บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมเครื่องเตือนภัยโจรกรรมรถยนต์ที่ใช้สมองกลฝังตัวควบคุมการส่งคลิปวีดีโอทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบจีเอสเอ็ม โดยแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อดังนี้

1. ทฤษฎีที่สัมพันธ์กับเรื่องที่วิจัย
2. งานวิจัยที่สัมพันธ์กับเรื่องที่วิจัย

2.1 ทฤษฎีที่สัมพันธ์กับเรื่องที่วิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีที่สัมพันธ์กับเรื่องนวัตกรรมเครื่องเตือนภัยโจรกรรมรถยนต์ที่ใช้สมองกลฝังตัวควบคุมการส่งคลิปวีดีโอทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบจีเอสเอ็ม โดยแบ่งออกเป็นหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

1. ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่
2. อุปกรณ์เครื่องลูกข่าย
3. องค์ประกอบภายในโทรศัพท์เคลื่อนที่
4. โครงสร้างของระบบจีเอสเอ็ม
5. บริษัทที่ดำเนินธุรกิจให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบจีเอสเอ็มในประเทศไทย
6. การรับและส่งสัญญาณของโทรศัพท์ Nokia
7. ไมโครคอนโทรลเลอร์
8. ประเภทของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1.1 ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

ระบบโทรศัพท์ได้ถือกำเนิดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2419 โดยอเล็กซานเดอร์เกรแฮมเบล เป็นผู้วางรากฐานของระบบโทรศัพท์ การใช้งานเริ่มแรกอาศัยการสวิตช์ด้วยคน ต่อมาใช้ระบบสวิตช์แบบอัตโนมัติด้วยกลไกทางแม่เหล็กไฟฟ้าจำพวกรีเลย์และได้พัฒนามาเป็นระบบครอสบาร์จนมาถึงยุคปัจจุบันพัฒนาการด้านอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ได้ถูกนำมาใช้จึงทำให้ระบบโทรศัพท์ที่ใช้ได้เปลี่ยนแปลงวิธีการจากสวิตช์มาเป็นแบบดิจิตอล มีการแปลงสัญญาณเสียงให้เป็นดิจิตอล โดยแถบ

เสียงขนาด 4 กิโลเฮิร์ทซ์ ต่อวินาที ใช้อัตราสุ่ม 8,000 ครั้งต่อวินาที ได้สัญญาณดิจิตอลขนาด 64 กิโลบิตต่อวินาที ระบบเซลลูลาร์เริ่มพัฒนาขึ้นใช้งานในช่วงปี 1983 ระบบแรกที่พัฒนามาใช้งานเรียกว่า ระบบ AMPS (Analog Advance Mobile Phone Service) ระบบดังกล่าวส่งสัญญาณไร้สายแบบแอนาล็อก โดยใช้คลื่นความถี่ที่ 824-894 เมกะเฮิร์ทซ์ โดยใช้หลักการแบ่งช่องทางความถี่หรือที่เรียกว่า FDMA - Frequency Division Multiple Access ปี 1990 กลุ่มผู้พัฒนาระบบเซลลูลาร์ได้พัฒนามาตรฐานใหม่โดยให้ชื่อว่า ระบบ GSM ที่มาจากคำว่า Global System for Mobile Communication โดยเน้นระบบเชื่อมโยงติดต่อกันได้ทั่วโลก ระบบดังกล่าวนี้ใช้วิธีการเข้าถึงช่องสัญญาณด้วยระบบ TDMA-Time Division Multiple Access โดยใช้ความถี่ในการติดต่อกับสถานีเบสที่ 890-960 เมกะเฮิร์ทซ์ ระบบ GSM เป็นแบบ digital ที่ใช้เทคนิค TDMA(Time Division Multiple Access) การส่งสัญญาณแบบดิจิตอลมีความต้านทานต่อการถูกรบกวนที่ดีกว่าและสามารถทำ re-use frequency ได้มากกว่า โดยเฉพาะในเรื่องการออกแบบและติดตั้ง cell ต่าง ๆ การบริการสื่อสารข้อมูลผ่านครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM เป็นสิ่งที่สามารถทำได้นับตั้งแต่ยุคเริ่มแรกของมาตรฐานเครือข่าย GSM แล้ว โดยในระยะแรกจะมีการเปิดให้บริการรับส่งข้อมูลทั้งแบบซิงโครนัสและอะซิงโครนัส โดยกำหนดให้ผู้ใช้บริการต้องหาทางเชื่อมต่อเครื่องลูกข่ายของตนเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งมาตรฐานการเชื่อมต่อนี้จะขึ้นอยู่กับการออกแบบของผู้ผลิตอุปกรณ์เครื่องลูกข่ายเป็นสำคัญ การเชื่อมต่อจะเป็นแบบสวิตช์วงจรซึ่งมีการคิดค่าใช้จ่ายเป็นนาทีเช่นเดียวกับวงจรสื่อสารเพื่อสนทนาทั่วไป ข้อจำกัดของการสื่อสารในลักษณะนี้ก็คือผู้ใช้บริการเกิดความเสียเปรียบในแง่ที่ต้องชำระค่าบริการเป็นหน่วยนาที ทั้งๆที่อาจมีการรับส่งข้อมูลไม่มาก ประกอบกับทั้งอัตราเร็วสูงสุดในการเชื่อมต่อก็ทำได้ไม่เกิน 9.6 กิโลบิตต่อวินาที ระบบ GSM กำหนดให้ใช้ความถี่เดียวกันที่ย่าน 900 MHz ช่วงของความถี่ 25 MHz ทั้งย่านส่งและรับ โดยใช้ความถี่ย่านส่งที่ 890 – 915 MHz และใช้ความถี่ย่านรับที่ 935 -960MHz ,มีความถี่ของย่านรับและย่านส่งห่างกัน 45MHz ,โดยแบ่งความถี่ย่านรับและส่ง ออกเป็น channel no.1 -124 ความถี่แต่ละ channel ห่างกัน 200kHz วิธีการ TDMA techniques นอกจากระบบ GSM จะแบ่ง channel ไปในแกนของความถี่แล้ว ระบบ GSM ยังแบ่งความถี่ในแต่ละ channel ไปในแกนของเวลาได้อีก 8 timeslots รวมแล้วระบบ GSM มี channel ให้ใช้งานในระบบ ได้ถึง 124 frequency channels x 8 time slots = 992 digital channels,ในแต่ละช่วงในทุกๆ 8 time slots ถูกกำหนดให้ใช้งานสำหรับผู้ใช้แต่ละรายเรียกว่า TDMA frame และผู้ใช้ทั้งหมดของความถี่หนึ่งก็จะแบ่งกันใช้ TDMA frame ร่วมกันทั้ง 8 time slots ตัวอย่าง ถ้าเครื่องโทรศัพท์ GSM ของเรา ถูกกำหนดให้ใช้ time slots ที่ 1 เครื่องโทรศัพท์ของเราก็จะส่งเฉพาะใน time slots ที่ 1 เท่านั้น และอีก 7 time slots ที่เหลือก็จะอยู่ในสภาวะว่างเพื่อให้ผู้ใช้รายอื่น ได้ใช้งานต่อไป ดังนั้นเมื่อถึงช่วงเวลาของ time slots ที่ 1เครื่องโทรศัพท์ของเราจะทำการส่งได้นั้นคือ Transmitter ON และเมื่อหมดเวลาของ time slots ที่ 1 ก็จะหยุดส่งนั้นคือ

Transmitter OFF ช่วงเวลาของ Transmitter ON - OFF เราเรียกว่า burst timing, ช่วงเวลาของ burst timing ถูกกำหนดไว้เท่ากับ 577 microsec ดังนั้นช่วงเวลา TDMA frame ของทั้ง 8 time slots ใช้เวลาเท่ากับ 577 microsec x 8 time slots = 4.615ms ข้อเสียของระบบ GSM นั้นก็มีอยู่ด้วยเช่นกัน ถ้าเครื่องโทรศัพท์ GSM ของเราต้องทำการส่ง burst ทุกๆ 4.615 ms ซึ่งเท่ากับความถี่ 216.6 Hz (1 / 4.615 ms) ซึ่งอยู่ในย่านของสัญญาณ Audio หรือ สัญญาณเสียง ถ้านำเครื่องโทรศัพท์ GSM ไปใช้งานใกล้กับระบบ home stereo เสียงของความถี่ 216.6 Hz นี้จะได้ยินที่ลำโพงของระบบ home stereo ด้วยหากว่าสัญญาณนั้นไปรบกวนต่ออุปกรณ์ electronic อื่นๆ ดังเช่น เครื่องช่วยฟัง, เครื่องกระตุ้นหัวใจ, หรืออุปกรณ์ควบคุมรถยนต์อัตโนมัติ เนื่องจากเครื่องโทรศัพท์ GSM ใช้กำลังส่งสูงถึง 33 dBm หรือ 2 W จึงไม่อาจมองข้ามผลกระทบนี้ได้, ผู้ผลิต GSM mobile บางรายแนะนำให้ใช้สายอากาศติดตั้งภายนอกรถยนต์ สำหรับรถยนต์ที่มีอุปกรณ์ electronic ควบคุมรถยนต์โดยอัตโนมัติ

2.1.2 อุปกรณ์เครื่องลูกข่าย

นับเป็นอุปกรณ์ที่ผู้คนโดยส่วนมากมีความคุ้นเคยด้วยมากที่สุด สำหรับชื่อเรียกเป็นทางการของเครื่องลูกเครือข่ายก็คือ Mobile Terminal Equipment (ME) ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของเครื่องลูกข่ายออกได้เป็นหลายชนิดหลายประเภทตามกำลังส่งสูงสุดที่เครื่องลูกข่ายสามารถส่งได้และการติดตั้งใช้งาน โดยจะพบเห็นเครื่องลูกข่ายได้ทั้งแบบติดตั้งอยู่กับที่ (Fixed mobile station) ซึ่งเป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่ติดตั้งภายในรถยนต์ สามารถส่งสัญญาณได้ด้วยกำลังส่งสูงสุดถึง 20 วัตต์ นอกจากนั้นยังอาจเป็นแบบเคลื่อนย้ายได้ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบกระเป๋าหิ้ว มีกำลังส่งสูงสุด 8 วัตต์ และแบบพกพาซึ่งได้รับความนิยมใช้งานมากมีกำลังส่งสูงสุด 2 วัตต์ ทั้งหมดนี้คือประเภทของเครื่องลูกข่าย GSM สำหรับเครื่องลูกข่าย DCS1800 ในปัจจุบันมีเพียงชนิดพกพาเท่านั้น โดยมีกำลังส่งสูงสุด 1 วัตต์ ทั้งนี้ ETSI ได้วางมาตรฐานประเภทของเครื่องลูกข่าย โดยแบ่งออกตามระดับกำลังส่งสูงสุดเรียกว่าคลาสกำลังส่ง แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คลาสกำลังส่งและกำลังส่งสูงสุดของเครื่องลูกข่าย

คลาสกำลังส่ง (Power Class)	กำลังส่งสูงสุดของเครื่องลูกข่าย GSM_900	กำลังส่งสูงสุดของเครื่องลูกข่าย DCS-1800	กำลังส่งสูงสุดของเครื่องลูกข่าย DCS-1900
1	20 วัตต์ (43 dBm)	1 วัตต์ (30 dBm)	1 วัตต์ (30 dBm)
2	8 วัตต์ (39 dBm)	0.25 วัตต์ (24 dBm)	0.25 วัตต์ (24 dBm)
3	5 วัตต์ (37 dBm)	ไม่มีการผลิต	2 วัตต์ (33 dBm)
4	2 วัตต์ (33 dBm)	ไม่มีการผลิต	ไม่มีการผลิต
5	0.8 วัตต์ (29 dBm)	ไม่มีการผลิต	ไม่มีการผลิต

ที่มา: ระบบ GSM, 2007

2.1.3 องค์ประกอบภายในโทรศัพท์เคลื่อนที่

เครือข่ายสถานีฐานคือกลุ่มของสถานีฐานและอุปกรณ์ควบคุมบางชนิดซึ่งทำหน้าที่ในการติดต่อสื่อสารกับเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่และชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อการจัดเตรียมสร้างวงจรสื่อสารรวมถึงสนับสนุนการติดตามตำแหน่งที่อยู่ของโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละเครื่องให้กับอุปกรณ์ชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ อุปกรณ์ต่างๆที่ประกอบกันขึ้นเป็นเครือข่ายสถานีฐานในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM จะเห็นว่าประกอบไปด้วยอุปกรณ์ BSC (Base Station Controller) , BTS (Base Transceiver Station) หรือสถานีฐาน และอุปกรณ์ทรานสโคดเดอร์ (Transcoder)

อุปกรณ์ BSC ทำหน้าที่ควบคุมการจัดสรรทรัพยากรความถี่ของกลุ่มสถานีฐาน ควบคุมการสร้างวงจรเชื่อมสำหรับใช้ในการสนทนาต่อผ่านสถานีฐานไปยังเครื่องลูกข่ายและติดต่อสื่อสารกับชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ อุปกรณ์ BSC ช่วยลดภาระหน้าที่การทำงานของชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ลงเป็นอย่างมาก โดยจะทำหน้าที่ในการบริหารการทำงานอุปกรณ์ BTS ทั้งหมด ทำให้ชุมสายสามารถรองรับจำนวนผู้ใช้งานได้มากขึ้น จำนวนของอุปกรณ์ BSC ในเครือข่ายหนึ่งจะมีอยู่เท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับการออกแบบของผู้วางระบบแต่ละรายโดยทั่วไปแล้ว BSC แต่ละตัวจะมีขีดจำกัดขึ้นอยู่กับจำนวนสถานีฐานที่ควบคุมอยู่ จำนวนอุปกรณ์รับส่งสัญญาณความถี่ของสถานีฐานทั้งหมดและยังขึ้นอยู่กับรูปแบบการเชื่อมต่อของสถานีฐาน

สถานีฐานทำหน้าที่ติดต่อสื่อสารกับเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ พร้อมๆ กับประสานงานร่วมกับอุปกรณ์ BSC และชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ส่วนประกอบของสถานีฐานสามารถ

แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ ด้วยกัน ส่วนแรกได้แก่ของส่วนระบบควบคุมการทำงานและการติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ BSC ส่วนที่เหลือเป็นภาคจัดการสื่อสารทางคลื่นความถี่วิทยุสำหรับติดต่อสื่อสารกับเครื่องลูกข่าย อัตราความเร็วของผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งถูกส่งจากอุปกรณ์ BSC ไปยังสถานีฐานเพื่อทำการแปลงให้อยู่ในรูปของเฟรม TDMA สำหรับส่งออกอากาศไปยังบรรดาเครื่องลูกข่ายนั้นจะมีอัตราเร็วเท่ากับ 13 กิโลบิตต่อวินาทีต่อวงจร แต่ในทางปฏิบัติแล้วจะมีการผนวกข้อมูลว่างเข้าไปกับข้อมูลในแต่ละวงจรให้มีอัตราเร็วต่อช่องเท่ากับ 16 กิโลบิตต่อวินาทีซึ่งเป็นอัตราเร็วที่ต่ำกว่าอัตราเร็วของวงจรสื่อสารของแต่ละช่องบนวงจรสื่อสารแบบ PCM เป็น 4 เท่าพอดี เมื่อย้อนกลับไปพิจารณาถึงการกำหนดมาตรฐานอัตราเร็วของข้อมูลที่ถูกรับส่งระหว่างเครือข่ายชุมสายโทรศัพท์ทั่วไปรวมถึงชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ พบว่ามีการกำหนดอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลของแต่วงจรเท่ากับ 64 กิโลบิตต่อวินาที จึงทำให้มองเห็นว่าจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่ปรับลดอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลใช้งานแต่ละวงจรลง 4 เท่าในทิศทางการส่งจากชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปยังสถานีฐาน และทำหน้าที่ปรับเพิ่มอัตราเร็วของข้อมูลใช้งานแต่ละวงจรขึ้น 4 เท่าในทิศทางการส่งในทางกลับกัน แต่ทั้งนี้จะไม่มีการปรับลดหรือเพิ่มอัตราเร็วข้อมูลสำหรับวงจรที่ใช้รับส่งสัญญาณควบคุมระหว่างอุปกรณ์เครือข่ายแต่อย่างใด อุปกรณ์ดังกล่าวมีชื่อว่าอุปกรณ์ ทรานสโคดเดอร์ (Transcoder) เรียกย่อ ๆ ว่า XCDR (ระบบ GSM, 2007)

2.1.4 โครงสร้างของระบบ GSM

ระบบ GSM ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

1. เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM (Mobile Station Terminal Equipment, MS)
2. SIM Card (Subsriber Identity Module, SIM)
3. สถานีฐาน (Base Station or Base Transceiver Station, BTS)
4. ระบบควบคุมสถานีฐาน (Base Station Controller, BSC)
5. ชุมสาย Switching ต่อผ่าน (Gateway Mobile Services Switching Centers ,GMSC)
6. ระบบอำนวยการและการบำรุงรักษา (Operation and Maintenance Center, OMC)
7. ระบบลงทะเบียนผู้ใช้ภายในพื้นที่ (Home Location Register, HLR)
8. ระบบลงทะเบียนผู้ใช้นอกในพื้นที่ (Visitor Location Register, VLR)
9. ระบบศูนย์พิสูจน์ข้อมูล (Authentication, AC)
10. ระบบการลงทะเบียน ID ของอุปกรณ์เครื่องที่ GSM (Equipment Identity Register, EIR)

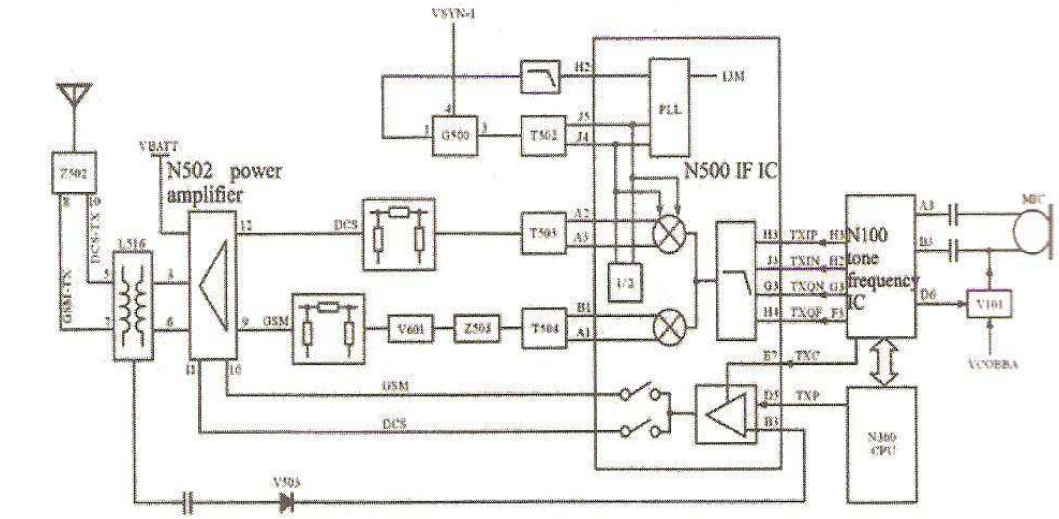
2.1.5 บริษัทที่ดำเนินธุรกิจให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ GSM ในประเทศไทย

บริษัทที่ได้รับการสัมปทานการให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ GSM จากการสื่อสารแห่งประเทศไทยมีดังนี้

1. บริษัท Total Access Communication หรือที่รู้จักและเรียกชื่อว่า DTAC
2. บริษัทแอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) หรือที่รู้จักและเรียกชื่อว่า AIS
3. บริษัททีเอ ออเร้นจ์ หรือที่รู้จักและเรียกชื่อว่า ORANGE
4. องค์การโทรศัพท์ หรือที่รู้จักและเรียกชื่อว่า Thai Mobile

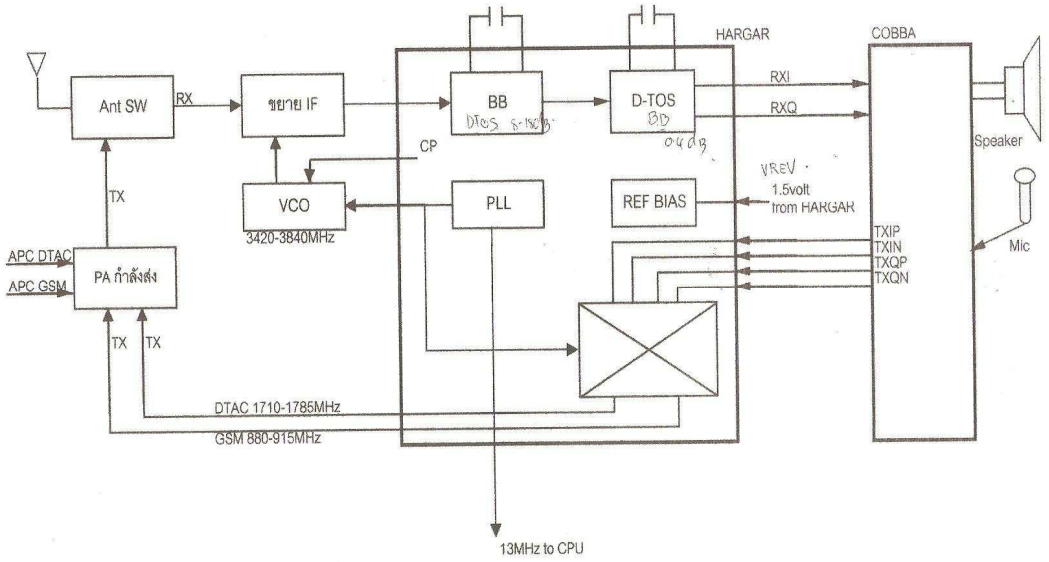
2.1.6 การรับและส่งสัญญาณของโทรศัพท์ Nokia

การทำงานของภาครับจะแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบเนื่องจากระบบมือถือจะมีการรับเป็นแบบ Dual band ซึ่งจะมีอยู่ 2 ระบบด้วยกันคือ GSM 900 ที่มีย่านความถี่การส่งระหว่าง 880 ถึง 915 MHz และย่านการรับสัญญาณระหว่าง 925 ถึง 960 MHz ส่วนระบบ DSC 1800 นั้นมีย่านความถี่การส่ง 1710 MHz และย่านการรับสัญญาณระหว่าง 1805 ถึง 1880 MHz ซึ่งสัญญาณที่ผ่านออกมานั้นก็จะถูกส่งเข้าตัวกรองความถี่ที่เรียกกันว่าซอฟิลเตอร์ (saw filter) โดยจะส่งเข้าตัว LNA (Low Noise Amplifier) ซึ่งจะทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่ได้จากตัวกรองที่มีทั้ง 2 ระบบ ต่อจากนั้นสัญญาณจะถูกส่งผ่านเข้าตัวแมชชิ่งความถี่ก่อนเข้าสู่ Hagar ต่อไป สัญญาณที่ออกมาจะเป็นความถี่สูงอยู่จึงจำเป็นที่จะต้องมอดูเรชั่นความถี่ลงที่อยู่ในตัว Hagar การมอดความถี่จะต้องอาศัยสัญญาณจาก VCO ที่ผลิตความถี่อยู่ระหว่าง 3.420 – 3.840 GHz เพื่อใช้ผสมกับสัญญาณความถี่สูงเพื่อให้สัญญาณมีความถี่ลดลงมา สัญญาณที่ได้จะถูกส่งไปยังภาคขยายที่เรียกว่า D-TOS ซึ่งจะทำหน้าที่ขยายอัตโนมัติโดยจะปรับความแรงของสัญญาณอยู่ที่ 8 – 18 dB ต่อจากนั้นจะถูกส่งไปที่ Biquad เพื่อทำการกรองความถี่ของสัญญาณ สัญญาณที่ผ่านการกรองความถี่จะถูกส่งไปทำการขยายสัญญาณให้มีความถี่ระหว่าง 0 – 40 dB ที่ BB Gain โดยสัญญาณที่ออกมาจะใช้ชื่อ RXI และ RXQ



ภาพที่ 2.1 วงจรการรับและส่งสัญญาณ

ที่มา : ปรีชา จันทวงศ์, 2549 หน้า 74



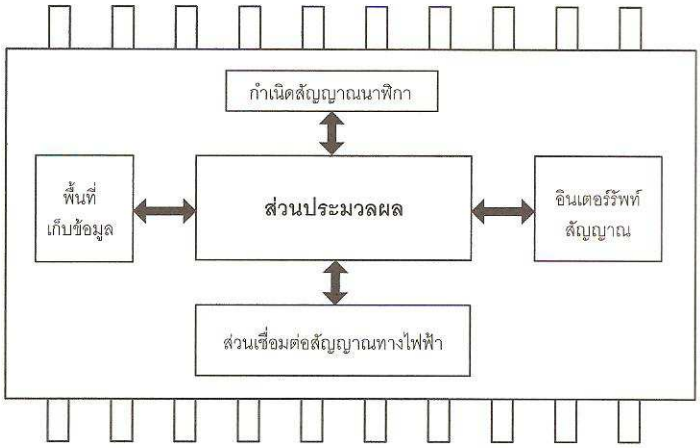
ภาพที่ 2.2 บล๊อกไดอะแกรมการรับและส่งสัญญาณ

ที่มา : ปรีชา จันทวงศ์, 2549 หน้า 142

2.1.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2550 หน้า 1-3 ได้กล่าวถึงไมโครคอนโทรลเลอร์ไว้ดังนี้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เสมือนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ให้มีความสามารถในการทำงานมากขึ้น โดยเราสามารถเปลี่ยนแปลงลำดับการทำงานได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขโปรแกรมภายในหน่วยความจำ ทำให้เราสามารถนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้ารอบตัว ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีโครงสร้างหลักอยู่ 5 ส่วนดังนี้

1. ส่วนประมวลผล
2. ส่วนพื้นที่เก็บข้อมูล
3. ส่วนเชื่อมต่อสัญญาณทางไฟฟ้า
4. ส่วนกำเนิดสัญญาณนาฬิกา
5. ส่วนอินเตอร์รัพท์สัญญาณ



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์
ที่มา : ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2550 หน้า 2

ส่วนประมวลผล (Processing unit) คือส่วนที่ทำหน้าที่คำนวณทางคณิตศาสตร์หรือการตัดสินใจแบบมีเงื่อนไข ซึ่งจะมีการทำงานที่ซับซ้อนโดยลำดับในการทำงานของส่วนประมวลผลจะขึ้นอยู่กับการจัดลำดับคำสั่งในการทำงาน (Programming code) ซึ่งจะบรรจุอยู่ภายในของส่วนพื้นที่เก็บข้อมูล

ส่วนพื้นที่เก็บข้อมูล (Memory unit) คือส่วนที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลโดยเราจะแบ่งชนิดของพื้นที่เก็บข้อมูลเป็น 2 แบบคือ แบบชั่วคราว (RAM : Random Access Memory) และ

แบบกึ่งถาวร (EPROM : Erasable Programmable Read Only Memory) ซึ่งพื้นที่เก็บข้อมูลชั่วคราวนี้จะเป็นข้อมูลในการเก็บค่าตัวแปรในการคำนวณ (Varriable) โดยข้อมูลประเภทนี้จะสูญหายเมื่อเราหยุดจ่ายไฟเลี้ยงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนพื้นที่เก็บข้อมูลแบบกึ่งถาวรจะเป็นข้อมูลที่ใช้เก็บโปรแกรมคำสั่งการทำงาน (code) ซึ่งข้อมูลประเภทนี้เราสามารถเปลี่ยนแปลงได้แต่ต้องใช้กรรมวิธีพิเศษแต่ข้อมูลจะไม่สูญหายแม้ว่าเราจะหยุดจ่ายไฟเลี้ยงก็ตาม

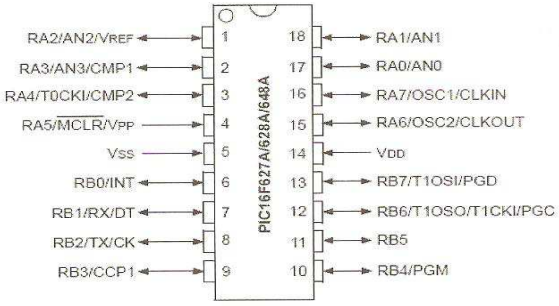
ส่วนเชื่อมต่อสัญญาณทางไฟฟ้า (Interface unit) จะทำหน้าที่ติดต่อสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีอยู่ 2 แบบคือ แบบอินพุตและเอาต์พุตเป็นชนิดดิจิตอล (Digital I/O) โดยจะรับข้อมูลและส่งข้อมูลด้วยสัญญาณทางดิจิตอล (Digital Signal) และแบบอินพุตและเอาต์พุตเป็นชนิดอนาล็อก (Analog I/O) รับข้อมูลและส่งข้อมูลด้วยสัญญาณทางอนาล็อก (Analog Signal)

ส่วนกำเนิดสัญญาณนาฬิกาจะทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณนาฬิกาโดยใช้วงจรที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เรียกว่าวงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator circuit) ซึ่งมีอุปกรณ์หลักคือ คริสตอล (X-TAL) มากำหนดช่วงเวลาในการประมวลผล (Execute time) ของส่วนประมวลผลโดยจะมีผลต่อความเร็วในการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้สัญญาณนาฬิกาจะยังใช้กำหนดความเร็วในการรับส่งข้อมูลดิจิตอลแบบอนุกรมและกำหนดความถี่ในส่วนของตัวตั้งเวลาภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย

ส่วนอินเตอร์รัพท์สัญญาณจะทำหน้าที่จัดลำดับความสำคัญในการทำงานในกรณีที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานในลักษณะหลายงานพร้อมกัน (Multitasking) ซึ่งจะอำนวยความสะดวกอย่างมากในการเขียนโปรแกรมเพื่อรองรับการทำงานลักษณะนี้

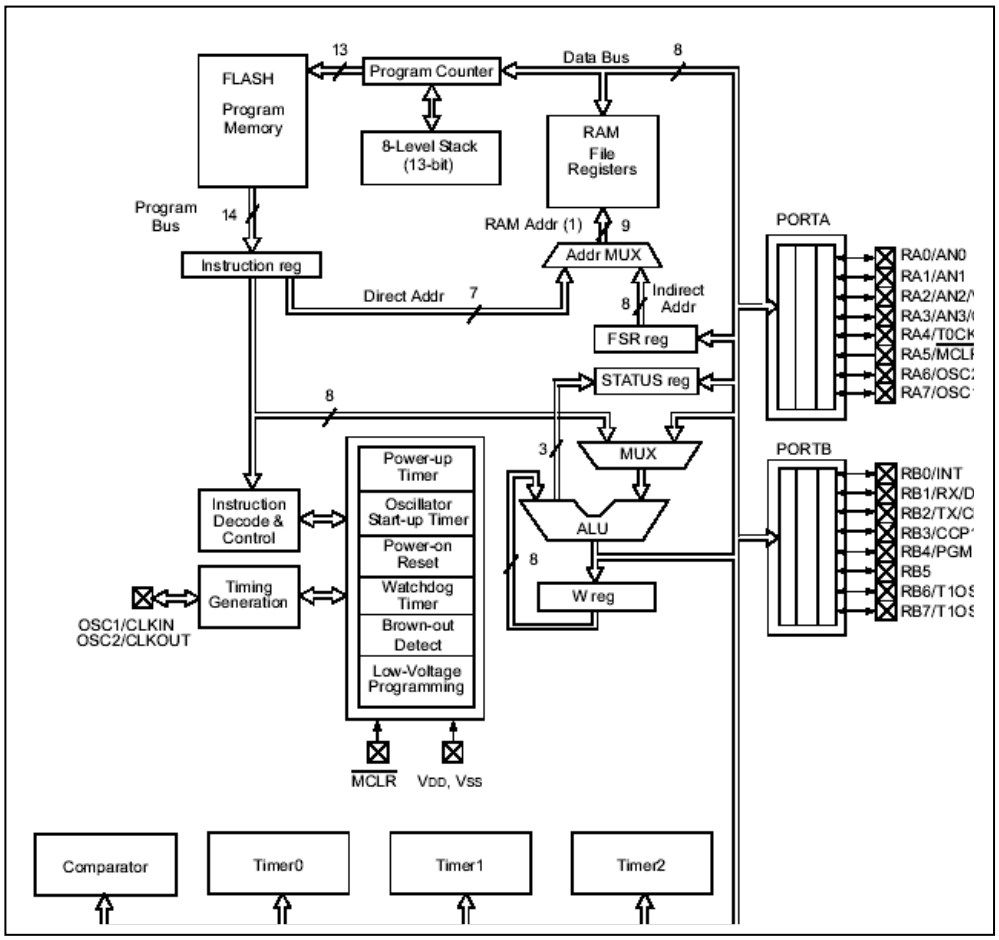
2.1.9 ประเภทของไมโครคอนโทรลเลอร์

ในปัจจุบันนั้นเราสามารถแบ่งประเภทของไมโครคอนโทรลเลอร์ตามลักษณะของการประมวลผลได้ 2 ประเภทดังนี้คือ แบบ Complex Instruction Set Computer หรือเรียกสั้น ๆ ว่า CISC กับแบบ Reduced Instruction Set Computer หรือเรียกสั้น ๆ ว่า RISC โครงสร้างภายในแบบ CISC ถูกออกแบบมาให้มีคำสั่งการทำงานที่ซับซ้อนมากเพื่อตอบสนองกับฟังก์ชันต่าง ๆ ของโปรแกรม ส่วน RISC ถูกออกแบบมาให้มีคำสั่งการทำงานไม่มากนักโดยพยายามลดจำนวนคำสั่งลงให้เหลือเป็นคำสั่งพื้นฐานมากที่สุดจะทำให้การกระทำตามคำสั่งเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งทำให้แบบ RISC ทำงานเร็วกว่าแบบ CISC ประมาณ 3 เท่า นอกจากนั้นแบบ RISC ยังผลิตได้ง่ายกว่าอีกด้วย (เนื่องจากใช้จำนวนทรานซิสเตอร์น้อยกว่า) ตัวอย่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ CISC ได้แก่ ตระกูล 68 HC ของบริษัทโมโตโรล่า ส่วน RISC ได้แก่ตระกูล PIC ของบริษัทไมโครชิพเป็นต้น



ภาพที่ 2.4 ตำแหน่งขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F627A

ที่มา : ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2550 หน้า 8



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F627A

ที่มา : data sheet pic16F627A, 2007

Program Counter เป็น counter ที่แสดงถึงตำแหน่ง address ของ program ที่เขียนเข้าไปไว้ใน flash memory ที่กำลังทำการประมวลผล ซึ่งจะเป็น counter ขนาด 13 bits โดยทั่วไปแล้ว counter ตัวนี้จะเพิ่มขึ้น 1 ทุกๆ ครั้งเมื่อมีการประมวลผลคำสั่งเกิดขึ้น 1 ครั้ง ซึ่งค่าที่แสดงก็คือตำแหน่งของคำสั่งต่อไปที่จะทำการประมวลผล แต่เมื่อประมวลคำสั่ง JUMP ตัว counter จะมีค่าเท่ากับตำแหน่งที่คำสั่ง JUMP นั้นอ้างถึง

Level Stack คือ memory ซึ่งจะเก็บค่า return address ของ program ตัวอย่างเช่น เมื่อต้องทำการประมวลผลอย่างหนึ่งหลายๆ ครั้ง ซึ่ง program ในส่วนนี้ถูกสร้างเป็น subroutine ไว้ ในตอนสุดท้ายของ subroutine ก็จะมีคำสั่ง RUTURN ทุกครั้ง ในการเรียกใช้เราจะใช้คำสั่ง CALL ในการเรียก subroutine ตำแหน่ง program address ที่ถัดจากคำสั่ง CALL ก็จะถูกเก็บลงสู่ stack (กระบวนการนี้บางครั้งจะเรียกว่า PUSH) หลังจากได้ประมวลผลคำสั่งใน subroutine แล้ว ในตอนสุดท้ายเมื่อมาเจอคำสั่ง RETURN มันก็จะทำการกระโดดไปยังตำแหน่งที่เก็บไว้ใน stack (กระบวนการนี้บางครั้งจะเรียกว่า POP) แต่เนื่องจากว่า stack มีขนาดเพียง 8 เท่านั้น นั่นก็หมายความว่าเราสามารถเรียก คำสั่ง CALL ได้ เก้าครั้งติดต่อกันเท่านั้น ซึ่งถ้าใช้คำสั่ง CALL ไปมากกว่านั้นโดยไม่ RETURN กลับ ค่า stack จะถูกทับเป็นผลทำให้ เมื่อใช้คำสั่ง RETURN ก็จะไม่สามารถกลับไปยังตำแหน่งเดิมได้

Instruction Register คำสั่งต่างๆ ของโปรแกรม ที่ถูกชี้โดย program counter จะถูกอ่านข้าไปยัง register ตัวนี้ โดยกระบวนการนี้จะถูกเรียกว่า FETCH.

FSR Register ใช้สาหรับอ้างตำแหน่งของ RAM ในรูปแบบ indirect address การอ้างแบบ direct address ก็คือรูปแบบที่อ้างถึง Address นั้นโดยเฉพาะเจาะจงเลย เช่น movfw h’20’ ซึ่งหมายความว่าทำการอ่านค่า ที่ address 20 มาเก็บไว้ที่ w register ในกรณีนี้สามารถอ้างตำแหน่งได้ตั้งแต่ 0 ถึง 127 หรืออ้างได้เพียง 7 bit ซึ่งจะอยู่ในขอบเขต 1 bank ในการที่จะเปลี่ยน bank จำเป็นที่จะต้องเกี่ยวข้องกับ RP0 bits ของ STATUS register การอ้างแบบ indirect address โดยใช้ FSR register จะนิยมใช้ในการอ้าง address ที่อยู่ติดๆ กันด้วยการอาศัยคำสั่ง inc FSR เพื่อเลื่อนไปยังตำแหน่ง memory ถัดไป

STATUS Register ซึ่งจะเก็บค่าผลของ ALU(เช่น ผลลัพธ์ของการ บวก ลบ ของ register เป็น 0, บวก, ลบ), เงื่อนไขการเกิด timeout , เป็นตัวกำหนดว่าขณะนี้ PIC อ้าง register ที่ bank ไหน

Instruction Decode & Control_ คำสั่งที่ถูก FETCH ไว้ใน instruction register จะถูกแปลความหมายและทำงานตามคำสั่งนั้น

Timing Generation ไอซีตระกูล PIC จะมีวงจรภายในที่จะสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดความจังหวะของการทำงานของตัวมัน โดยสัญญาณนาฬิกานี้จะมีแหล่งกำเนิดมาจาก

crystal หรือ ceramic oscillator จากภายนอก เมื่อสัญญาณนาฬิกาต้องการความแม่นยำสูงเราจะต้องเลือกใช้ crystal แต่โดยปกติทั่วๆไปแล้วจะใช้ ceramic resonator ต่อเข้ากับ capacitors เป็น module อยู่ภายนอก PIC16F627A จะ execute 1 คำสั่ง(1 cycle) จะใช้สัญญาณนาฬิกา 4 pulses โดยจะใช้ pipeline architecture แต่ในกรณีของคำสั่ง JUMP จะใช้ 2 cycle สำหรับเวลาที่ใช้ในการ execute นั้นโดยปกติแล้วจะใช้เวลา 200 nanoseconds ถ้าใช้ crystal ที่ความถี่ 20MHz, 1/(20MHz) = 50 nanoseconds. หมายความว่าสามารถ execute คำสั่ง 5,000,000 instructions ภายในเวลา 1 วินาที

Power up timer ค่า power up timer มีค่าเท่ากับ 72 ms เป็นค่าที่ถูกตั้งมาตายตัว โดยเมื่อมีการ รีเซ็ตไม่ว่าด้วยวิธีใด จะนับไปอีก 72 ms ไอซีจึงจะทำงานได้

Oscillator start up เป็นตัวที่ใช้ตั้งเวลาที่จะเปิด ถึงแม้ power up timer จะเสร็จแล้ว แต่ถ้า OST ยังนับไม่เสร็จ ไอซีก็จะยังไม่เริ่มทำงาน

Power on Reset ทำหน้าที่ รีเซ็ตตอนป้อนไฟเมื่อตรวจพบแรงดันประมาณ 1.2 – 1.7 V แล้ว Power on Reset ก็จะผลิต internal Reset ขึ้นมาเพื่อทำการรีเซ็ตตัวไอซีเอง

Watchdog Timer เป็น Timer สำหรับจับเวลาว่าโปรแกรมบางช่วงใน PIC ทำงานนานเกินไปหรือไม่ เพื่อป้องกันอาการที่เรียกว่า Dead Lock ซึ่ง Timer ตัวนี้จะต้องทำการ clear ด้วยคำสั่งทาง software เมื่อ timer ตัวนี้นับจนกระทั่ง time-out เกิดขึ้น PIC จะกลับไปอยู่ในสถานะเหมือนกับสภาพที่มีการป้อนไฟเข้าไปใหม่

Brown out Reset ทำหน้าที่รีเซ็ตเมื่อระดับแหล่งจ่ายต่ำว่า V_{BOR} (แรงดัน Brown out Reset) และต้องมีระยะเวลา มากกว่า T_{BOR} ด้วย Brown out Reset จึงจะทำงาน

Low Voltage Programming เป็นตัวที่ใช้เลือกโหมดในการโปรแกรมว่าจะโปรแกรมแบบ High หรือ Low

W Register ย่อมาจาก work register จะมีหน้าที่สำหรับเก็บผลของการคำนวณที่เกิดจาก ALU เอาไว้ชั่วคราว เพื่อที่จะนำมาคำนวณต่อไป ตัวของมันจะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการคำนวณต่าง ๆ และมันยังทำหน้าที่ส่งผ่านสถานะ output ของ input-output port อีกด้วย

PORTA, PORTB เป็น I/O port คือเป็นได้ทั้ง อินพุตและเอาท์พุท มีขนาด 8 bits ยกเว้น RA5 ที่เป็นได้แต่อินพุตโดยแต่ละขาจะมีหน้าที่พิเศษหรือหน้าที่รอง เช่น

- ขาที่มีหน้าที่เป็นอนาลอกอินพุตมี RA0, RA1, RA2, RA3
- ขาที่มีหน้าที่รับแรงดันอ้างอิงจากภายนอก คือ RA2
- ขาที่มีหน้าที่เป็นขาเอาท์พุตของวงจรเปรียบภายใน คือ RA3 , RA4
- ขาที่มีหน้าที่รับclock จากภายนอก มาป้อนให้ T0,T1 คือ RA4, RB6

Timer ไอซี PIC16F627A จะมี timer เพียงแค่ตัวเดียว (TMR0) มีขนาด 8 bits การทำงานของมันก็คือมันจะทำการนับไปเรื่อย ๆ และจะเกิดการ time-out เมื่อการนับมาถึง 256 ซึ่งจะทำให้ T0IF bit ของ INTCON register ซึ่งเป็น SFR กลายเป็น "1" ซึ่งมีผลทำให้เกิดการ interrupt เกิดขึ้นเมื่อเกิดการ time-out. สำหรับการที่จะกำหนดว่าจะให้มีการ interrupt ของ TMR0 เกิดขึ้นได้หรือไม่นั้นกำหนดได้จาก the GIF bit และ T0IE bit ของ INTCON register ซึ่งเป็น SFR โดยถ้าเป็น "1" ก็หมายความว่ากำหนดให้มีการ interrupt เกิดขึ้นได้

Comparator จะเป็น analog comparator สามารถรับสัญญาณจากภายนอกที่เป็นลักษณะลิเนียร์ได้เพื่อเข้ามาเปรียบเทียบ

USART หรือการรับ – ส่ง ข้อมูลแบบเข้าจังหวะ สามารถใช้รับส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้

Data EEPROM เป็นหน่วยความจำที่สามารถเขียนได้จากภายนอกโดยไม่ต้องทำการเบิร์น

CCP หรือ Capture / Compare / PWM เป็นอีกหนึ่งโมดูลที่ PIC ใส่มาให้

MUX ทำหน้าที่สลับสับเปลี่ยนข้อมูลที่จะส่งให้ ALU ประมวลผล โดยแยกระหว่างข้อมูลจาก Flash และ Function ย่อยอื่น

ALU ทำหน้าที่เป็นตัวประมวลผลข้อมูลที่ MUX ส่งมาให้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนใหญ่จะเป็นระบบเรียลไทม์ (real time system) ซึ่งเป็นระบบที่เตรียมฟังก์ชันที่ทำการจัดการกับไทมิงของการทำงาน จะรับสัญญาณจากภายนอกที่อ่านค่าได้จากเซนเซอร์ (sensor) และจะตอบสนองหรือประมวลผลภายในเวลาที่กำหนด ซึ่งจัดเป็นเอกลักษณ์หรือคุณสมบัติเฉพาะตัวของไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากส่วนของฮาร์ดแวร์แล้วซอฟท์แวร์ก็เป็นส่วนสำคัญของการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยเช่นกัน ภาษาในการพัฒนาโปรแกรม (Languages in program development) ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลักษณะของภาษาที่นำมาใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างเช่น ภาษาแอสเซมบลี (Assembly langauge) ภาษาซี (C langauge) และภาษาจาวา (Java language) การใช้ภาษาแอสเซมบลีนั้นจะมีขีดจำกัดหลายประการเช่น Microprocessing Unit ที่ต่างกันไม่สามารถใช้แทนกันได้อีกทั้งขั้นตอนการทำงานค่อนข้างมากโปรแกรมที่เขียนมีความยาวและซับซ้อนทำให้มีประสิทธิภาพไม่ค่อยดีต่อการใช้งาน ส่วนภาษาจาวาจะนำไปใช้กับการติดต่อกับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่าง ๆ ผ่านทางฟังก์ชันสื่อสารเช่น การพิมพ์ภาพถ่ายของกล้องดิจิทัลบนเครื่องพิมพ์โดยตรง การเปิดดู web ของโทรศัพท์มือถือเป็นต้น สำหรับภาษาซีซึ่งจัดอยู่ในภาษาระดับสูง เป็นภาษาที่สามารถไปใช้งานในที่ต่าง ๆ ได้และมีชนิดข้อมูลแบบพอยน์เตอร์

(pointer data type) ที่จะทำให้การใช้งานแอดเดรสสมบูรณ์ จึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ดังนั้นผู้พัฒนาโปรแกรมจึงนิยมใช้ภาษาซีที่เป็นภาษาระดับสูงในการเขียนโปรแกรมเพื่อรองรับฟังก์ชันเชิงวัตถุ (object oriented function) ในการพัฒนาซอฟท์แวร์ด้วยภาษาซีพลัสพลัส (C++ langauge) อีกด้วย

2.2 งานวิจัยที่สัมพันธ์กับเรื่องที่วิจัย

หลังจากได้มีการกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานเบื้องต้นไปแล้วนั้น ในส่วนนี้จะขอกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้มีผู้นำเสนอมาพอสังเขปดังนี้

วิสุทธิ์ ศรีเมือง (2547) กล่าวว่า ระบบการแจ้งเตือนและสั่งการทางไกลผ่านระบบบริการข่าวสารสั้น ซึ่งระบบถูกพัฒนาให้อยู่ในรูปบอร์ดควบคุมที่สามารถรับสัญญาณเข้าได้ทั้งแบบดิจิตอลและแอนาลอก และสามารถให้สัญญาณออกแบบดิจิตอลได้ บอร์ดควบคุมนี้จะทำหน้าที่ในการตรวจสอบสัญญาณเพื่อหาความผิดปรกติและจะทำการแจ้งไปยังผู้ใช้งาน ทั้งยังทำหน้าที่ในการรับคำสั่งจากผู้ใช้งานในรูปแบบข่าวสารสั้นเพื่อนำมาประมวลผลในการดำเนินการต่างๆ บอร์ดควบคุมนี้ไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในงานเฉพาะด้าน แต่ถูกออกแบบมาเพื่อเป็นต้นแบบเพื่อให้สามารถพัฒนาใช้กับงานเฉพาะด้านอื่นๆ บอร์ดควบคุมนี้สามารถปรับเปลี่ยนค่าการทำงานต่างๆ ได้โดยการโหลดค่าจากคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้น หรือปรับเปลี่ยนจากการสั่งการผ่านทางข่าวสารสั้นโดยอาศัยคำสั่งเฉพาะได้ ผลการทดสอบปรากฏว่าระบบสามารถทำงานในการตรวจจับสัญญาณความผิดปกติ และสามารถแจ้งเตือนรวมทั้งรับการสั่งการมาดำเนินการได้เป็นที่น่าพอใจ สามารถนำไปพัฒนาใช้ในงานด้านอุตสาหกรรมหรืองานด้านอื่นๆ ได้

สาโรช พูลเทพและนนทกร สถิตานนท์. (2547) กล่าวว่า ระบบเตือนภัยโดยใช้กล้องวิดีโอวงจรปิด (CCD Camera) สัญญาณภาพรวมที่ได้จากกล้องวิดีโอวงจรปิดชนิดขาว-ดำ จะถูกนำมาแปลงค่าให้อยู่ในรูปสัญญาณดิจิตอลขนาด 8 บิต และเก็บค่าเอาไว้ในหน่วยความจำภายนอกด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น ก่อนจะส่งผ่านข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์โปรแกรมที่พัฒนาด้วยภาษาซี พลัสพลัส บิวเดอร์ ทำหน้าที่ดึงเอาข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอกมาวิเคราะห์และแสดงผลในรูปของภาพนิ่งอ้างอิง และภาพนิ่งปัจจุบันโดยใช้หลักการประมวลผลภาพแบบหาค่าคอร์รีเลชัน มาเปรียบเทียบความผิดปกติของภาพทั้งสอง ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกแสดงค่าบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ และถูกส่งออกไปยังอุปกรณ์แสดงผลภายนอกโดยผ่านทางพอร์ตอนุกรม ซึ่งควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 จากการทดลองสามารถแสดงผลภาพเคลื่อนไหวบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้ โดยมีความละเอียดสูงสุดของภาพเท่ากับ 512 X 512 พิกเซล ถ้าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

เปรียบเทียบภาพทั้งสองแล้วให้ผลลัพธ์ที่แตกต่าง คอมพิวเตอร์จะส่งสัญญาณพัลส์ไปบอกไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณกระตุ้นให้เครื่องบันทึกวิดีโอเทปทำการบันทึกภาพวิดีโอ ณ เวลานั้นเอาไว้ขณะเดียวกันไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ก็สั่งงานให้หลอดไฟแสดงผล (LED) กระพริบ โดยมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของระบบเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์

กันตภณ พริ้วไธสง (2547) กล่าวถึงการพัฒนาระบบป้องกันการบุกรุกภายในอาคารสำนักงาน ที่อยู่อาศัยและสถานที่สำคัญๆ ดังกล่าว เพื่อเป็นทางเลือกให้ผู้อยู่อาศัย เกิดความปลอดภัยแก่ตนเอง และทรัพย์สินเพิ่มมากขึ้นอีกทั้งยังประหยัดในการจ้างคนมาเฝ้าระวัง และไว้วางใจได้ตลอด 24 ชั่วโมง โดยการนำเอาเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ เข้ามาประยุกต์ใช้ ระบบนี้มีประสิทธิภาพสามารถที่จะแยกแยะได้ว่า สายสัญญาณของตัวตรวจจับถูกตัดหรือ ถูกช๊อต พร้อมทั้งแสดงสถานะจุดที่มีปัญหาแต่ละจุดอีกด้วย และเมื่อมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น ระบบก็จะ เข้าสู่สภาวะของโหมดเตือนภัย อุปกรณ์ทุกอย่างจะเริ่มทำงานคือ กระดิ่งไฟฟ้า ไฟกระพริบ และบัสเซอร์จะทำงาน ซึ่งผู้ใช้สามารถยกเลิกการทำงานได้ โดยคีย์รหัสที่ถูกต้อง 4 หลักเท่านั้น จึงจะเข้าสู่ สภาวะปกติและเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบมากยิ่งขึ้น จึงได้มีการเพิ่มฟังก์ชั่นการทำ งานให้ครอบคลุม การรักษาความปลอดภัยจากที่เคยมีมา โดยแบ่งโหมดการทำงานออกเป็น 9 โหมดด้วยกัน ผลการวิเคราะห์ของระบบป้องกันการบุกรุกภายในอาคาร พร้อมแสดงสถานะการทำงาน แต่ละจุด ที่ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ จากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มคือ ผู้ที่อยู่อาศัยตามบ้าน เรือน หอพักและสถานที่ทำงาน ซึ่งความพึงพอใจที่มีต่อระบบ ได้แก่ ความถูกต้องของข้อมูล ความสะดวกและรวดเร็ว ความสอดคล้องกับความต้องการ ผลปรากฏว่าได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.04 อยู่ใน ระดับ มาก

พรศักดิ์ โสภาประดิษฐ์ (2545) กล่าวว่า ในการสร้างอุปกรณ์ต้นแบบสัญญาณเตือนการลืมสิ่งของไว้ในรถยนต์ ได้ใช้ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เป็นเซนเซอร์แสงอินฟราเรดในการตรวจจับสิ่งของที่วางไว้ในที่เก็บของท้ายรถยนต์และใช้สัญญาณเตือนธรรมดาในห้องเก๋ง

ฐิติพงษ์ นามแถ่ง (2543, หน้า 70) กล่าวว่า กันขโมยจักรยานระบบอิเล็กทรอนิกส์ชุดนี้ มีหลักการใช้งานอยู่ว่าจะใช้สายไฟยาว ๆ โดยจะยาวขนาดไหนก็ได้ตามความต้องการ เพื่อว่าจะสามารถใช้แทนโซ่ยาว ๆ ได้ ซึ่งสายไฟที่ว่านี้จะต่ออยู่กับวงจรลูปอาลาร์ม โดยปกติเมื่อวงจรทำงานซึ่งจะมีสวิตช์กุญแจเป็นสวิตช์ปิดเปิด และสายไฟยังต่ออยู่กับจุดลูป เครื่องจะยังไม่แสดงอะไรขึ้นมา แต่หากมีผู้ไม่หวังดีคิดจะขโมยรถขึ้นมาก็จะต้องดึงสายไฟที่คล้องรถเอาไว้ออกก่อนถึงจะเอารถออกไปได้และทำให้จุดเชื่อมต่อวงจรลูปอาลาร์มขาดออกจากกัน วงจรจะส่งเสียงออกที่บัซเซอร์ที่ระดับเสียง 90 เดซิเบล ซึ่งจะดังมากพอที่จะเตือนให้เจ้าของรู้ วิเคราะห์จากกันขโมยจักรยานหากนำมาใช้กับรถยนต์เมื่อเจ้าของอยู่ไกล ๆ หรืออยู่ในที่พักอาศัยที่เสียงเข้าไม่ถึงเจ้าของรถยนต์ก็จะไม่ทราบอยู่ดีว่ารถยนต์ได้ถูกขโมยไปแล้วหรือการขโมยโดยการใช้วิธีการลากรถยนต์ไปและการลัดวงจรระบบไฟฟ้าของรถยนต์เป็นต้น

ทศพร นาคย้อยและรัชศักดิ์ สารนอก (2551) ได้สร้างเครื่องป้องกันการโจรกรรมรถยนต์โดยใช้โครงข่ายโทรศัพท์จีเอสเอ็ม ซึ่งใช้โทรศัพท์ยี่ห้อโนเกียที่จะเป็นตัวส่งสัญญาณผ่านเครือข่ายโทรศัพท์จีเอสเอ็มแจ้งให้กับเจ้าของรถได้รับทราบว่าขณะนี้รถได้มีผู้บุกรุกเข้าไปภายในรถเพื่อทำการโจรกรรมรถยนต์หรือทรัพย์สินมีค่าภายในรถยนต์เพื่อที่ทางเจ้าของรถยนต์จะได้แจ้งให้เจ้าหน้าที่ตำรวจมายังที่เกิดการโจรกรรมรถยนต์หรือตั้งจุดสกัดในรัศมีวงแคบเพื่อการจับกุมผู้ที่โจรกรรมรถยนต์ได้ทัน โดยอาศัยหลักการควบคุมและสั่งงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนการขโมยทรัพย์สินที่เป็นของมีค่าที่เก็บไว้ตามที่พักอาศัยหรืออาคารบ้านเรือนต่าง ๆ เช่น แก้ว แหวน เงินทอง ฯลฯ การตามจับผู้ที่เข้าไปลักขโมยนั้นเป็นไปได้ยาก เนื่องจากทรัพย์สินเหล่านี้มีขนาดเล็กและบางอย่างสามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ง่าย

สกุล ผลวิไล (2542) ได้สร้างระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวขึ้นมา ซึ่งจะทำ หน้าที่เสมือนกับยามอิเล็กทรอนิกส์ เมื่อระบบเตือนภัยได้รับสัญญาณจากอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับสิ่งผิดปรกติ ก็จะทำการส่งสัญญาณไปยังส่วนควบคุมและประมวลผล ให้ทำการฝาก ข้อความเตือนภัยไปยังศูนย์วิทยุติดตามตัว ไปยังเครื่องรับวิทยุติดตามตัวของเจ้าของบ้าน เพื่อแจ้งเตือนถึงสิ่งผิดปรกติที่เกิดขึ้น

พนม เพชรจตุพร (2527) ได้สร้างระบบ ป้องกันภัยที่สามารถนำมาใช้ได้ตั้งแต่ระบบขนาดเล็กที่ ประกอบด้วยตัวตรวจจับสัญญาณ 8 ตัว สามารถขยายเป็นระบบ ขนาดกลางที่ประกอบด้วยระบบป้องกันภัยขนาดเล็ก 99 หน่วย และยังสามารถขยายเป็นระบบขนาดใหญ่ที่ประกอบด้วยระบบขนาดกลางได้ 99 หน่วยเช่นกัน การเชื่อมต่อระบบขนาดเล็ก เข้าด้วยกันเพื่อประกอบเป็นระบบขนาดกลางหรือขนาดใหญ่ ไม่ใช้สายส่งสัญญาณ แต่ใช้การผสมสัญญาความถี่ส่งป้อนผ่าน ไปตามสายไฟไลน์ จึงทำให้ตัดปัญหาเกี่ยวกับการเดินสายส่ง สัญญาณไปได้ การแจ้งเหตุฉุกเฉินนอกจากใช้อุปกรณ์เตือนภัย แล้ว ยังได้ออกแบบการแจ้งเหตุโดยอาศัยเครื่องรับส่งวิทยุ ระบบเอเอ็ม และอาศัยคู่สายโทรศัพท์เข้าช่วย เพื่อทำให้ สามารถแจ้งเหตุไปได้ไกลๆ ตามที่ต้องการ อันจะส่งผลให้การ ช่วยเหลือกระทำได้อย่างรวดเร็วทันเหตุการณ์

วีรพล กุลบุตร (2543) ได้ศึกษาพฤติกรรมในการป้องกันการถูกโจรกรรมรถยนต์ของเหยื่อในเขตกรุงเทพมหานคร โดยศึกษาถึงระดับความรู้ความเข้าใจในการป้องกันการถูกโจรกรรมรถยนต์ของเหยื่อ และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมในการป้องกันการถูกโจรกรรมรถยนต์ของเหยื่อ มีผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้ 1. เหยื่อที่ถูกโจรกรรมรถยนต์ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุระหว่าง 36-45 ปี อาชีพ ค้าขาย การศึกษาระดับปริญญาตรี ที่พักอาศัยเป็นทาวน์เฮาส์ มีระดับความรู้ความเข้าใจ ในการป้องกันการถูกโจรกรรมรถระดับสูง ส่วนรถที่ถูกโจรกรรมส่วนใหญ่เป็นรถเก๋งส่วนบุคคล เป็นรถใหม่ผลิตในทวีปเอเชีย มีอายุการใช้งานระหว่าง 1-3 ปี รถที่ถูกโจรกรรมส่วนใหญ่ ทำประกันภัยชั้นหนึ่ง 2. เมื่อเหยื่อซื้อรถยนต์มาครั้งแรก ส่วนใหญ่ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันการโจรกรรม รถยนต์ และ

ส่วนใหญ่ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันการโจรกรรมประเภทล็อคเกียร์และสัญญาณกันขโมย แต่ส่วนใหญ่ไม่เปลี่ยนลูกกุญแจที่ติดมากับรถ สำหรับพฤติกรรมใช้รถในชีวิตประจำวันและ การใช้รถครั้งสุดท้ายก่อนถูกโจรกรรม ส่วนใหญ่เหยื่อจะจอดรถไว้ในซอยและริมถนนสาธารณะ โดยไม่มีคนเฝ้า

ประสพโชค พร้อมมูล (2539) ได้ศึกษาผู้มีอิทธิพลในการโจรกรรมรถ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลที่รวบรวมไว้แล้วในศูนย์ป้องกันและปราบปรามการโจรกรรมรถ กองปราบปรามกรมตำรวจ และข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงานด้านนี้คำให้การผู้ต้องหาลักรถ และการสืบสวนหาข่าว ในปี 2537-2538 โดยใช้แนวความคิดเรื่องอำนาจและอิทธิพลเป็นกรอบความคิดในการวิเคราะห์ ผลการวิจัยพบว่า ผู้มีอิทธิพลในขบวนการโจรกรรมมี 2 กลุ่ม กลุ่มแรกคือข้าราชการ ตำรวจ ทหาร กำนัน และผู้ใหญ่บ้าน กลุ่มที่สองคือกลุ่มพ่อค้า ทั้งสองกลุ่มใช้อิทธิพลให้คนร้ายไปโจรกรรมรถตามที่กลุ่มพ่อค้ากัมพูชาสั่งซื้อ โดยส่วนใหญ่จะเป็นรถยนต์ที่นิยมทั่วไปในท้องตลาดในประเทศไทยแล้วให้ขับไปส่งให้ผู้มีอิทธิพลส่งขายให้กับพ่อค้ากัมพูชา เพื่อให้สามารถนำรถผ่านด่านตรวจต่าง ๆตามเส้นทางที่จะนำรถยนต์ไปยังชายแดนไทย-กัมพูชาผู้มีอิทธิพลจะติดต่อเจ้าหน้าที่ของรัฐ เช่น ตำรวจ ทหารหลัก ทหารพราน ชายแดนไทย-กัมพูชา รวมทั้งกำนันผู้ใหญ่บ้าน ให้นำรถยนต์ผ่านทางได้ ผู้ที่ร่วมในขบวนการนี้จะได้รับผลประโยชน์เป็นเงินตอบแทนเมื่อรถยนต์ส่งถึงมือกลุ่มพ่อค้ากัมพูชาแล้วตามเงื่อนไขที่ตกลงกัน กรณีที่เจ้าหน้าที่เข้มงวดในการปราบปราม ขบวนการนี้จะลดบทบาทลง แต่ถ้าถึงขั้นเข้าจับกุมดำเนินคดี ผู้มีอิทธิพลจะเข้าช่วยเหลือวิ่งเต้นขอประกันตัวให้รวมทั้งวิ่งเต้นล้มคดีให้ หากถูกเจ้าหน้าที่วิสามัญฆาตกรรมจะหาผู้ร่วมขบวนการคนใหม่ที่ไว้วางใจมาทำหน้าที่แทน จึงทำให้ขบวนการนี้ยังไม่สามารถขจัดให้หมดสิ้นไป นอกจากนี้ยังพบว่า ผู้มีอิทธิพลในขบวนการโจรกรรมรถมีลักษณะคล้ายคลึงผู้มีอิทธิพลทั่วไป แม้ว่าผู้มีอิทธิพลของขบวนการนี้จะยังไม่โด่งดังนัก แต่ถ้าหากสามารถดำเนินธุรกิจนี้ต่อไปและยังสามารถขยายฐานออกไปได้เรื่อย ๆผู้มีอิทธิพลเหล่านี้จะเข้มแข็งขึ้นและมีความสัมพันธ์กับผู้มีอำนาจในระดับต่าง ๆ กว้างขวางขึ้น ทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับชาติ

จักรกฤษณ์ วิเศษเขตการณ์ (2542) ได้ศึกษาถึงปัญหาและอุปสรรคในการปราบปรามการโจรกรรม รถยนต์ในจังหวัดอุบลราชธานี และปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาอุปสรรคนั้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการ วิจัยเป็นเจ้าหน้าที่ตำรวจในสถานีตำรวจภูธรและเจ้าหน้าที่ตำรวจตระเวนชายแดน ในจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 315 นาย ข้อมูลรวบรวมจากการเก็บแบบสอบถาม ได้ผลการวิจัยสรุปได้ ดังนี้ 1. ปัญหาในการปราบปรามการโจรกรรมรถยนต์ ได้แก่ปัญหาในด้านกำลังพลและความพร้อม การแจ้งข่าวและรับข่าวสาร ปัญหาด้านเครื่องมือสื่อสาร และปัญหาด้านวัสดุอุปกรณ์และอาวุธ 2. อุปสรรคในการปราบปรามการโจรกรรมรถยนต์ได้แก่ อุปสรรคด้านการตรวจสอบรถยนต์ ที่ถูกโจรกรรม การประสานงานกับหน่วยงานอื่น การต่อสู้ขัดขวางของคนร้ายที่โจรกรรมรถยนต์ การข่าวและการสื่อสาร และอุปสรรคด้านกองกำลังต่างชาติที่เข้าร่วมในการโจรกรรมรถยนต์ 3. เจ้าหน้าที่ตำรวจที่มีการศึกษา รายได้ รายได้พิเศษ และอาชีพเสริมต่างกัน มีปัญหา ในการปราบปรามการ

โจรกรรมรถยนต์ต่างกัน 4. เจ้าหน้าที่ตำรวจที่มีตำแหน่งและรายได้ต่างกัน มีอุปสรรคในการปราบปรามการโจรกรรม รถยนต์ต่างกัน