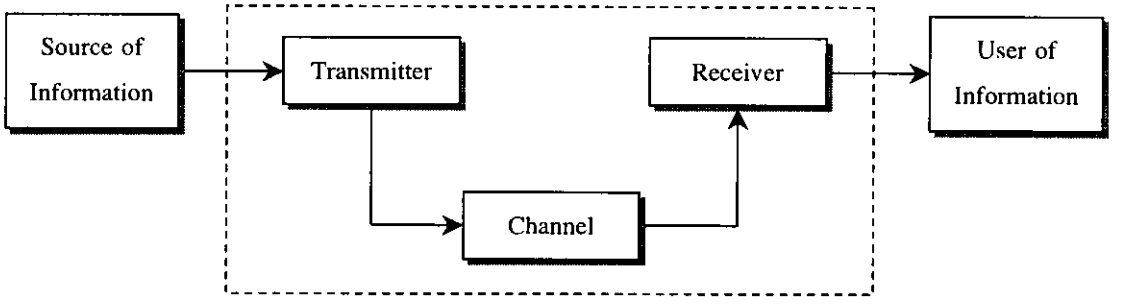
บทที่ 2

เอกสารหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เป็นการสื่อสารข้อมูล[5]อย่างหนึ่งซึ่งทำการส่งข้อมูลชีพจร[6]ระยะไกลโดยอาศัยคลื่นวิทยุ[7]จากอุปกรณ์ส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์รับสัญญาณที่ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต[8]สื่อสารแบบอนุกรม[9] ระบบการสื่อสารมีองค์ประกอบหลักอยู่ 3 ส่วน คือ เครื่องส่ง ช่องทางการสื่อสาร และเครื่องรับ



ภาพประกอบ 2-1 องค์ประกอบของระบบการสื่อสาร

เครื่องส่ง (Transmitter) ทำหน้าที่รับข้อมูลจากแหล่งกำเนิด เช่น เสียงพูด ระดับน้ำในเขื่อน อุณหภูมิ และข้อมูลจากคีย์บอร์ด เป็นต้น แล้วจัดการให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมต่อการส่งผ่านไปในช่องทางการสื่อสาร (Channel) ซึ่งเป็นตัวกลางในการส่งผ่านสัญญาณข้อมูลระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ เช่น สายเคเบิล สายไฟเบอร์ออปติก หรืออากาศ เป็นต้น และเครื่องรับ (Receiver) ทำหน้าที่รับสัญญาณข้อมูลจากช่องทางการสื่อสารแล้วแปลงกลับให้เป็นข้อมูลในรูปแบบที่ต้องการ

---

[5] การสื่อสารข้อมูล (Data Communication) คือ กระบวนการส่งข้อมูลโดยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์จากต้นทางไปยังปลายทาง

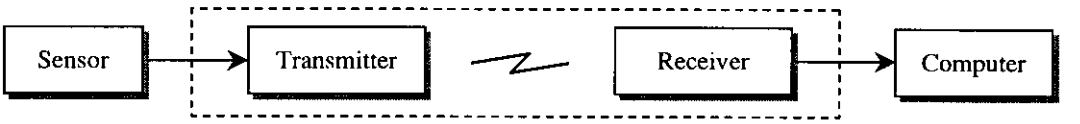
[6] ชีพจร (Pulse) คือ คลื่นที่เกิดจากการขยายตัวและหดตัวของหลอดเลือดแดง

[7] คลื่นวิทยุ (Radio Wave) คือ คลื่นที่เกิดจากการสั่นไหวของไฟฟ้าแล้วแพร่กระจายไปในบรรยากาศ

[8] พอร์ต (Port) คือ แหล่งสำหรับส่งผ่านข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ ได้แก่ จุดสำหรับเสียบต่อเชื่อมโยงอุปกรณ์ประกอบต่าง ๆ เช่น เครื่องพิมพ์ โมเด็ม ฯลฯ เข้ากับคอมพิวเตอร์

[9] อนุกรม (Serial) หมายถึง หนึ่งต่อหนึ่งเรียงลำดับกันไป ดังนั้นการส่งข้อมูลแบบอนุกรมจึงเป็นการส่งข้อมูลทีละ 1 บิตต่อครั้งผ่านช่องทางการสื่อสาร

องค์ประกอบของชุดอุปกรณ์ต้นแบบประกอบด้วย เซนเซอร์[10]ทำหน้าที่ในการตรวจจับชีพจร เครื่องส่ง เครื่องรับ และคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังมีไมโครคอนโทรลเลอร์[11]ทั้งในส่วนของเครื่องส่งและเครื่องรับเพื่อประมวลผลข้อมูลและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์



ภาพประกอบ 2-2 องค์ประกอบของชุดอุปกรณ์ต้นแบบ

ข้อมูลชีพจรที่ต้องการส่ง คือ อัตราการเต้นของชีพจร (มีหน่วยเป็นครั้งต่อนาที) ชีพจรเต้น 1 ครั้งเท่ากับหัวใจเต้น 1 ครั้ง เมื่อหัวใจบีบตัว 1 ครั้ง เลือดจำนวนหนึ่งจะถูกสูบฉีดเข้าไปในหลอดเลือดแดงทำให้หลอดเลือดแดงขยายออก เมื่อแรงดันลดลงหลอดเลือดแดงจะหดตัวกลับเป็นการช่วยดันเลือดให้เคลื่อนไปสู่อวัยวะส่วนปลายต่อไป ดังนั้นเมื่อหัวใจบีบและคลายตัวสลับกันเป็นจังหวะหลอดเลือดแดงก็จะขยายตัวและหดตัวเป็นจังหวะตามไปด้วย

ตำแหน่งของร่างกายที่สามารถจับชีพจรได้ คือ ส่วนของร่างกายที่เส้นเลือดแดงอยู่ตื้นหรือใกล้ผิวหนัง สำหรับมนุษย์ตำแหน่งของร่างกายที่สามารถจับชีพจรได้ ได้แก่ บริเวณขมับ ใต้คางข้างลูกกระเดือก ไหปลาร้า ข้อมือ แขนพับ และขาหนีบ เป็นต้น อัตราการเต้นของชีพจรปกติโดยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 70-80 ครั้งต่อนาที (ดวงพร ศิริสมบัติ, 2538.) สำหรับสัตว์ตำแหน่งของร่างกายที่สามารถจับชีพจรได้อาจจะเหมือนหรือแตกต่างกันไปตามโครงสร้างของร่างกายสัตว์แต่ละชนิด เช่น วัวสามารถจับชีพจรได้ที่เส้นเลือดแดงบริเวณหน้าด้านข้างที่ขากรรไกร เป็นต้น อัตราการเต้นของชีพจรปกติในสัตว์แต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป เช่น ม้าอยู่ระหว่าง 28-40 ครั้งต่อนาที แกะและแพะอยู่ระหว่าง 70-90 ครั้งต่อนาที และแมวอยู่ระหว่าง 110-130 ครั้งต่อนาที เป็นต้น (W.R. Kelly, 1984.)

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเต้นของชีพจรทั้งมนุษย์และสัตว์ชนิดเดียวกัน ได้แก่ ขนาดของร่างกายพบว่ามนุษย์และสัตว์ที่มีขนาดเล็กจะมีอัตราการเต้นของชีพจรสูงกว่าขนาดใหญ่ เพศพบว่ามนุษย์เพศหญิงมีอัตราการเต้นของชีพจรสูงกว่าเพศชาย คือ ผู้ใหญ่เพศชายอยู่ระหว่าง 60-80 ครั้งต่อนาที เพศหญิงอยู่ระหว่าง 70-90 ครั้งต่อนาที (การกีฬาแห่งประเทศไทย (ออนไลน์), ม.ป.ป.) และสัตว์เพศเมียมีอัตราการเต้นของชีพจรสูงกว่าเพศผู้ อายุหรือวัยพบว่าวัยเด็กมีอัตราการเต้นของชีพจรสูงกว่าวัยผู้ใหญ่ เช่น ลูกวัวที่เกิดใหม่มีอัตราการเต้นของชีพจรประมาณ 120 ครั้งต่อนาที ที่อายุหนึ่งขวบสูงกว่า 80 ครั้งต่อนาที และที่เป็น

---

[10] เซนเซอร์ (Sensor) คือ อุปกรณ์ที่สามารถตรวจจับสสาร พลังงาน หรือสัญญาณรูปแบบต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความดัน หรือแสง เป็นต้น

[11] ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือ อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่รวบรวมฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ ไว้ในชิพเพียงตัวเดียว

ผู้ใหญ่อยู่ระหว่าง 50-80 ครั้งต่อนาที (W.R. Kelly, 1984.) เป็นต้น ลักษณะทางกายภาพ พบว่ามนุษย์และสัตว์ที่เป็นนักกีฬาหรือได้รับการฝึกฝนเป็นประจำจะมีอัตราการเต้นของชีพจรต่ำกว่าที่ไม่ใช่นักกีฬา เช่น ม้าแข่งมีอัตราการเต้นของชีพจรต่ำกว่าม้าอื่น เป็นต้น การขาดออกซิเจน การออกกำลังกาย การรับประทานอาหาร และความวิตกกังวล ตกใจ กลัว ตื่นเต้น พบว่าทำให้อัตราการเต้นของชีพจรสูงขึ้น เป็นต้น

อัตราการเต้นของชีพจรช่วยให้ทราบถึงสภาวะของร่างกายขณะนั้นได้ ถ้าอัตราการเต้นของชีพจรสูงหรือต่ำกว่าที่ควรจะเป็นอาจเกิดจากความผิดปกติของร่างกาย ทั้งมนุษย์และสัตว์ขณะที่กำลังจะตายชีพจรจะเต้นช้าลงและจะหยุดเต้นเมื่อตาย หรือขณะที่ตื่นเต้นตกใจชีพจรจะเต้นเร็วขึ้น ข้อมูลชีพจรจะถูกส่งผ่านไปในช่องทางการสื่อสารที่เป็นอากาศโดยอาศัยคลื่นวิทยุเป็นพาหะ (Carrier) คลื่นวิทยุจะถูกแบ่งออกตามความถี่[12]ดังตาราง 2-1

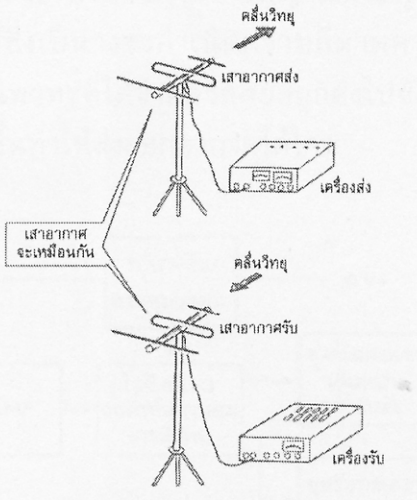
ตาราง 2-1 ชนิดและชื่อเรียกของคลื่นวิทยุ

ชื่อเรียกทั่วไป	ชื่อของช่วงความถี่ (ชื่อย่อ)	ช่วงความถี่	ความยาวคลื่น[13]	การใช้งาน
คลื่นยาว		3 kHz	100 km	สื่อสารทางทะเล
	Very Low Frequency (VLF)	3-30 kHz	100-10 km	
	Low Frequency (LF)	30-300 kHz	10-1 km	
คลื่นกลาง	Medium Frequency (MF)	300-3000 kHz	1000-100 m	การส่งกระจายเสียงระบบ AM
คลื่นสั้น	High Frequency (HF)	3-30 MHz	100-10 m	สื่อสารระหว่างประเทศ
คลื่นสั้นมาก	Very High Frequency (VHF)	30-300 MHz	10-1 m	การส่งกระจายเสียงระบบ FM และคลื่นโทรทัศน์ระบบ VHF
คลื่นไมโครเวฟ	Ultra High Frequency (UHF)	300-3000 MHz	100-10 cm	การส่งกระจายคลื่นโทรทัศน์ระบบ UHF และไมโครเวฟ
	Super High Frequency (SHF)	3-30 GHz	10-1 cm	สื่อสารไมโครเวฟ เรดาร์
คลื่นมิลลิเวฟ	Extremely High Frequency (EHF)	30-300 GHz	10-1 mm	เรดาร์
คลื่นซับมิลลิเวฟ		300-3000 GHz	1-0.1 mm	

[12] ความถี่ (Frequency : f) คือ จำนวนคลื่นที่เกิดขึ้นต่อวินาที มีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hertz : Hz)

[13] ความยาวคลื่น (Wave Length : λ) คือ ระยะห่างระหว่างยอดคลื่นสองลูกที่อยู่ติดกัน

สายอากาศหรือเสาอากาศเป็นอุปกรณ์ด้านการสื่อสารชนิดหนึ่งซึ่งทำหน้าที่ส่งกระจายคลื่นวิทยุไปในบรรยากาศและรับคลื่นวิทยุในบรรยากาศ โดยสายอากาศของเครื่องส่งสัญญาณคลื่นวิทยุทำหน้าที่แผ่กระจายคลื่นวิทยุและสายอากาศของเครื่องรับสัญญาณคลื่นวิทยุจะรับคลื่นที่ส่งมาในอากาศ เครื่องส่งกับสายอากาศและเครื่องรับกับสายอากาศจะมีสายส่งต่อเชื่อมอยู่ สายส่งนี้ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปให้เครื่องส่งและเครื่องรับ สายอากาศในยุคแรก ๆ ทำด้วยลวดโลหะหรือท่อเป็นเส้นตรงง่าย ๆ แล้วพัฒนาเป็นวงกลม สี่เหลี่ยม รูปกรวย และจาน เป็นต้น จนปัจจุบันนี้มีหลากหลายรูปแบบ

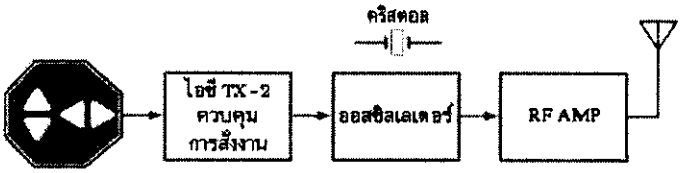


ภาพประกอบ 2-3 เสาอากาศส่งและเสาอากาศรับ

เครื่องส่งและเครื่องรับสัญญาณวิทยุประยุกต์ใช้จากรถวิทยุบังคับโดยรีโมตคอนโทรลเป็นเครื่องส่งและตัวรถวิทยุบังคับเป็นเครื่องรับ ความถี่ของคลื่นวิทยุที่ใช้ คือ 27 เมกะเฮิรตซ์ ระยะทางการส่งสัญญาณของรถวิทยุบังคับประมาณ 10 เมตร

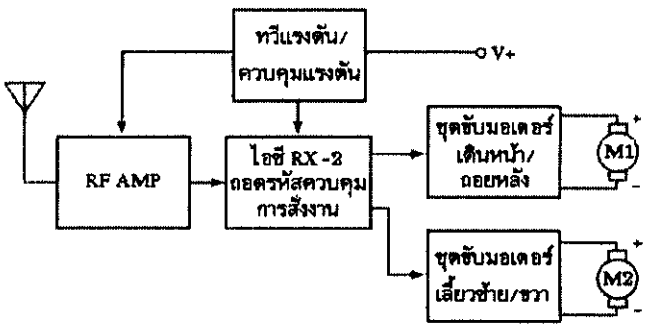
ภาพประกอบ 2-4 รถวิทยุบังคับ

เนื่องจากผู้วิจัยไม่สามารถสร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขึ้นมาใช้งานได้เองจึงประยุกต์ใช้จากอุปกรณ์ที่สามารถหาซื้อได้ทั่วไป ซึ่งรถวิทยุบังคับมีราคาต่ำและหาซื้อได้ง่าย



ภาพประกอบ 2-5 แผนภาพแสดงการทำงานของเครื่องส่ง (รีโมตคอนโทรลรถวิทยุบังคับ)

หลักการทำงานของเครื่องส่ง คือ ไอซี[14] TX-2 รับคำสั่งควบคุมจากปุ่มกดทั้ง 4 ได้แก่ เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย หรือเลี้ยวขวา สัญญาณควบคุมการทำงานที่กำเนิดจากไอซีถูกป้อนสู่วงจรออสซิลเลเตอร์ซึ่งเป็นวงจรกำเนิดความถี่ตามความถี่ของผลึกแร่คริสตอล[15] สัญญาณควบคุมที่ผสมกับคลื่นพาหะที่ได้จากคริสตอลถูกส่งไปยังวงจรขยายสัญญาณอาร์เอฟแอมป์เพื่อขยายให้มีขนาดมากขึ้นทำให้ส่งออกอากาศได้ไกล



ภาพประกอบ 2-6 แผนภาพแสดงการทำงานของเครื่องรับ (ตัวรถวิทยุบังคับ)

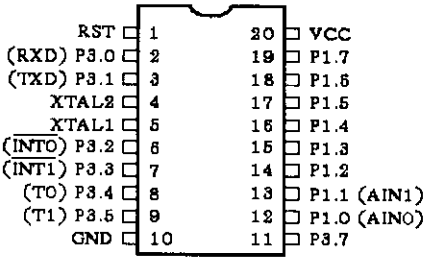
หลักการทำงานของเครื่องรับ คือ คลื่นที่ถูกเหนี่ยวนำจากสายอากาศถูกป้อนมายังวงจรขยายสัญญาณอาร์เอฟแอมป์เพื่อขยายให้สัญญาณมีขนาดมากขึ้นและถูกส่งต่อไปยังไอซี RX-2 เพื่อทำการถอดรหัสควบคุมที่ส่งมาจากไอซี TX-2 แล้วขับออกชุดมอเตอร์ทั้งสอง คือ มอเตอร์เดินหน้าถอยหลังและมอเตอร์เลี้ยวตามคำสั่งที่ได้จากเครื่องส่ง โดยมีวงจรทวีแรงดันและควบคุมแรงดันทำหน้าที่จ่ายไฟเลี้ยงให้กับไอซี RX-2 และวงจรขยายอาร์เอฟแอมป์

นอกจากนี้ยังมีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เครื่องส่งทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลที่ได้จากแหล่งกำเนิดให้อยู่ในรูปแบบที่ต้องการสื่อสารและควบคุมการทำงานของเครื่องส่ง และไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เครื่องรับทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลที่ได้จากเครื่องรับให้อยู่ในรูปแบบที่ต้องการแล้วส่งไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลข้อมูลและแสดงผลต่อไป

---

[14] ไอซี (Integrated Circuit : IC) คือ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งบรรจุอัดลงไปบนแผ่นชิพ (Chip) หรือไมโครชิพ (Microchip) ซึ่งทำด้วยผลึกของซิลิคอนหรือวัสดุอื่น อาจเรียกว่า วงจรรวม ชิพ หรือไมโครชิพ

[15] คริสตอล (Crystal) คือ อุปกรณ์ที่ทำจากแร่คริสตอลใช้ในการควบคุมความถี่ของสัญญาณนาฬิกา



ภาพประกอบ 2-9 การจัดเรียงขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C2051

Vcc ใช้สำหรับต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ

GND เป็นขากราวน์สำหรับต่อกับกราวน์ของระบบ

พอร์ต 1 (**P1.0-P1.7**) มี 8 บิตหรือ 8 ขา เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป P1.0 (AIN0) และ P1.1 (AIN1) มีหน้าที่พิเศษ คือ เป็นอินพุตในการเปรียบเทียบสัญญาณอนาล็อก

พอร์ต 3 (**P3.0-P3.5** และ **P3.7**) มี 7 บิตหรือ 7 ขา เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ส่วน P3.6 ใช้งานเฉพาะเพื่อเป็นเอาต์พุตของการเปรียบเทียบสัญญาณอนาล็อกไม่สามารถใช้เป็นอินพุตและเอาต์พุตสำหรับงานทั่วไปได้ นอกจากนี้ P3.0-P3.5 ยังมีหน้าที่พิเศษ ดังต่อไปนี้

P3.0 (**RXD**) เป็นอินพุตเพื่อรับข้อมูลในการสื่อสารแบบอนุกรม

P3.1 (**TXD**) เป็นเอาต์พุตเพื่อส่งข้อมูลในการสื่อสารแบบอนุกรม

P3.2 (**$\overline{\text{INT0}}$**) เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณอินเตอร์รัพท์จากภายนอกช่อง 0

P3.3 (**$\overline{\text{INT1}}$**) เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณอินเตอร์รัพท์จากภายนอกช่อง 1

P3.4 (**T0**) เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์จากภายนอกช่อง 0

P3.5 (**T1**) เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์จากภายนอกช่อง 1

RST (Reset) ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยป้อนสัญญาณสถานะที่ขานี้อย่างน้อย 2 แมชีนไซเคิล[16]

XTAL1 และ **XTAL2** สำหรับต่อเข้ากับคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C2051 มีหน่วยความจำโปรแกรมขนาด 2 กิโลไบต์ทำหน้าที่เก็บชุดคำสั่งและข้อมูลต่าง ๆ ของโปรแกรม หน่วยความจำข้อมูลขนาด 128 ไบต์อยู่ที่ตำแหน่ง 00H[17]-7FH เป็นหน่วยความจำทั่วไปทำหน้าที่เก็บข้อมูลต่าง ๆ ในขณะที่

---

[16] แมชีนไซเคิล (Machine Cycle) หมายถึง เวลาที่ใช้ในการประมวลผลหนึ่งคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการอ่านคำสั่ง (Fetch) และปฏิบัติตามคำสัง (Execute)

[17] H (Hexadecimal) หมายถึง เลขฐานสิบหก

โปรแกรมถูกประมวลผล และหน่วยความจำพิเศษอยู่ที่ตำแหน่ง 80H-FFH ใช้สำหรับกำหนดการทำงานของโมโครคอนโทรลเลอร์

หน่วยความจำทั่วไปประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังภาพประกอบ 2-10

00H	R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	07H	Register Bank 0
08H	R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	0FH	Register Bank 1
10H	R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	17H	Register Bank 2
18H	R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	1FH	Register Bank 3
20H	00	08	10	18	20	28	30	38	27H	Bits 00H-7FH
28H	40	48	50	58	60	68	70	78	2FH	
30H	General User RAM and Stack Space								37H	
.									.	
.									.	
78H									7FH	

ภาพประกอบ 2-10 หน่วยความจำทั่วไป

ตำแหน่ง 00H-1FH แบ่งออกเป็นกลุ่มเรียกว่า แบงค์ (Bank) จำนวน 4 แบงค์ คือ BANK 0-BANK 3 แต่ละแบงค์มีรีจิสเตอร์[18]ที่ใช้งานทั่วไป (General Purpose Register : GPR) อยู่ 8 ตัว คือ R0-R7 สามารถเลือกใช้งานรีจิสเตอร์ทั้ง 8 จากแบงค์ใดก็ได้ ตำแหน่ง 20H-2FH สามารถใช้งานในลักษณะบิตได้ซึ่งสามารถเข้าถึงตำแหน่งแบบบิตได้โดยตรงมีทั้งหมด 128 บิต ตำแหน่งบิต คือ 00H-7FH ดังภาพประกอบ 2-11

2FH	7FH	7EH	7DH	7CH	7BH	7AH	79H	78H
2EH	77H	76H	75H	74H	73H	72H	71H	70H
2DH	6FH	6EH	6DH	6CH	6BH	6AH	69H	68H
2CH	67H	66H	65H	64H	63H	62H	61H	60H
2BH	5FH	5EH	5DH	5CH	5BH	5AH	59H	58H
2AH	57H	56H	55H	54H	53H	52H	51H	50H
29H	4FH	4EH	4DH	4CH	4BH	4AH	49H	48H
28H	47H	46H	45H	44H	43H	42H	41H	40H
27H	3FH	3EH	3DH	3CH	3BH	3AH	39H	38H
26H	37H	36H	35H	34H	33H	32H	31H	30H
25H	2FH	2EH	2DH	2CH	2BH	2AH	29H	28H
24H	27H	26H	25H	24H	23H	22H	21H	20H
23H	1FH	1EH	1DH	1CH	1BH	1AH	19H	18H
22H	17H	16H	15H	14H	13H	12H	11H	10H
21H	0FH	0EH	0DH	0CH	0BH	0AH	09H	08H
20H	07H	06H	05H	04H	03H	02H	01H	00H

ภาพประกอบ 2-11 หน่วยความจำทั่วไปที่ใช้งานในลักษณะบิตได้

[18] รีจิสเตอร์ (Register) คือ หน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลชั่วคราวในการประมวลผล

ตำแหน่ง 30H-7FH เป็นส่วนที่ผู้ใช้สามารถใช้งานทั่วไปและเป็นหน่วยความจำสแต็ก[19]ที่เก็บค่าต่าง ๆ เมื่อโปรแกรมย่อยถูกเรียกใช้งาน

และในส่วนของหน่วยความจำพิเศษที่ตำแหน่ง 80H-FFH มีรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เฉพาะ (Special Function Register : SFR) ดังภาพประกอบ 2-12 ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง

0F8H									0FFH
0F0H	B 00000000								0F7H
0E8H									0EFH
0E0H	ACC 00000000								0E7H
0D8H									0DFH
0D0H	PSW 00000000								0D7H
0C8H									0CFH
0C0H									0C7H
0B8H	IP XXX00000								0BFH
0B0H	P3 11111111								0B7H
0A8H	IE 0XX00000								0AFH
0A0H									0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX							9FH
90H	P1 11111111								97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000			8FH
80H		SP 00000111	DPL 00000000	DPH 00000000				PCON 0XXX0000	87H

ภาพประกอบ 2-12 รีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เฉพาะและค่าเริ่มต้นของรีจิสเตอร์

ACC (Accumulator) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ใช้งานทั่วไปและเป็นตัวเก็บค่าเริ่มต้นและผลลัพธ์ของการคำนวณทางคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์ สามารถเข้าถึงแบบบิตได้

B เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ใช้งานทั่วไปและใช้งานเกี่ยวกับการคูณและหาร มักใช้คู่กับ ACC สามารถเข้าถึงแบบบิตได้

PSW (Program Status Word) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่เก็บสถานะจากการทำงานของคำสั่ง คือ เมื่อมีการทำงานคำสั่งใดผลลัพธ์หรือผลกระทบจากคำสั่งนั้นจะบันทึกไว้ใน PSW หรือเรียกว่า แฟล็กรีจิสเตอร์ (Flag Register) รายละเอียดของบิตต่าง ๆ เป็นดังนี้

---

[19] สแต็ก (Stack) คือ โครงสร้างข้อมูลชนิดหนึ่งซึ่งข้อมูลจัดเรียงซ้อนกันเป็นชั้น ๆ โดยทางเข้าและทางออกของข้อมูลจะอยู่ด้านบนสุด

7	6	5	4	3	2	1	0
CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	-	P

- **P** (Parity Flag) เป็นที่เก็บพาริตี้บิต[20] ถ้าจำนวนบิตที่เป็น 1 ใน ACC มีจำนวนคู่ P จะเป็น 0 แต่ถ้าจำนวนบิตที่เป็น 1 ใน ACC มีจำนวนคี่ P จะเป็น 1
- **OV** (Overflow Flag) ขึ้นอยู่กับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เมื่อผลลัพธ์มีค่าเกินกว่าค่าตัวเลขที่สามารถเก็บในหน่วยความจำขนาด 8 บิต OV จะเป็น 1
- **RS0** และ **RS1** (Register Bank Select) เป็นตัวกำหนดว่าจะเลือกใช้รีจิสเตอร์ในแบงค์ใด โดยมีเงื่อนไขดังนี้

  RS1 = 0, RS0 = 0 หมายถึง Bank 0

  RS1 = 0, RS0 = 1 หมายถึง Bank 1

  RS1 = 1, RS0 = 0 หมายถึง Bank 2

  RS1 = 1, RS0 = 1 หมายถึง Bank 3
- **F0** (Flag 0) สำหรับใช้งานทั่วไป
- **AC** (Auxiliary Carry Flag) เป็นตัวทดช่วยระหว่างบิตที่ 3 กับบิตที่ 4 AC จะเป็น 1 เมื่อมีการทดจากบิตที่ 3 มาบิตที่ 4 AC จะใช้สำหรับการทำงานในลักษณะของเลข BCD[21] ซึ่งถูกใช้โดยหน่วยประมวลผลกลาง
- **CY** (Carry Flag) เป็นตัวทดในการบวกและเป็นตัวยืมในการลบ เป็นตัวร่วมกับ ACC ในการหมุนบิต

DPTR (Data Pointer) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ทำหน้าที่เป็นตัวชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลภายนอก DPTR ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต 2 ตัว คือ **DPL** (Data Pointer Low) และ **DPH** (Data Pointer High)

SP (Stack Pointer) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่เก็บตำแหน่งหน่วยความจำ ณ ตำแหน่งที่จะเก็บข้อมูลลงในสแต็ก

P1 (Port 1) และ **P3** (Port 3) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของพอร์ต การส่งข้อมูลออกทางพอร์ตทำได้โดยกำหนดค่าให้กับรีจิสเตอร์ P1 หรือ P3 และการรับข้อมูลเข้าจากพอร์ตทำได้โดยอ่านค่าจากรีจิสเตอร์ P1 หรือ P3 สามารถเข้าถึงแบบบิตได้

IE (Interrupt Enable) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่กำหนดการทำงานของอินเตอร์รัพท์

IP (Interrupt Priority) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่กำหนดลำดับความสำคัญของอินเตอร์รัพท์

---

[20] พาริตี้บิต (Parity Bit) คือ บิตสำหรับตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในการสื่อสารข้อมูล

[21] BCD (Binary Coded Decimal) คือ ระบบการแทนตัวเลขฐานสิบแต่ละตัวด้วยตัวเลขฐานสอง 4 ตัว

TCON (Timer/Counter Control) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์

TMOD (Timer/Counter Mode Control) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่กำหนดโหมดการทำงานของไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์

TLO (Timer 0 Low) และ **THO** (Timer 0 High) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่เก็บข้อมูลจากการทำงานของไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ 0

TL1 (Timer 1 Low) และ **TH1** (Timer 1 High) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่เก็บข้อมูลจากการทำงานของไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ 1

SCON (Serial Port Control) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม

SBUF (Serial Data Buffer) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารแบบอนุกรม การส่งข้อมูลออกทางพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมทำได้โดยกำหนดค่าให้กับรีจิสเตอร์ SBUF และการรับข้อมูลเข้าจากพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมทำได้โดยอ่านค่าจากรีจิสเตอร์ SBUF

PCON (Power Control) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการรับส่งข้อมูลของการสื่อสารแบบอนุกรมและควบคุมระบบประหยัดพลังงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

แหล่งการเกิดอินเตอร์รัพท์มีอยู่ 5 แหล่ง คือ INTO TO INT1 T1 และ Serial Port (TXD/RXD) ตามลำดับความสำคัญ

- INTO คือ การเกิดอินเตอร์รัพท์จากภายนอกที่ขา INTO และเมื่อเกิดอินเตอร์รัพท์ไมโครคอนโทรลเลอร์จะกระโดดไปที่หน่วยความจำโปรแกรมตำแหน่ง 0003H
- TO คือ การเกิดอินเตอร์รัพท์จากไทเมอร์เคาน์เตอร์ 0 และเมื่อเกิดอินเตอร์รัพท์ไมโครคอนโทรลเลอร์จะกระโดดไปที่หน่วยความจำโปรแกรมตำแหน่ง 000BH
- INT1 คือ การเกิดอินเตอร์รัพท์จากภายนอกที่ขา INT1 และเมื่อเกิดอินเตอร์รัพท์ไมโครคอนโทรลเลอร์จะกระโดดไปที่หน่วยความจำโปรแกรมตำแหน่ง 0013H
- T1 คือ การเกิดอินเตอร์รัพท์จากไทเมอร์เคาน์เตอร์ 1 และเมื่อเกิดอินเตอร์รัพท์ไมโครคอนโทรลเลอร์จะกระโดดไปที่หน่วยความจำโปรแกรมตำแหน่ง 001BH
- Serial Port คือ การเกิดอินเตอร์รัพท์จากพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมที่ขา TXD หรือ RXD เมื่อเกิดอินเตอร์รัพท์ไมโครคอนโทรลเลอร์จะกระโดดไปที่หน่วยความจำโปรแกรมตำแหน่ง 0023H

การควบคุมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตอบสนองต่ออินเตอร์รัพท์ใดทำได้โดยกำหนดค่าใน **IE** ซึ่งสามารถเข้าถึงแบบบิตได้ รายละเอียดของบิตต่าง ๆ เป็นดังนี้

7	6	5	4	3	2	1	0
EA	-	-	ES	ET1	EX1	ETO	EXO

- **EX0** (Enable External Interrupt 0)
  กำหนดให้เป็น 1 เพื่อให้อินเตอร์รัพท์ INT0 ทำงาน
  กำหนดให้เป็น 0 เพื่อยกเลิกอินเตอร์รัพท์ INT0
- **ET0** (Enable Timer/Counter 0)
  กำหนดให้เป็น 1 เพื่อให้อินเตอร์รัพท์ T0 ทำงาน
  กำหนดให้เป็น 0 เพื่อยกเลิกอินเตอร์รัพท์ T0
- **EX1** (Enable External Interrupt 1)
  กำหนดให้เป็น 1 เพื่อให้อินเตอร์รัพท์ INT1 ทำงาน
  กำหนดให้เป็น 0 เพื่อยกเลิกอินเตอร์รัพท์ INT1
- **ET1** (Enable Timer/Counter 1)
  กำหนดให้เป็น 1 เพื่อให้อินเตอร์รัพท์ T1 ทำงาน
  กำหนดให้เป็น 0 เพื่อยกเลิกอินเตอร์รัพท์ T1
- **ES** (Enable Serial Port)
  กำหนดให้เป็น 1 เพื่อให้อินเตอร์รัพท์จากพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมทำงาน
  กำหนดให้เป็น 0 เพื่อยกเลิกอินเตอร์รัพท์จากพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม
- **EA** (Enable All Interrupt)
  กำหนดให้เป็น 1 เพื่อให้อินเตอร์รัพท์ทั้งหมดทำงาน
  กำหนดให้เป็น 0 เพื่อยกเลิกอินเตอร์รัพท์ทั้งหมด

การจัดลำดับความสำคัญของอินเตอร์รัพท์สามารถเปลี่ยนแปลงให้อินเตอร์รัพท์ใดมีความสำคัญมากที่สุดได้โดยกำหนดค่าใน **IP** ซึ่งสามารถเข้าถึงแบบบิตได้ รายละเอียดของบิตต่าง ๆ เป็นดังนี้

7	6	5	4	3	2	1	0
-	-	-	PS	PT1	PX1	PT0	PX0

ถ้าต้องการให้อินเตอร์รัพท์ใดมีความสำคัญมากที่สุดกำหนดให้บิตนั้นเป็น 1

- **PX0** (Priority of External Interrupt 0) หมายถึง ลำดับความสำคัญของ INT0
- **PT0** (Priority of Timer/Counter 0) หมายถึง ลำดับความสำคัญของ T0
- **PX1** (Priority of External Interrupt 1) หมายถึง ลำดับความสำคัญของ INT1
- **PT1** (Priority of Timer/Counter 1) หมายถึง ลำดับความสำคัญของ T1
- **PS** (Priority of Serial Port) หมายถึง ลำดับความสำคัญของ Serial Port

ไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ทำหน้าที่นับความถี่ของสัญญาณนาฬิกาหรือนับจำนวนครั้งความเปลี่ยนแปลงของลอจิก สำหรับไทเมอร์เป็นการนับจำนวนสัญญาณนาฬิกาของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยนับสัญญาณนาฬิกาจำนวน 12 ลูกต่อการเปลี่ยนแปลง 1 ครั้งหมายความว่าไทเมอร์จะเพิ่มค่าขึ้น 1 ค่าเมื่อเกิดสัญญาณนาฬิกาจำนวน 12 ลูก ดังนั้นถ้าใช้คริสตอลความถี่

Central Library
Prince of Songkla University

2 เมกะเฮิรตซ์สร้างสัญญาณนาฬิกาให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ไทเมอร์จะมีความถี่สูงสุด 1 เมกะเฮิรตซ์ และเคาน์เตอร์เป็นการนับสัญญาณจากภายนอกที่ T0 และ T1 โดยนับสัญญาณนาฬิกาจำนวน 24 ลูกต่อการเปลี่ยนแปลง 1 ครั้ง ดังนั้นถ้าใช้คริสตอลความถี่ 12 เมกะเฮิรตซ์ จะสามารถนับความถี่ได้สูงสุด 500 กิโลเฮิรตซ์

การควบคุมให้ไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ตัวใดทำงานและควบคุมการอินเตอร์รัพท์จากภายนอก ทำได้โดยกำหนดค่าใน **TCON** ซึ่งสามารถเข้าถึงแบบบิตได้ รายละเอียดของบิตต่าง ๆ เป็นดังนี้

7	6	5	4	3	2	1	0
TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

- **IT0** (External Interrupt 0 Type Control) เป็นตัวกำหนดลักษณะของสัญญาณอินเตอร์รัพท์ INT0
  กำหนดให้เป็น 1 เพื่อให้ช่วงขอบขาลงเป็นสัญญาณอินเตอร์รัพท์
  กำหนดให้เป็น 0 เพื่อให้ลอจิกต่ำเป็นสัญญาณอินเตอร์รัพท์
- **IE0** (External Interrupt 0 Edge Flag) เป็น 1 เมื่อเกิดสัญญาณอินเตอร์รัพท์ INT0 และเป็น 0 เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์กระโดดไปทำงานที่หน่วยความจำโปรแกรมตำแหน่ง 0003H เพื่อตอบสนองการอินเตอร์รัพท์
- **IT1** (External Interrupt 1 Type Control) เป็นตัวกำหนดลักษณะของสัญญาณอินเตอร์รัพท์ INT1
  กำหนดให้เป็น 1 เพื่อให้ช่วงขอบขาลงเป็นสัญญาณอินเตอร์รัพท์
  กำหนดให้เป็น 0 เพื่อให้ลอจิกต่ำเป็นสัญญาณอินเตอร์รัพท์
- **IE1** (External Interrupt 1 Edge Flag) เป็น 1 เมื่อเกิดสัญญาณอินเตอร์รัพท์ INT1 และเป็น 0 เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์กระโดดไปทำงานที่หน่วยความจำโปรแกรมตำแหน่ง 0013H เพื่อตอบสนองการอินเตอร์รัพท์
- **TR0** (Timer/Counter 0 Run Control) เปิดปิดการทำงานไทเมอร์เคาน์เตอร์ 0
  กำหนดให้เป็น 1 เพื่อให้ไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ 0 ทำงาน
  กำหนดให้เป็น 0 เพื่อให้ไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ 0 หยุดทำงาน
- **TF0** (Timer/Counter 0 Overflow Flag) เป็น 1 เมื่อไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ 0 เกิดการนับเกินหรือเรียกกว่า โอเวอร์โฟลว์ และเป็น 0 เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์กระโดดไปทำงานที่หน่วยความจำโปรแกรมตำแหน่ง 000BH เพื่อตอบสนองการอินเตอร์รัพท์
- **TR1** (Timer/Counter 1 Run Control) เปิดปิดการทำงานไทเมอร์เคาน์เตอร์ 1
  กำหนดให้เป็น 1 เพื่อให้ไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ 1 ทำงาน
  กำหนดให้เป็น 0 เพื่อให้ไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ 1 หยุดทำงาน

- **TF1** (Timer/Counter 1 Overflow Flag) เป็น 1 เมื่อไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ 1 เกิดการโอเวอร์โฟลว์ และเป็น 0 เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์กระโดดไปทำงานที่หน่วยความจำโปรแกรมตำแหน่ง 001BH เพื่อตอบสนองการอินเตอร์รัพท์

การทำงานของไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์มีอยู่ 4 โหมด คือ

โหมด 0 เป็นการนับแบบ 13 บิต โดยใช้ TLx (TL0 หรือ TL1) 5 บิตล่างกับ THx (TH0 หรือ TH1) 8 บิต คือ เมื่อทำการนับจน TLx มีค่าเป็น 00011111_2 แล้วมีการนับเพิ่มอีก 1 TLx จะส่งให้ THx นับต่อจนกระทั่ง TLx เป็น 00011111_2 และ THx เป็น 11111111_2 ก็จะเกิดการโอเวอร์โฟลว์ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์สร้างสัญญาณอินเตอร์รัพท์สำหรับไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ แล้วเปลี่ยนค่าของ TLx และ THx เป็น 00000000_2 เพื่อเริ่มต้นการนับต่อไป

โหมด 1 เป็นการนับแบบ 16 บิต โดยใช้ TLx และ THx คือ เริ่มทำการนับจาก 0000H ไปจนถึง FFFFH ก็จะเกิดการโอเวอร์โฟลว์ หลังจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะสร้างสัญญาณ อินเตอร์รัพท์สำหรับไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ขึ้น แล้วเปลี่ยนค่าของ TLx และ THx เป็น 0000H เพื่อเริ่มต้นการนับต่อไป

โหมด 2 เป็นการนับแบบ 8 บิต โดยใช้ TLx เป็นตัวนับและ THx เป็นตัวเก็บค่าเริ่มต้น คือ เมื่อทำการนับจน TLx มีค่าเป็น FFH ก็จะเกิดการโอเวอร์โฟลว์ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะสร้างสัญญาณอินเตอร์รัพท์สำหรับไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ขึ้น แล้วเปลี่ยนค่าของ TLx เป็นค่าที่เก็บใน THx เพื่อเริ่มต้นการนับต่อไป

โหมด 3 เป็นการนับแบบ 8 บิต โดยแยกการนับของ TL0 และ TH0 ออกจากกันใช้ TF1 เป็นที่เก็บการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของ TH0 และ TF0 เป็นที่เก็บการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของ TL0

การกำหนดโหมดการทำงานของไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ทำได้โดยกำหนดค่าใน **TMOD** ซึ่งสามารถเข้าถึงแบบบิตได้ รายละเอียดของบิตต่าง ๆ เป็นดังนี้

7	6	5	4	3	2	1	0
Gate	C/T	M1	M0	Gate	C/T	M1	M0
เป็นของไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ 1				เป็นของไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ 0			

- **M0** และ **M1** (Mode Select) เป็นตัวกำหนดว่าจะให้ไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ทำงานในโหมดใด โดยมีเงื่อนไขดังนี้

  M1 = 0, M0 = 0 หมายถึง โหมด 0

  M1 = 0, M0 = 1 หมายถึง โหมด 1

  M1 = 1, M0 = 0 หมายถึง โหมด 2

  M1 = 1, M0 = 1 หมายถึง โหมด 3

- **C/T** (Counter/Timer) เป็นตัวกำหนดว่าจะให้ทำงานเป็นเคาน์เตอร์หรือไทเมอร์

  กำหนดให้เป็น 1 เพื่อให้ทำงานเป็นเคาน์เตอร์

  กำหนดให้เป็น 0 เพื่อให้ทำงานเป็นไทเมอร์

- **Gate** (Gate Control When Set) เป็นตัวกำหนดลักษณะการควบคุมของไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์

กำหนดให้เป็น 1 เพื่อให้ควบคุมการทำงานของไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ด้วยฮาร์ดแวร์ คือ ไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ทำงานเมื่อ TRO หรือ TR1 ใน TCON เป็น 1 และค่าสถานะของลอจิกที่ INTO หรือ INT1 เป็น 1

กำหนดให้เป็น 0 เพื่อให้ควบคุมการทำงานของไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ด้วยซอฟต์แวร์ คือ ไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ทำงานเมื่อ TRO หรือ TR1 ใน TCON เป็น 1

การติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมใช้ TXD ในการส่งข้อมูลและ RXD ในการรับข้อมูลมี SBUF เก็บข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสาร อัตราการรับส่งข้อมูล (Baud Rate) มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (Bit per second : bps) ข้อมูลในการสื่อสารแบบอนุกรมประกอบด้วยส่วนที่เป็นบิตเริ่มต้น (Start Bit) สำหรับบอกว่าเริ่มต้นการส่งข้อมูล บิตข้อมูลสำหรับส่งข้อมูล พาริตี้บิตที่เป็นบิตสำหรับตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลซึ่งจะมีหรือไม่ก็ได้ และบิตจบการทำงาน (Stop Bit) สำหรับบอกว่าหมดข้อมูลแล้ว

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลโดยใช้พาริตี้บิตมีอยู่ 2 แบบ คือ พาริตี้เลขคู่ (Even Parity) ถ้าข้อมูลมีจำนวนของบิตที่เป็น 1 เป็นจำนวนคู่แล้วพาริตี้บิตจะเป็น 0 ถ้าข้อมูลมีจำนวนของบิตที่เป็น 1 เป็นจำนวนคี่แล้วพาริตี้บิตจะเป็น 1 และพาริตี้เลขคี่ (Odd Parity) ถ้าข้อมูลมีจำนวนของบิตที่เป็น 1 เป็นจำนวนคู่แล้วพาริตี้บิตจะเป็น 1 ถ้าข้อมูลมีจำนวนของบิตที่เป็น 1 เป็นจำนวนคี่แล้วพาริตี้บิตจะเป็น 0

การควบคุมการทำงานและการกำหนดโหมดการทำงานของพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมทำได้โดยกำหนดค่าใน **SCON** ซึ่งสามารถเข้าถึงแบบบิตได้ รายละเอียดของบิตต่าง ๆ เป็นดังนี้

7	6	5	4	3	2	1	0
SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

- **RI** (Receive Interrupt Flag) เป็น 1 เมื่อเสร็จสิ้นการรับข้อมูล
- **TI** (Transmit Interrupt Flag) เป็น 1 เมื่อเสร็จสิ้นการส่งข้อมูล
- **RB8** (Receive Data Bit-8) เป็นที่เก็บบิตที่ 8 (บิตลำดับที่ 9) ในการรับข้อมูลของการทำงานโหมด 2 และโหมด 3
- **TB8** (Transmit Data Bit-8) เป็นที่เก็บบิตที่ 8 (บิตลำดับที่ 9) ในการส่งข้อมูลของการทำงานโหมด 2 และโหมด 3
- **REN** (Receive Enable)

กำหนดให้เป็น 1 เพื่อให้มีการรับข้อมูลจากพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม

กำหนดให้เป็น 0 เพื่อไม่ให้มีการรับข้อมูลจากพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม

- **SM2** เป็นตัวควบคุมการทำงานในลักษณะที่มีการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์หลายตัว (Multi Processor Communication)

  กำหนดให้เป็น 1 เพื่อทำงานแบบหลายไมโครคอนโทรลเลอร์

  กำหนดให้เป็น 0 เพื่อยกเลิกการทำงานแบบหลายไมโครคอนโทรลเลอร์

- **SM0** และ **SM1** (Serial Port Mode Select) เป็นตัวกำหนดว่าจะให้พอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมทำงานในโหมดใด โดยมีเงื่อนไขดังนี้

  SM0 = 0, SM1 = 0 หมายถึง โหมด 0

  SM0 = 0, SM1 = 1 หมายถึง โหมด 1

  SM0 = 1, SM1 = 0 หมายถึง โหมด 2

  SM0 = 1, SM1 = 1 หมายถึง โหมด 3

โหมด 0 รับส่งข้อมูลขนาด 8 บิตเริ่มจากบิตล่างก่อน เมื่อเสร็จสิ้นการส่งข้อมูล TI จะเป็น 1 และเกิดอินเตอร์รัพท์สำหรับพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม จากนั้น TI จะเป็น 0 เมื่อเสร็จสิ้นการรับข้อมูล RI จะเป็น 1 และเกิดอินเตอร์รัพท์สำหรับพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม จากนั้น RI จะเป็น 0

อัตราการรับส่งข้อมูล = 1/12 ของความถี่สัญญาณนาฬิกา

ถ้าคริสตอลความถี่ 12 เมกะเฮิรตซ์ อัตราการรับส่งข้อมูลเป็น 1 เมกะบิตต่อวินาที

โหมด 1 รับส่งข้อมูลขนาด 10 บิต คือ บิตเริ่มต้น 1 บิต บิตข้อมูลขนาด 8 บิต เริ่มจากบิตล่างก่อน และบิตจบ 1 บิต ซึ่งในการรับข้อมูลบิตจบจะเก็บไว้ที่ RB8 ใน SCON เมื่อเสร็จสิ้นการส่งข้อมูล TI จะเป็น 1 และเกิดอินเตอร์รัพท์สำหรับพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม จากนั้นจึงกำหนดให้ TI เป็น 0 เพื่อทำการส่งข้อมูลต่อไป เมื่อเสร็จสิ้นการรับข้อมูล RI จะเป็น 1 และเกิดอินเตอร์รัพท์สำหรับพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม จากนั้นจึงกำหนดให้ RI เป็น 0 เพื่อทำการรับข้อมูลต่อไป อัตราการรับส่งข้อมูลกำหนดได้โดยใช้การเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ 1

อัตราการรับส่งข้อมูล = $2^{SMOD}/32$ ของอัตราการเกิดโอเวอร์โฟลว์

อัตราการเกิดโอเวอร์โฟลว์ = ความถี่สัญญาณนาฬิกา / (12 x (256-TH1))

โหมด 2 และ **โหมด 3** รับส่งข้อมูลขนาด 11 บิต คือ บิตเริ่มต้น 1 บิต บิตข้อมูลขนาด 9 บิตเริ่มจากบิตล่างก่อน และบิตจบ 1 บิต ซึ่งในการส่งบิตข้อมูลบิตที่ 8 (บิตลำดับที่ 9) จะกำหนดไว้ที่ TB8 ใน SCON เมื่อเสร็จสิ้นการส่งข้อมูล TI จะเป็น 1 และเกิดอินเตอร์รัพท์สำหรับพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม จากนั้นจึงกำหนดให้ TI เป็น 0 เพื่อทำการส่งข้อมูลต่อไป เมื่อเสร็จสิ้นการรับข้อมูล RI จะเป็น 1 และเกิดอินเตอร์รัพท์สำหรับพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม จากนั้นจึงกำหนดให้ RI เป็น 0 เพื่อทำการรับข้อมูลต่อไป

โหมด 2 กำหนดอัตราการรับส่งข้อมูลได้ 2 แบบซึ่งกำหนดโดย SMOD ใน PCON

อัตราการรับส่งข้อมูล = $2^{SMOD}/64$ ของความถี่สัญญาณนาฬิกา

- ถ้ากำหนดให้ SMOD เป็น 0

  อัตราการรับส่งข้อมูล = 1/64 ของความถี่สัญญาณนาฬิกา

- ถ้ากำหนดให้ SMOD เป็น 1

  อัตราการรับส่งข้อมูล = 1/32 ของความถี่สัญญาณนาฬิกา

โหมด 3 กำหนดอัตราการรับส่งข้อมูลเหมือนกับโหมด 1 ใช้การเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ 1 คือ

$$\text{อัตราการรับส่งข้อมูล} = 2^{SMOD}/32 \text{ ของอัตราการเกิดโอเวอร์โฟลว์}$$

$$\text{อัตราการเกิดโอเวอร์โฟลว์} = \text{ความถี่สัญญาณนาฬิกา} / (12 \times (256-TH1))$$

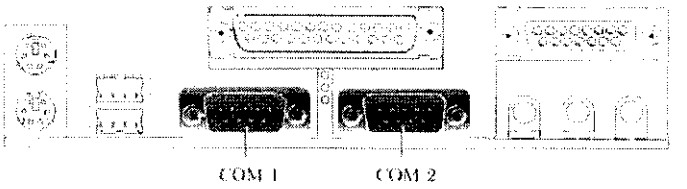
นอกจากการอินเตอร์รัพท์ ไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ และการสื่อสารแบบอนุกรมแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์ยังมีความสามารถในการประหยัดพลังงาน คือ ทำงานแบบสภาวะไอเดิล (Idle) หรือหยุดจ่ายพลังงาน (Power Down) ดังนั้นการควบคุมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานในโหมดประหยัดพลังงานและการกำหนดอัตราการรับส่งข้อมูลของการสื่อสารแบบอนุกรม โดยใช้ SMOD ทำได้โดยกำหนดค่าใน **PCON** รายละเอียดของบิตต่าง ๆ เป็นดังนี้

7	6	5	4	3	2	1	0
SMOD	-	-	-	GF1	GF0	PD	IDL

- **IDL** (Idel Mode) กำหนดให้เป็น 1 เพื่อทำงานในสภาวะไอเดิล ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะหยุดทำงานแต่ค่าของรีจิสเตอร์ยังคงอยู่ การออกจากสภาวะไอเดิลทำได้โดยการเกิดอินเตอร์รัพท์ INT0 หรือ INT1 เมื่อเกิดอินเตอร์รัพท์ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงานต่อ หรือทำการรีเซตระบบ
- **PD** (Power Down Mode) กำหนดให้เป็น 1 เพื่อทำงานในสภาวะหยุดจ่ายพลังงาน คือ การสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์หยุดสร้างสัญญาณนาฬิกาซึ่งเป็นผลทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์หยุดทำงาน การออกจากสภาวะหยุดจ่ายพลังงานทำได้โดยการรีเซตระบบ
- **GF0** (General Flag 0) สำหรับใช้งานทั่วไป
- **GF1** (General Flag 1) สำหรับใช้งานทั่วไป
- **SMOD** (Serial Mode) กำหนดอัตราการรับส่งข้อมูลของการสื่อสารแบบอนุกรม

ดังนั้นเมื่อมีการนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการประมวลผลข้อมูลและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์จึงต้องมีการพัฒนาโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งให้ทำงานตามที่ต้องการและยังมีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อติดต่อนำเข้าข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณวิทยุผ่านทางพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมมาประมวลผลและแสดงผล

พอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมของคอมพิวเตอร์มีอยู่ 2 พอร์ตเรียกว่า COM1 และ COM2 ซึ่งเป็นพอร์ตขนาด 9 ขา

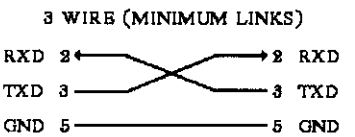


ภาพประกอบ 2-13 พอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมของคอมพิวเตอร์

ภาพประกอบ 2-14 การจัดเรียงขาของพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมของคอมพิวเตอร์

ขาที่ 1 **DCD** (Data Carrier Detect) เป็นอินพุตเพื่อตรวจจับสัญญาณข้อมูล
ขาที่ 2 **RXD** (Receive Data) เป็นอินพุตเพื่อรับข้อมูลในการสื่อสารแบบอนุกรม
ขาที่ 3 **TXD** (Transmit Data) เป็นเอาต์พุตเพื่อส่งข้อมูลในการสื่อสารแบบอนุกรม
ขาที่ 4 **DTR** (Data Terminal Ready) เป็นเอาต์พุตเพื่อส่งสัญญาณพร้อมส่งข้อมูล
ขาที่ 5 **GND** (Signal Ground) เป็นขากราวน์ของระบบ
ขาที่ 6 **DSR** (Data Set Ready) เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณพร้อมรับส่งข้อมูล
ขาที่ 7 **RTS** (Request To Send) เป็นเอาต์พุตเพื่อส่งสัญญาณต้องการส่งข้อมูล
ขาที่ 8 **CTS** (Clear To Send) เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณให้ส่งข้อมูลได้
ขาที่ 9 **RI** (Ring Indicator) เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณกริ่ง

การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เครื่องรับกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมจะเชื่อมต่อแบบใช้สายน้อยที่สุด คือ 3 เส้น ดังภาพประกอบ 2-15



ภาพประกอบ 2-15 การเชื่อมต่อแบบใช้สายน้อยที่สุดของพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม

การรับส่งข้อมูลจะส่งเพียงทางเดียวเท่านั้นจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เครื่องรับไปยังคอมพิวเตอร์ คือ จาก TXD ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยัง RXD ที่คอมพิวเตอร์

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากเว็บไซต์ของบริษัทไบโอแทร็ก ประเทศอังกฤษ (Online, n.d.) บริษัทไบโอแทร็กเป็นบริษัทที่ผลิตและจำหน่ายอุปกรณ์สำหรับติดตามสัตว์ด้วยคลื่นวิทยุเพื่อใช้ในการติดตามสัตว์ป่าตั้งแต่ปี ค.ศ. 1981 และปัจจุบันได้ใช้เทคโนโลยีนี้ในการติดตามสัตว์เลี้ยงที่สูญหาย

จุดมุ่งหมายหลักในการออกแบบอุปกรณ์ติดตัวสัตว์มีอยู่ 5 ข้อ คือ

1. เมื่อนำไปใช้แล้วต้องมีผลกระทบน้อยที่สุดต่อสัตว์
2. มีความน่าเชื่อถือสูง ทั้งการออกแบบ กระบวนการผลิต และการนำไปใช้งาน
3. มีขนาดเล็ก
4. มีพลังงานในการใช้งานที่มีประสิทธิภาพสูงสุด
5. มีราคาที่คุ้มค่าและเหมาะสม

อุปกรณ์ติดตัวสัตว์สร้างขึ้นให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานตามประเภทของสัตว์ มีอยู่หลายชนิดดังนี้

- อุปกรณ์ติดที่หาง

ภาพประกอบ 2-16 อุปกรณ์ติดที่หาง

การติดที่หางเป็นวิธีที่ปลอดภัยที่สุดสำหรับอุปกรณ์ โดยติดบนขนที่เจริญเต็มที่และสามารถติดโดยไม่ต้องมีที่ยึดเกาะ อาจผูกเข้ากับไนลอนหรือเชือกแล้วผูกติดที่กลางขน 2 อัน อุปกรณ์หลุดออกระหว่างที่นกเปลี่ยนขน ควรมีน้ำหนักไม่เกิน 1-2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ขนาดเล็กที่สุดมีน้ำหนักน้อยกว่า 3 กรัมไม่ต้องผูกติดกับเส้นใยใด ๆ ทากาวและติดที่ส่วนกลางของขนที่หาง สายอากาศควรยึดไว้หลายจุดตลอดก้านของขน

- อุปกรณ์ติดที่หลัง

ภาพประกอบ 2-17 อุปกรณ์ติดที่หลัง

ออกแบบมาเพื่อใช้กับนก แต่ได้ทำการปรับปรุงให้เหมาะกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ปลา สัตว์เลื้อยคลาน และสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ อุปกรณ์ที่ใช้กับนกถ้ามีน้ำหนักมากกว่า 4 กรัม เหมาะกับที่ยึดเกาะลักษณะเป็นหลอด ถ้ามีขนาดเล็กกว่าอาจทากาวแล้วติดได้เลยและผูกติดกับไนลอนหรือผ้าฝ้ายบางเพื่อเพิ่มพื้นผิวสำหรับทากาว นอกจากนี้ยังทากาวติดไปบนที่ยึดเกาะได้

- อุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นสร้อยคอ

ภาพประกอบ 2-18 อุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นสร้อยคอ

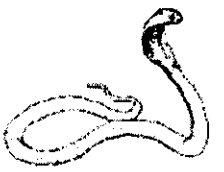
พัฒนาขึ้นครั้งแรกเพื่อใช้กับไก่ฟ้า ปัจจุบันนำมาใช้สำหรับเกมล่านกในแถบยุโรปตะวันตก อุปกรณ์ที่มีน้ำหนัก 2-3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว โดยส่วนใหญ่ใช้สำหรับสัตว์ปีก

- อุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นปลอกคอ

ภาพประกอบ 2-19 อุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นปลอกคอ

โดยส่วนใหญ่นำมาใช้บนบกและใช้กับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่อาศัยอยู่บนต้นไม้ ปลอกคอมีหลายชนิด ได้แก่ หนังสัตว์ ไนลอนเกลียว ทองเหลือง และเชือกขนาดใหญ่ อุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่สามารถบรรจุเข้ากับห่วงเพื่อผูกติดกับปลอกคอได้และที่มีขนาดเล็กกว่าโดยปกติประกอบเข้ากับปลอกคอที่เหมาะสมเรียบร้อยแล้ว

- อุปกรณ์ที่ฝังเข้าไปในร่างกาย



ภาพประกอบ 2-20 อุปกรณ์ที่ฝังเข้าไปในร่างกาย

โดยส่วนใหญ่นำมาใช้กับปลา สัตว์เลื้อยคลาน และสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ แต่ควรได้รับคำแนะนำจากสัตวแพทย์ผู้เชี่ยวชาญก่อนใช้ อุปกรณ์กับแบตเตอรี่ที่มีลักษณะเหมือนกระดุมสีเงินโดยทั่วไปบรรจุในผนึกพลาสติก อุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่กว่าบรรจุในอะครีลิกทางทันตกรรมหรือใส่ในหลอดโพลีคาร์บอเนต อุปกรณ์ทั้งหมดเคลือบสารประกอบที่เข้ากันได้กับร่างกายก่อนทำการฝังเข้าไป วัตถุอุดกันรั่ว คือ ยางจากน้ำมันพาราฟิน หรือซิลิโคนทางศัลยกรรม และมีสายอากาศลักษณะวนเป็นเกลียวอยู่ภายใน

- อุปกรณ์ติดที่ขา

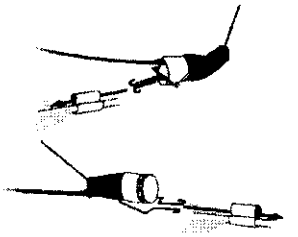
นำมาใช้กับนกที่ไม่เหมาะกับอุปกรณ์ติดที่หางหรือหลัง แต่ไม่ได้นำมาใช้โดยทั่วไป นำมาทดลองใช้สำหรับนกจำพวกเหยี่ยวและนกเวดเออะขายาวจำพวกนกกระยางที่ลุยน้ำหาอาหาร โดยทั่วไปอุปกรณ์นี้จะเป็นทางเลือกสุดท้ายถ้าขนที่หางของนกยังไม่เจริญเต็มที่หรือที่ยึดเกาะมีความเสี่ยงสูง และต้องแน่ใจว่าสายอากาศไม่ไปกีดขวางการเดินของนก

- อุปกรณ์ลักษณะเป็นหลอดสำหรับปลา

ภาพประกอบ 2-21 อุปกรณ์ลักษณะเป็นหลอดสำหรับปลา

โดยส่วนใหญ่ใช้นำมาสำหรับปลา แต่ควรได้รับคำแนะนำจากสัตวแพทย์ผู้เชี่ยวชาญก่อนใช้และอาจจะต้องมีใบอนุญาตเพื่อทำการฝังอุปกรณ์เข้าไปในร่างกายสัตว์ อุปกรณ์จะต้องใส่ในหลอดโพลีคาร์บอเนต มีสายอากาศครอบคลุมระยะกว้าง ระยะทางของสัญญาณดีกว่าอุปกรณ์ที่ฝังเข้าไปในร่างกายแบบธรรมดา

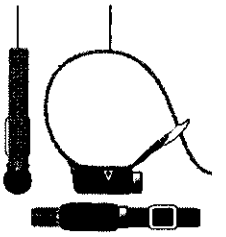
- อุปกรณ์สำหรับนกเหยี่ยว



ภาพประกอบ 2-22 อุปกรณ์สำหรับนกเหยี่ยว

ใช้ในการติดตามหานกเหยี่ยวที่หายไปในการออกล่าจับนกอื่น การติดตามมีระยะไกลดังนั้นอุปกรณ์จะส่งสัญญาณได้เป็นเวลานานและผู้ฝึกเหยี่ยวสามารถเปลี่ยนแบตเตอรี่ได้ การออกแบบอุปกรณ์นี้แตกต่างกับอุปกรณ์ที่กล่าวมาข้างต้น โดยมีช่องสำหรับใส่แบตเตอรี่

- อุปกรณ์สำหรับสุนัขและแมว



ภาพประกอบ 2-23 อุปกรณ์สำหรับสุนัขและแมว

อุปกรณ์ที่สัตว์สวมใส่ส่งสัญญาณวิทยุออกมาและได้ยินเป็นเสียงเตือนที่เครื่องรับสัญญาณวิทยุซึ่งต่อกับสายอากาศ สัญญาณที่เครื่องรับจะมีความแรงเมื่อชี้ไปยังอุปกรณ์ส่งสัญญาณทำให้สามารถตามหาสัตว์ที่หายไปได้โดยเดินไปในทิศทางที่สัญญาณแรงที่สุด

หลักการติดตามสัตว์โดยใช้คลื่นวิทยุของบริษัทไบโอแทร็ก คือ อุปกรณ์ที่ติดตัวสัตว์จะทำหน้าที่เป็นเครื่องส่งสัญญาณวิทยุออกมา เมื่อเครื่องรับสัญญาณวิทยุรับสัญญาณที่มีความแรงในทิศทางใดก็สามารถติดตามสัญญาณวิทยุนั้นไปในทิศทางดังกล่าวจนเจอสัตว์

ในต่างประเทศมีการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ในการศึกษาพฤติกรรมของสัตว์ เช่น ประเทศโปรตุเกส นักวิจัยทำการศึกษาเต่าหัวค้อนโดยติดอุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมไว้บนหลังเต่า ซึ่งอุปกรณ์นี้สามารถบันทึกข้อมูลความลึกจากระดับน้ำทะเล ระยะทางที่เต่าเดินทาง และตำแหน่งที่เต่าอยู่ แล้วทำการส่งสัญญาณข้อมูลผ่านดาวเทียม 2 ครั้งต่อวัน นักวิจัยจะทำการดึงข้อมูลจากดาวเทียมมาศึกษาทำให้ทราบพฤติกรรมต่าง ๆ ของเต่าหัวค้อน (รายการสำรวจโลก (รายการโทรทัศน์), 2544) และประเทศแอฟริกา นักวิจัยทำการศึกษาพฤติกรรมของช้างแอฟริกาโดยติดเครื่องส่งสัญญาณวิทยุที่มีลักษณะเป็นปลอกคอไว้ที่ช้างตัวที่เป็นจ่าโขลง แล้วนักวิจัยจะทำการติดตามหาตำแหน่งที่ช้างอยู่ด้วยเครื่องรับสัญญาณวิทยุเพื่อทำการสังเกตพฤติกรรมของช้าง (รายการสำรวจโลก (รายการโทรทัศน์), 2544)

สำหรับในประเทศไทย กรมประมงร่วมมือกับมหาวิทยาลัยเกียวโตและมหาวิทยาลัยโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น เพื่อทำการศึกษาพฤติกรรมของเต่าตะนุ นักชีววิทยาศึกษาเกี่ยวกับแหล่งหากิน แหล่งวางไข่ และการเดินทางของเต่าทะเล เต่าทะเลเดินทางหากินไกลมากกว่า 2,000 กิโลเมตรข้ามมหาสมุทรหลังจากวางไข่ จึงทำการศึกษาโดยติดเครื่องส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมไว้ที่หลังกระดองแม่เต่าหลังจากวางไข่ เพื่อบอกตำแหน่งตลอดเวลา 2 ปีตามอายุการใช้งานของอุปกรณ์ ข้อมูลจะถูกนำมาวิเคราะห์หาตำแหน่งพิกัด ความเร็ว ทำเป็นแผนที่ไปยังแหล่งหากิน แหล่งวางไข่ ทำให้นักชีววิทยารู้จักเต่าตะนุมากขึ้น หลังจากติดเครื่องส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมทำให้ทราบว่าร้อยละ 70 ของเต่าเดินทางไปต่างประเทศ ช่วงเวลาหากินจะอยู่ที่ต่างประเทศประมาณ 1-3 ปี แล้วกลับมาวางไข่ที่เดิมประมาณ 4-5 เดือน การศึกษาครั้งนี้

ยังเป็นผลให้นักอนุรักษ์สามารถวางกรอบการอนุรักษ์ได้อย่างถูกต้องอีกด้วยและในอนาคตมีแผนที่จะดำเนินการกับเต่ากระเช่นเดียวกับเต่าตะนุ (รายการเรื่องจริงผ่านจอ (รายการโทรทัศน์), 2545) และที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว กรมป่าไม้ คุณลอน กราสแมน ได้ทำการศึกษาร่วมกับเจ้าหน้าที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียวในงานวิจัยสัตว์ผู้ล่าในป่าภูเขียว สัตว์ผู้ล่าที่ศึกษา ได้แก่ เสือลายเมฆ แมวลายหินอ่อน หมีขอ เป็นต้น โดยติดเครื่องส่งสัญญาณวิทยุที่มีลักษณะเป็นปลอกคอไว้ที่สัตว์ดังกล่าวแล้วติดตามหาตำแหน่งที่สัตว์อยู่ด้วยเครื่องรับสัญญาณวิทยุ สัตว์แต่ละตัวจะใช้ความถี่คลื่นวิทยุต่างกัน ถ้าต้องการรับสัญญาณของสัตว์ตัวใดก็ปรับความถี่ที่เครื่องรับสัญญาณวิทยุไปที่ความถี่ของสัตว์ตัวนั้น ในการติดตามสัตว์ทำให้ทราบการเดินทางและพื้นที่ที่สัตว์อาศัยอยู่ สัตว์ผู้ล่าที่เป็นเป้าหมายในการศึกษาต่อไปก็คือ เสือโคร่ง (รายการสำรวจธรรมชาติ (รายการโทรทัศน์), 2545)

สำหรับงานวิจัยนี้อาศัยการส่งสัญญาณระยะไกลผ่านคลื่นวิทยุเช่นเดียวกัน แต่สัญญาณวิทยุนั้นจะเป็นสัญญาณข้อมูลชีพจรซึ่งส่งไปยังเครื่องรับสัญญาณวิทยุที่ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผลข้อมูลและแสดงผล