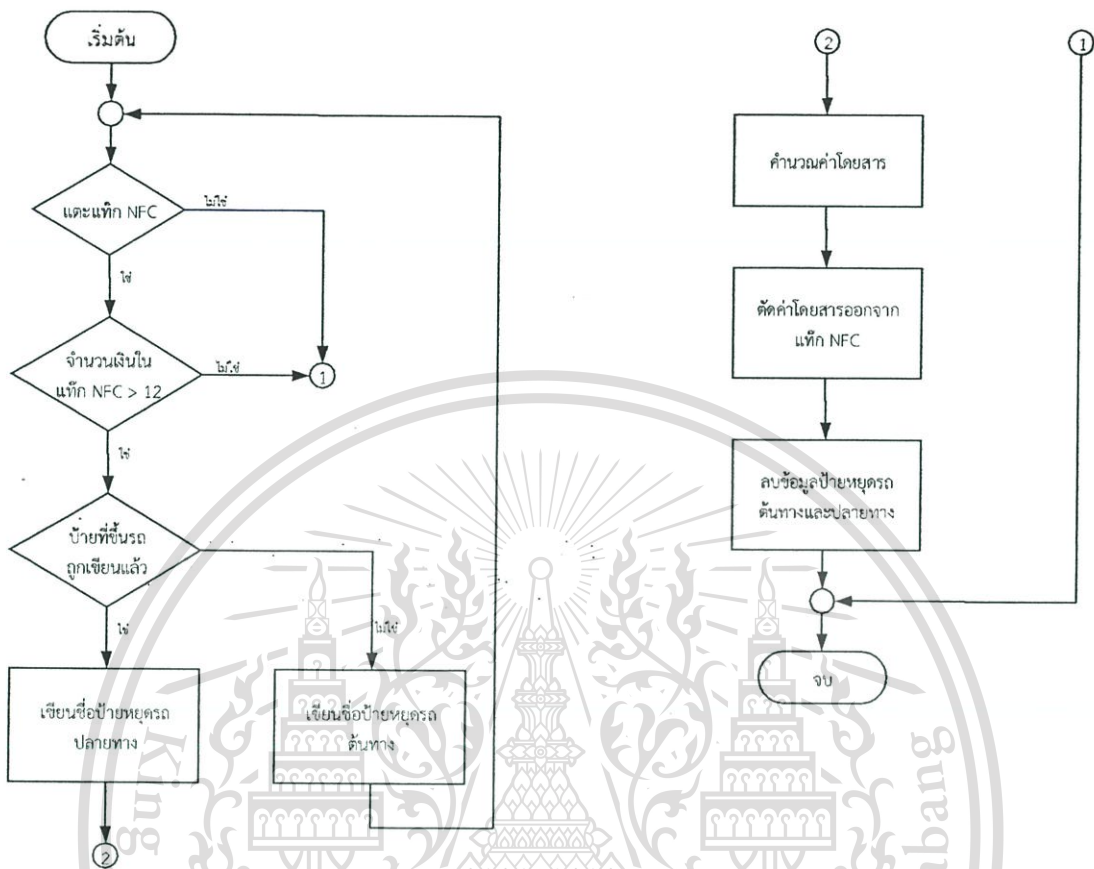
### 3.1.9 การออกแบบการอ่านและเขียนค่าบนแท็ก NFC

เมื่อรถโดยสารถึงป้ายหยุดรถและผู้โดยสารแตะแท็ก NFC ขณะทำการขึ้นและลงจากรถโดยสาร แท็ก NFC จะบันทึกสถานีดังกล่าวไว้ จากนั้นจะนำสถานีทั้งสองมาคำนวณหาระยะทางระหว่างกัน เพื่อเปรียบเทียบค่าโดยสาร และทำการตัดเงินออกจากแท็ก NFC โดยผังการทำงานแสดงในรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.9 ผังการทำงานของโปรแกรมสำหรับเขียนค่าและอ่านค่าบนแท็ก NFC

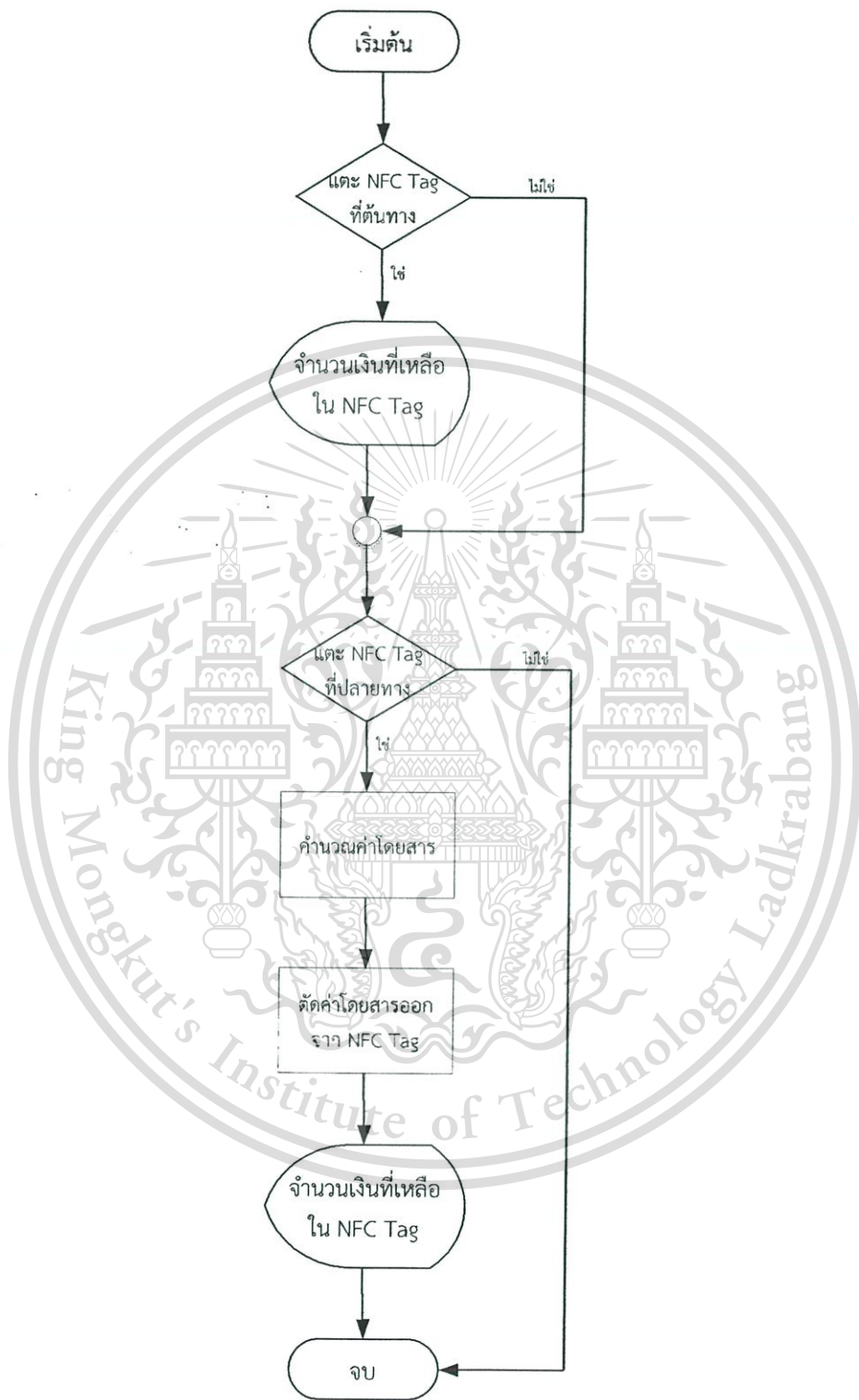
### 3.1.10 การออกแบบการแสดงผลจำนวนเงินในแท็ก NFC บนหน้าจอ LCD

เมื่อผู้โดยสารแตะแท็ก NFC ขณะขึ้นรถโดยสารที่ป้ายหยุดรถต้นทางหน้าจอ LCD จะแสดงจำนวนเงินที่ผู้โดยสารมีในแท็ก NFC และขณะลงจากรถโดยสารที่ป้ายหยุดรถปลายทางหน้าจอ LCD จะแสดงค่าโดยสารและจำนวนเงินที่เหลือหลังจากถูกหักค่าโดยสารไปแล้ว ผังการทำงานแสดงในรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.10 ผังการทำงานการแสดงผลจำนวนเงินในแท็ก NFC บนหน้าจอ LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.