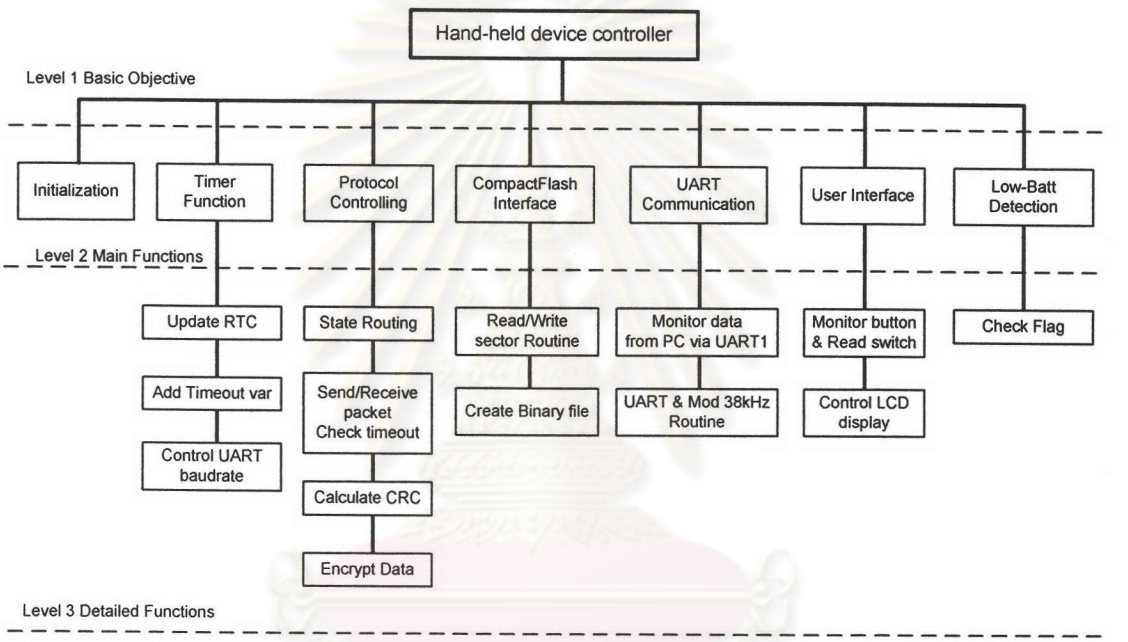
# บทที่ 5

# รายละเอียดทางด้านซอฟต์แวร์

## 5.1 ซอฟต์แวร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ของอุปกรณ์มือถือ

ซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงานต่างๆ ที่อยู่ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์บนอุปกรณ์มือถือมีอยู่หลายส่วนซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดได้โดยการแบ่งตามกลุ่มหน้าที่ได้ดังรูปที่ 5.1




*รูปที่ 5.1 รายละเอียดของซอฟต์แวร์ควบคุมบนอุปกรณ์มือถือ*

## 5.2 ส่วนจัดการทางเวลา

ทำหน้าที่จัดการงานต่างๆ ที่เกี่ยวกับการจับเวลาบนตัวอุปกรณ์มือถือซึ่งได้แก่

*1) ปรับค่าฐานเวลาบนอุปกรณ์มือถือ* ใช้ตัวตั้งเวลาชุด A (Timer A) ซึ่งใช้ฐานเวลาจากคริสตอลค่า 32.768 kHz ทำหน้าที่สร้างสัญญาณขัดจังหวะทุกๆ 1 วินาที โดยโปรแกรมบริการการขัดจังหวะของตัวตั้งเวลา A นี้จะคอยทำหน้าที่ปรับค่าฐานเวลาใหม่ทุกๆ ครั้งที่มีการขัดจังหวะ

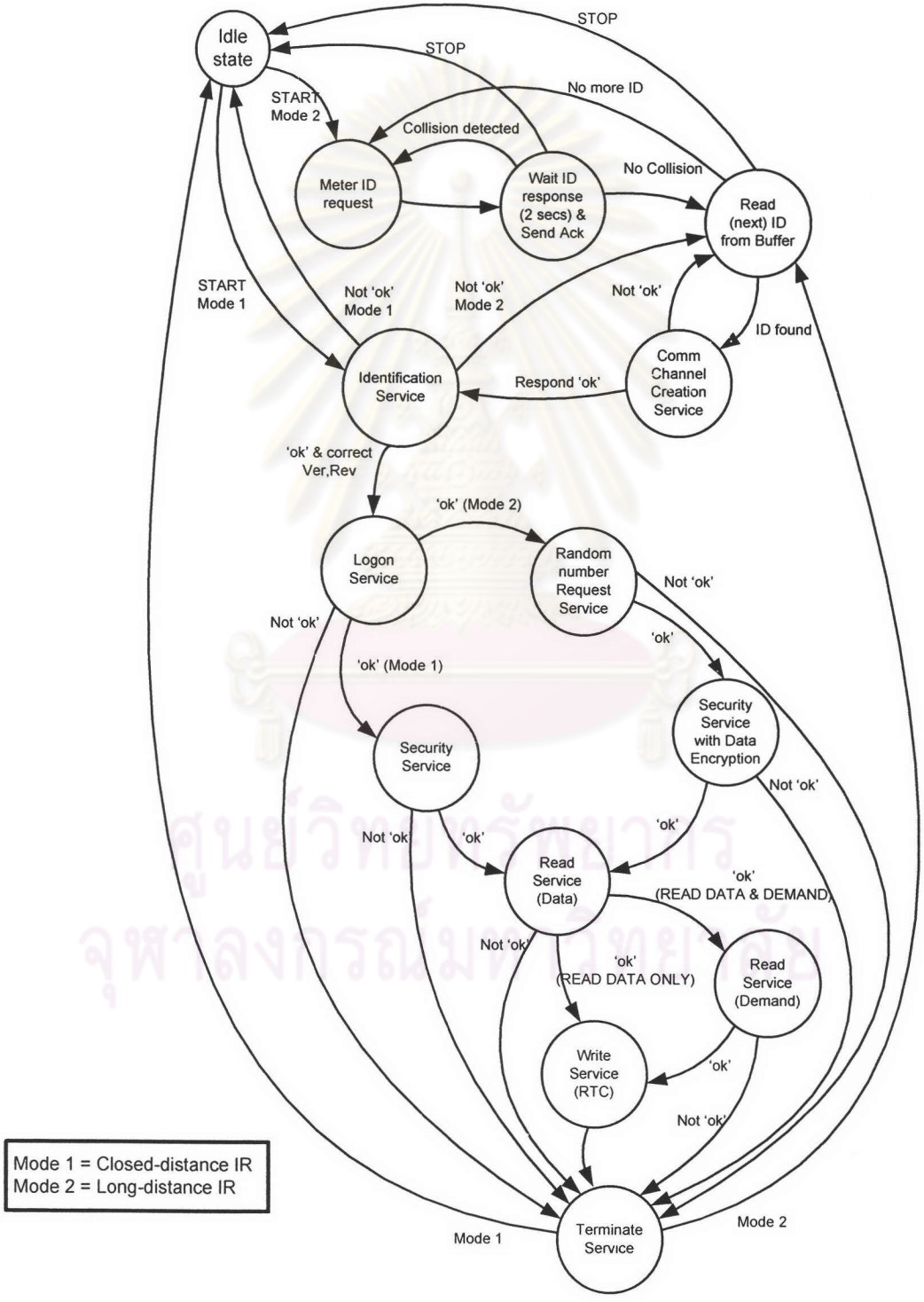
*2) เพิ่มค่าให้กับตัวแปรที่ใช้ตรวจสอบระยะเวลาหมดเวลารอ (Timeout)* ซึ่งถูกใช้โดยส่วนควบคุมการทำงานของโพรโตคอลในหัวข้อ5.3

*3) กำหนดอัตราบอดของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม* สำหรับโปรแกรมย่อยที่เขียนขึ้นเองเพื่อทำหน้าที่รับส่งข้อมูลแบบ UART และมีการมอดูเลตข้อมูลด้วยความถี่ 38 kHz

## 5.3 ส่วนควบคุมการทำงานของโพรโตคอล

### 5.3.1 ส่วนควบคุมขั้นตอนดำเนินงานของกระบวนการต่างๆ

สามารถแสดงการทำงานได้โดยใช้แผนภาพ ASM (Algorithmic State Machine) ได้ดังรูปที่ 5.2

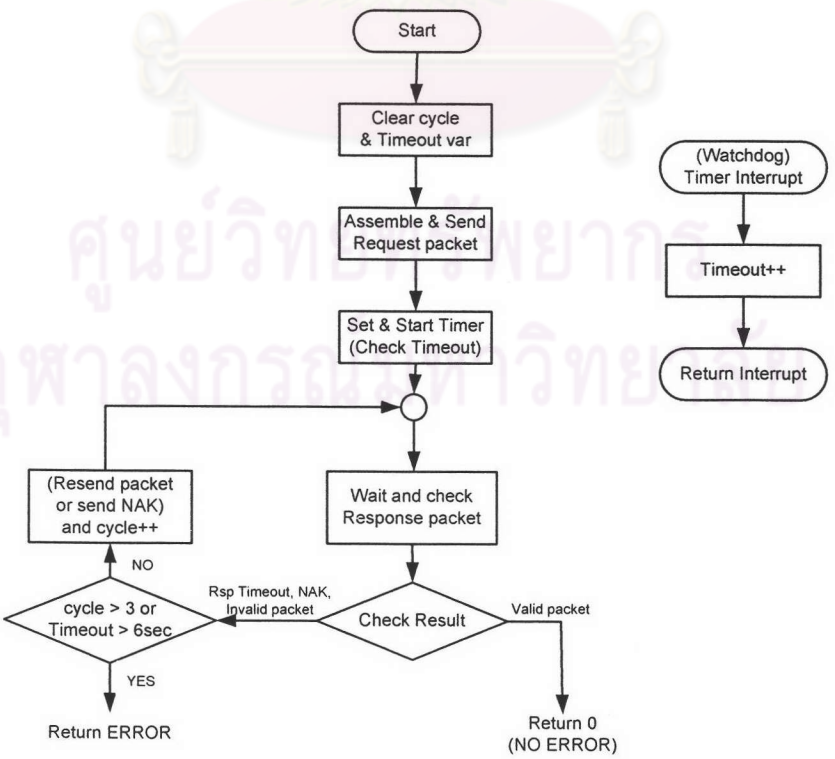



*รูปที่ 5.2 แผนภาพ ASM ควบคุมลำดับการทำงานของโพรโตคอล*

การควบคุมลำดับการทำงานต่างๆ ของโพรโตคอลได้นำหลักการทำงานแบบกลไกลำดับขั้น (State Machine) มาใช้ เมื่อมีการกดปุ่มเริ่มต้นโปรแกรมจะตรวจสอบก่อนว่าเป็นการอ่านแบบประกบติดหรือแบบระยะไกล หากเป็นการอ่านแบบระยะไกลจะต้องทำกระบวนการร้องขอหมายเลขประจำจากมิเตอร์ก่อนเป็นลำดับแรก แล้วตามด้วยกระบวนการสร้างช่องทางสื่อสารกับมิเตอร์แต่ละตัวดังรายละเอียดที่ได้อธิบายไว้แล้วในหัวข้อ 4.2 ในขณะที่การอ่านแบบประกบติดไม่ต้องทำขั้นตอนเหล่านี้แต่จะข้ามไปเริ่มทำกระบวนการระบุเป็นกระบวนแรก แล้วตามด้วยกระบวนการต่างๆ ที่สอดคล้องกับการทำงานตามรูปที่ 4.1

ในส่วนของการติดต่อกับมิเตอร์ระยะไกลนั้น เมื่อผ่านกระบวนการสร้างช่องทางสื่อสารกับมิเตอร์แต่ละตัวมาแล้ว ก็จะเริ่มทำกระบวนการระบุเช่นเดียวกับการสื่อสารแบบประกบติดแต่มีข้อแตกต่างกันอีกจุดหนึ่งคือ การสื่อสารในระยะไกลต้องทำกระบวนการขอค่าสุ่มจากมิเตอร์ก่อนเพื่อนำไปใช้ในการเข้ารหัสให้กับข้อมูลในกระบวนการความปลอดภัยดังรายละเอียดในรูปที่ 4.13 เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนต่างๆ ของการสื่อสารกับมิเตอร์แต่ละตัวแล้ว โปรแกรมก็จะวนไปอ่านค่าหมายเลขประจำตัวของมิเตอร์ตัวถัดไปจากหน่วยความจำ จากนั้นก็จะเริ่มขั้นตอนสื่อสารกับมิเตอร์ตัวใหม่และจะทำซ้ำอย่างนี้ไปเรื่อยๆ จนติดต่อครบหมดทุกตัวแล้ว หรือมีการกดปุ่มหยุดการทำงานซึ่งตรวจสอบได้จากตัวบ่งชี้การขัดจังหวะการทำงาน (Interrupt Flag) ของพอร์ต P2.1

5.3.2 <u>ส่วนส่งและรอรับกลุ่มข้อมูลของแต่ละกระบวนการ</u>

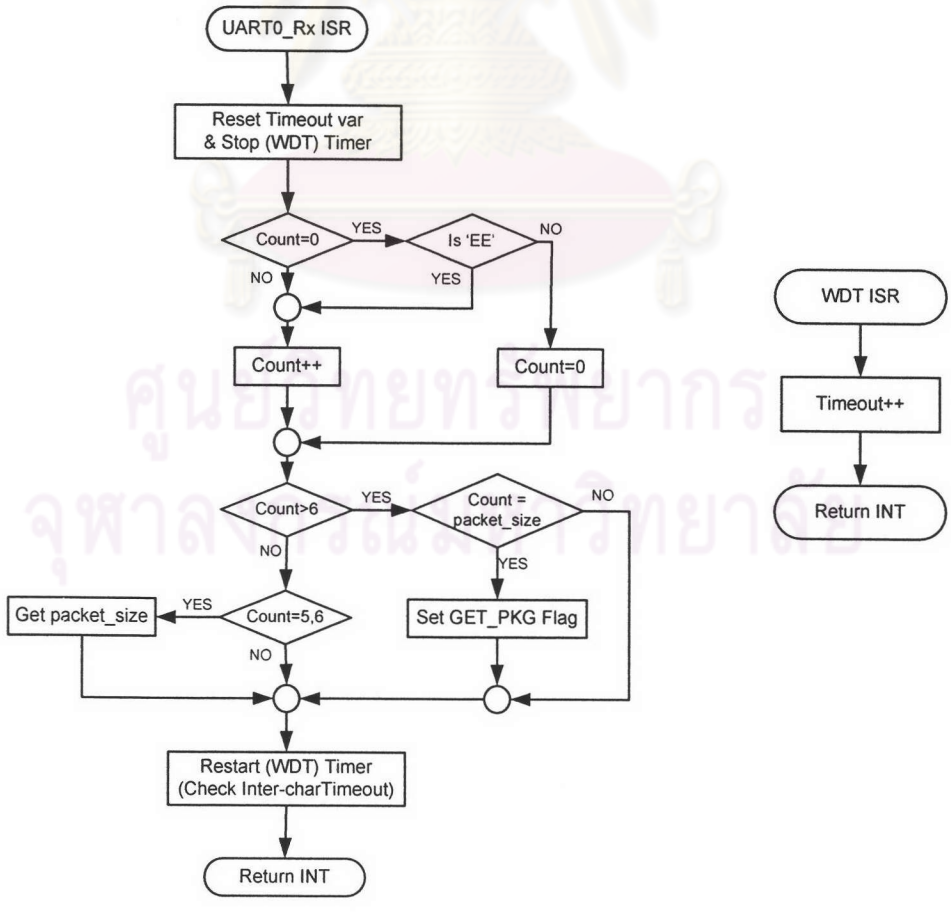



*รูปที่ 5.3 ผังงานแสดงการควบคุมการทำงานในแต่ละกระบวนการ*

เนื่องจากในแต่ละกระบวนการของโพรโตคอลประกอบไปด้วยขั้นตอนร้องขอและขั้นตอนตอบสนอง ดังนั้นจึงต้องมีทั้งการส่งกลุ่มข้อมูลออกไปในขั้นตอนร้องขอ และการตรวจสอบรอรับกลุ่มข้อมูลขาเข้าจากขั้นตอนตอบสนองของมิเตอร์ด้วย การทำงานของโปรแกรมย่อยควบคุมขั้นตอนย่อยในแต่ละกระบวนการสามารถอธิบายได้ด้วยผังงาน (Flowchart) ดังรูปที่ 5.3

การทำงานจะเริ่มต้นจากการล้างค่าตัวแปรที่ใช้ตรวจสอบสถานะของการทำงานก่อน แล้วจึงเริ่มส่งกลุ่มข้อมูลร้องขอที่มีข้อมูลของแต่ละกระบวนการไว้แล้วออกไป จากนั้นจึงสั่งให้ตัวนับเวลาเริ่มจับเวลาการรอการตอบรับจากมิเตอร์ หากเกินกว่าเวลาที่กำหนดก็จะส่งกลุ่มข้อมูลซ้ำ หรือหากมีการตอบรับแต่กลุ่มข้อมูลไม่ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ในแต่ละกระบวนการก็จะส่งสัญญาณไม่ยอมรับ (Not Acknowledge) กลับไป หากมีความผิดพลาดเกินกว่าที่กำหนดไว้ โปรแกรมย่อยจะคืนค่าความผิดพลาดกลับ แต่หากไม่พบความผิดพลาดในกลุ่มข้อมูลตอบสนองของแต่ละกระบวนการแล้วโปรแกรมย่อยก็จะค่าคืนค่าศูนย์กลับไป

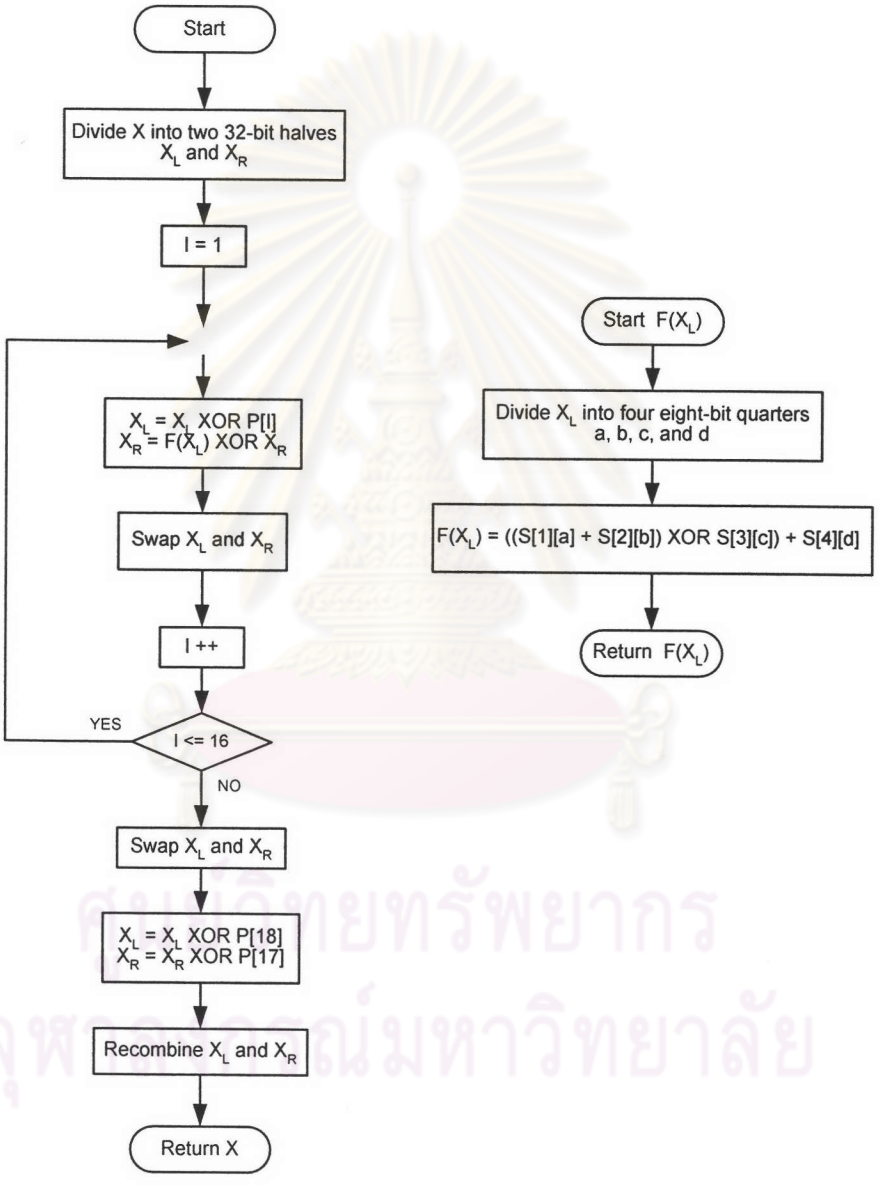
โปรแกรมย่อยที่ใช้รับข้อมูลแต่ละไบต์ของกลุ่มข้อมูลตอบสนองเข้ามาจะอยู่ในโปรแกรมบริการขัดจังหวะของพอร์อนุกรมภาครับ UART0 ซึ่งมีรายละเอียดดังรูปที่ 5.4 โดยโปรแกรมหลักในขั้นตอนรอรับกลุ่มข้อมูลจะคอยวนตรวจสอบค่าของตัวบ่งชี้ GET_PKG นี้อยู่ตลอด




*รูปที่ 5.4 โปรแกรมย่อยสำหรับรับกลุ่มข้อมูลตอบสนอง*

5.3.3 การเข้ารหัสให้กับข้อมูลด้วยขั้นตอนวิธี Blowfish

ถูกใช้เพื่อเข้ารหัสให้กับรหัสผ่านที่จะถูกส่งออกไปในกระบวนการความปลอดภัยสำหรับการสื่อสารกับมิเตอร์ในระยะไกล การประยุกต์ใช้การเข้ารหัสด้วยขั้นตอนวิธี Blowfish ตามกระบวนการในหัวข้อ 2.4.4 ให้กับข้อมูลแต่ละบล็อก 'X' ขนาด 64 บิตมีรายละเอียดดังผังงานในรูปที่ 5.5




*รูปที่ 5.5 ผังงานแสดงขั้นตอนเข้ารหัสข้อมูลด้วยขั้นตอนวิธี Blowfish*

เนื่องจากกล่องพี (P-box) ทั้ง 18 ชุดใช้พื้นที่ในการเก็บทั้งหมด 72 ไบต์ จึงสามารถเก็บค่าของกล่องพีเอาไว้ในหน่วยความจำชนิดแรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ แต่กล่องเอส (S-box) ซึ่งใช้พื้นที่เก็บข้อมูลมากถึง 4 กิโลไบต์ จึงไม่สามารถเก็บข้อมูลของกล่องเอสเอาไว้ในหน่วยความจำชนิดแรมของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ MSP430F148 ได้เพราะมีพื้นที่เพียง 2 กิโลไบต์ ดังนั้น

ข้อมูลของกล่องเอสจึงต้องถูกเก็บเอาไว้ในหน่วยความจำแบบแฟลชแทน จึงทำให้การทำงานในกระบวนการสร้างกลุ่มของกุญแจย่อยช้าลงเพราะความเร็วในการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำชนิดแฟลชนั้นช้ากว่าการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำชนิดแรมมาก

## 5.4 ส่วนควบคุมการเชื่อมต่อกับคอมแพคแฟลช

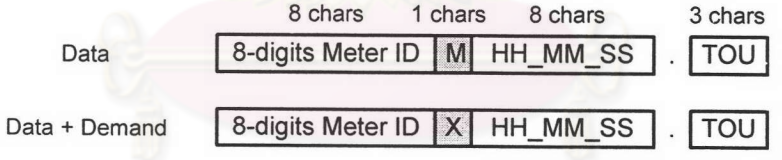
### 5.4.1 ขั้นตอนการบันทึกข้อมูลในรูปของแฟ้มฐานสอง

ทำหน้าที่ควบคุมขั้นตอนต่างๆ สำหรับบันทึกข้อมูลที่ได้มาจากกระบวนการอ่านมิเตอร์ทั้งในส่วนของข้อมูลทั่วไปและข้อมูลพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้บริโภคลงในคอมแพคแฟลชในรูปของแฟ้มฐานสอง (Binary file) ซึ่งมีอยู่ 2 แบบด้วยกันอันเนื่องจากการกดปุ่มอ่านที่มีอยู่ 2 ปุ่มดังรายละเอียดในหัวข้อ 3.5 ได้แก่

*1) แฟ้มที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไป* เนื่องจากการกดปุ่ม BT1 ข้อมูลในแฟ้มนี้จะเป็นข้อมูลที่ได้จากการอ่านตารางข้อมูลทั่วไป (ตารางหมายเลข 1) โดยตรงซึ่งมีรายละเอียดอยู่ในหัวข้อ4.3.1

*2) แฟ้มที่ใช้เก็บทั้งข้อมูลทั่วไปและข้อมูลพฤติกรรมการใช้ไฟของผู้ใช้* เนื่องจากการกดปุ่ม BT2 ข้อมูลในแฟ้มนี้ประกอบไปด้วยข้อมูลจากตารางข้อมูลทั่วไป และต่อด้วยข้อมูลจากตารางข้อมูลที่ใช้เก็บค่าพลังงานไฟฟ้าทุกๆ 15 นาทีใน 1 เดือน (ตารางหมายเลข 2)

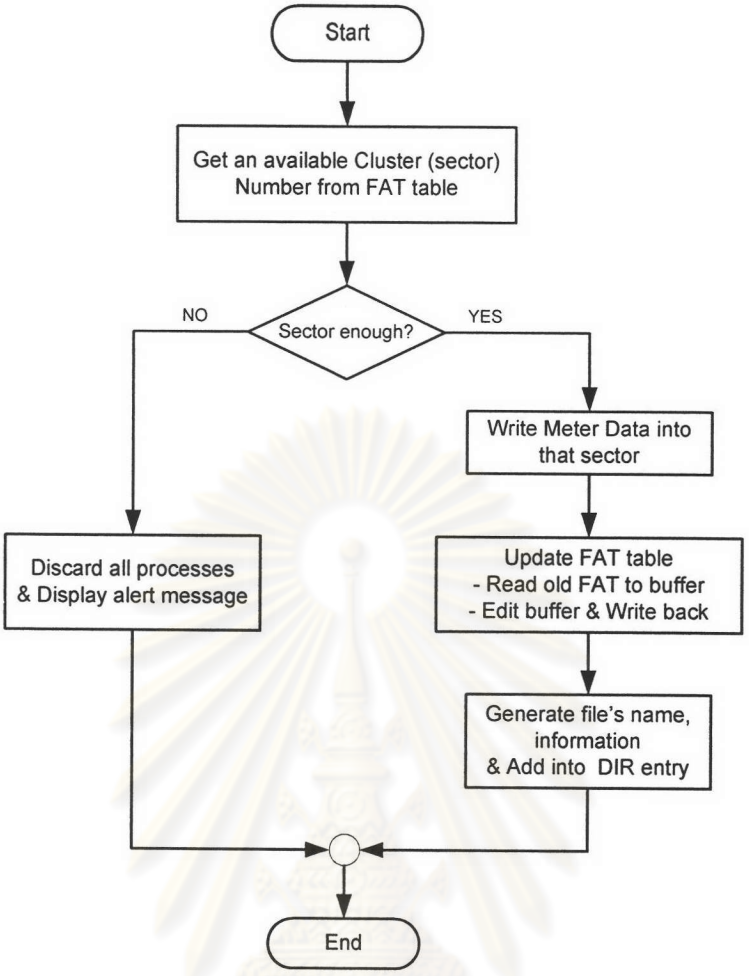
การตั้งชื่อให้กับแฟ้มข้อมูลทั้ง 2 ประเภทนี้มีรายละเอียดเป็นไปตามรูปที่ 5.6




*รูปที่ 5.6 การตั้งชื่อให้กับแฟ้มข้อมูลฐานสองโดยอุปกรณ์มือถือ*

ฟิลด์เวลาที่อยู่ในชื่อแฟ้มข้อมูลทั้ง 2 แบบนี้คือ ค่าจากฐานเวลาของตัวอุปกรณ์มือถือเองในขณะกำลังอ่านข้อมูลจากมิเตอร์ตัวนั้นและแฟ้มข้อมูลทั้งสองจะใช้นามสกุล TOU สิ่งที่ใช้บอกความแตกต่างระหว่างแฟ้มข้อมูล 2 แบบนี้คือ ตัวอักษรตำแหน่งที่ 9 ในชื่อแฟ้มนั้นๆ โดยแฟ้มข้อมูลแบบที่ 1 จะใช้ตัวอักขระ M และแบบที่ 2 จะใช้ตัวอักขระ X แทน

ตามรูปแบบของระบบแฟ้มข้อมูลแบบแฟตดังรายละเอียดในหัวข้อ 2.5.3 ขั้นตอนต่างๆ มีรายละเอียดดังรูปที่ 5.7



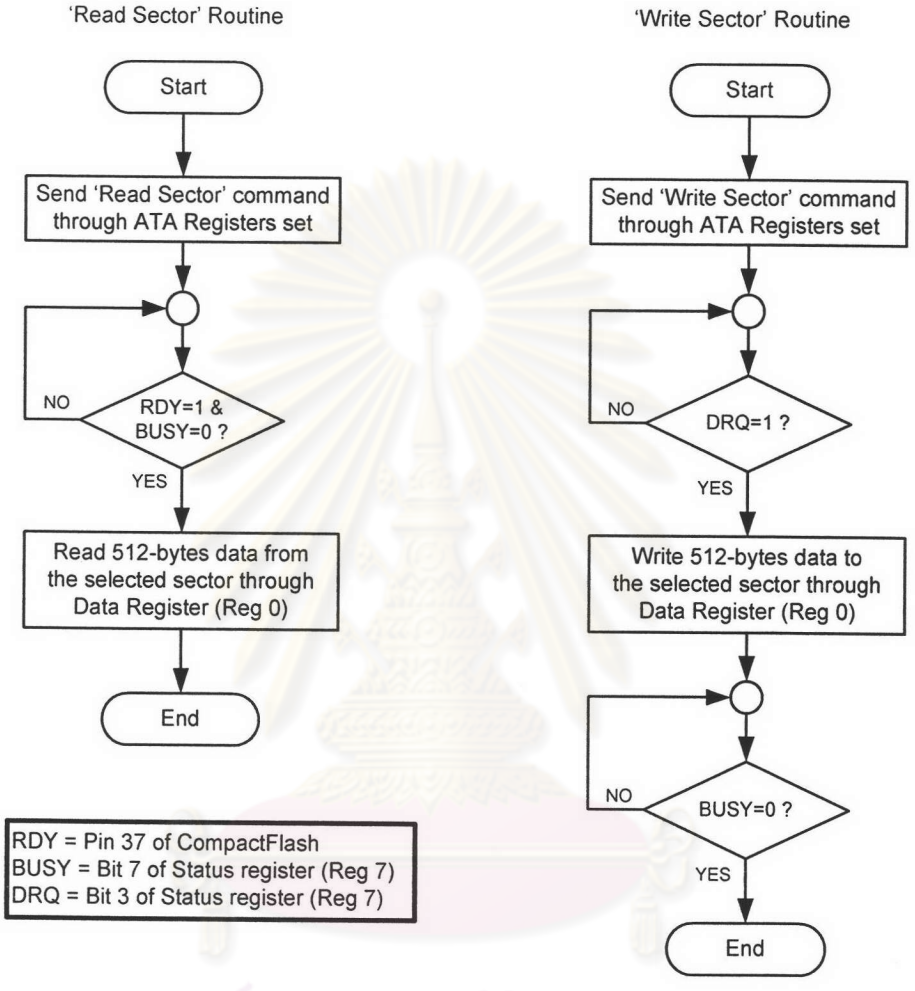

*รูปที่ 5.7 ขั้นตอนการบันทึกข้อมูลลงในคอมแพคแฟลชตามรูปแบบของระบบแฟ้มชนิดแฟต*

ขั้นตอนแรกจะเริ่มจากการตรวจหาตำแหน่งของเซกเตอร์ที่ยังว่างอยู่เพื่อนำมาใช้เก็บข้อมูลที่อ่านมาได้จากมิเตอร์ หากไม่มีที่ว่างเหลือก็จะยกเลิกกระบวนการจัดเก็บข้อมูลทั้งหมด หลังจากได้ตำแหน่งของเซกเตอร์ว่างมาแล้ว ขั้นตอนถัดมาคือการบันทึกข้อมูลลงในเซกเตอร์ตำแหน่งนั้น จากนั้นจึงทำการเปลี่ยนค่าในตารางแฟตใหม่โดยการอ่านข้อมูลในตารางแฟตออกมาแก้ไขใหม่แล้วจึงเขียนทับ ขั้นตอนสุดท้ายคือการเพิ่มชื่อแฟ้มข้อมูลใหม่ลงไปในโฟลเดอร์รากโดยใช้หลักการเดียวกันกับการเปลี่ยนค่าในตารางแฟต

ส่วนรายละเอียดของข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นต่อการบันทึกข้อมูลตามรูปแบบของแฟตนั้นอันได้แก่ จำนวนไบต์ต่อเซกเตอร์ จำนวนเซกเตอร์ต่อคลัสเตอร์ ตำแหน่งเซกเตอร์แรกที่ใช้เก็บตารางแฟตและโฟลเดอร์ราก ขนาดของตารางแฟตและโฟลเดอร์ราก และจำนวนเซกเตอร์ทั้งหมด เป็นต้น สามารถหาได้จากการอ่านข้อมูลในบูตเซกเตอร์หรือเซกเตอร์แรกของคอมแพคแฟลชซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.4

### 5.4.2 ขั้นตอนการอ่านและเขียนข้อมูลลงในแต่ละเซกเตอร์ของคอมแพคแฟลช

การควบคุมลำดับขั้นตอนการเข้าถึงแต่ละเซกเตอร์ในคอมแพคแฟลชไม่ว่าจะอยู่ในกระบวนการใดก็ตาม มีรายละเอียดที่เหมือนกันดังผังงานในรูปที่ 5.8




*รูปที่ 5.8 ขั้นตอนการอ่านและเขียนข้อมูลงในแต่ละเซกเตอร์ของคอมแพคแฟลช*

ตัวบ่งชี้ RDY สามารถตรวจสอบได้โดยการอ่านค่าที่ขา 37 ของคอมแพคแฟลชโดยตรงได้เลย ส่วนตัวบ่งชี้ BUSY และ DRQ เป็นบิตที่ 7 และบิตที่ 3 ในรีจิสเตอร์สถานะตำแหน่งที่ 7 ของกลุ่มรีจิสเตอร์เอทีเอ ดังนั้นการตรวจสอบค่าตัวบ่งชี้ทั้ง 2 ตัวนี้จึงต้องกระทำโดยการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์สถานะขึ้นมาก่อน ส่วนกระบวนการในการอ่านหรือเขียนข้อมูลจำนวน 512 ไบต์ลงในเซกเตอร์ผ่านทางรีจิสเตอร์ตำแหน่งที่ 0 นั้นจะกระทำโดยใช้การวนรอบอ่านหรือส่งข้อมูลพร้อมกับการส่งสัญญาณสโตรปของการอ่าน $(\overline{OE})$ หรือเขียน $(\overline{WE})$ ไปด้วยจนครบ 512 ครั้ง

## 5.5 ส่วนควบคุมการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ที่ใช้มีพอร์ตอนุกรม 2 พอร์ตคือ

- *พอร์ต UART0* ถูกใช้สำหรับพอร์ตอินฟราเรดสำหรับติดต่อกับมิเตอร์แบบประกบติด
- *พอร์ต UART1* ถูกใช้สำหรับเป็นช่องทางติดต่อกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเพื่อตั้งค่าฐานเวลาให้กับตัวอุปกรณ์มือถือ

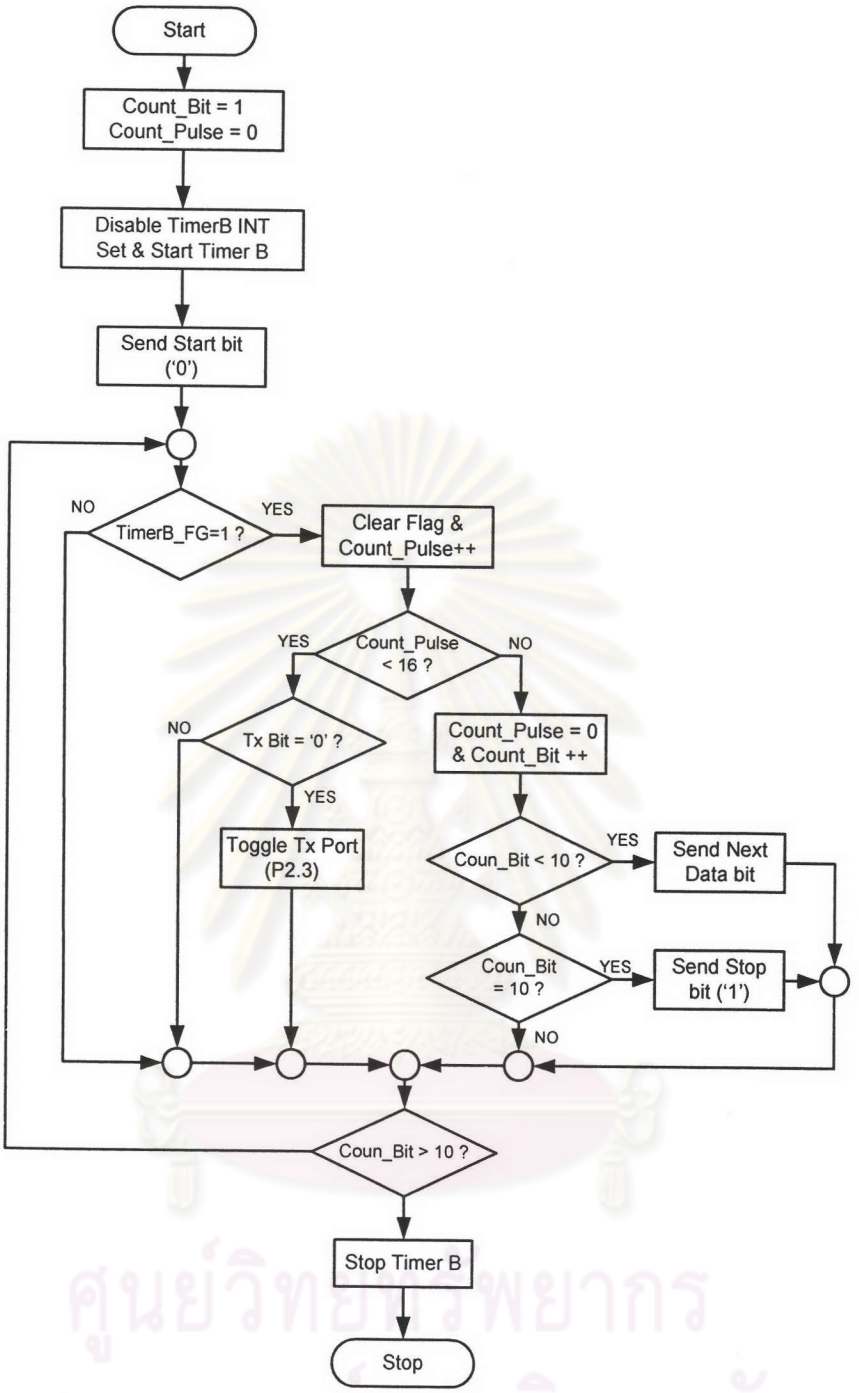
แต่ตัวอุปกรณ์มือถือยังต้องการพอร์ตอนุกรมอีกชุดหนึ่งสำหรับใช้เป็นช่องทางติดต่อกับมิเตอร์ในระยะไกลด้วยแสงอินฟราเรด ดังนั้นจึงต้องเขียนโปรแกรมย่อยเพื่อทำหน้าที่รับส่งข้อมูลอนุกรมขึ้นมาเองโดยใช้พอร์ต P2.3 เป็นขาส่ง (Tx) และพอร์ต P2.2 เป็นขารับ (Rx) นอกจากนี้โปรแกรมย่อยภาคส่งยังต้องทำหน้าที่มอดูเลตข้อมูลเข้ากับความถี่พาหะประมาณ 38 kHz ไปในตัวด้วยดังรูปที่ 3.4 ทำให้สัญญาณที่ออกมาจากพอร์ต P2.3 สามารถนำไปต่อตรงเข้าวงจรขับกระแสในรูปที่ 3.5 ได้เลยโดยไม่ต้องใช้วงจรภายนอกสำหรับทำหน้าที่มอดูเลตอีก

### 5.5.1 ส่วนควบคุมการส่งข้อมูลแบบ UART ที่ถูกมอดูเลต

โปรแกรมย่อยของภาคส่งใช้ตัวนับเวลา B (Timer B) ของไมโครคอนโทรลเลอร์เพียงตัวเดียวเพื่อใช้เป็นทั้งตัวกำหนดความถี่พาหะในการมอดูเลต และกำหนดช่วงระยะห่างของแต่ละบิตข้อมูล (หรืออัตราบอดซึ่งมีค่า 4800 บิตต่อวินาที) โดยใช้วิธีการดังนี้

- ใช้ความถี่พาหะค่า 38.4 kHz โดยกำหนดให้ตัวนับเวลา B มีช่วงเวลาแต่ละรอบของการนับเท่ากับ $\frac{1}{38400Hz * 2}$ วินาที (เนื่องจากความถี่ 1 Hz เทียบได้กับอัตราบอด 2 บิตต่อวินาที)
- เนื่องจากค่าความถี่พาหะดังกล่าวมีค่าเป็น 16 เท่าของอัตราบอด 4800 บิตต่อวินาทีพอดี จึงสามารถกำหนดอัตราบอดของข้อมูลได้โดยการรอให้ตัวนับเวลา B วนนับจนครบ 16 รอบต่อการส่งข้อมูล 1 บิต

รายละเอียดแสดงการทำงานของโปรแกรมย่อยสามารถอธิบายได้โดยผังงานในรูปที่ 5.9

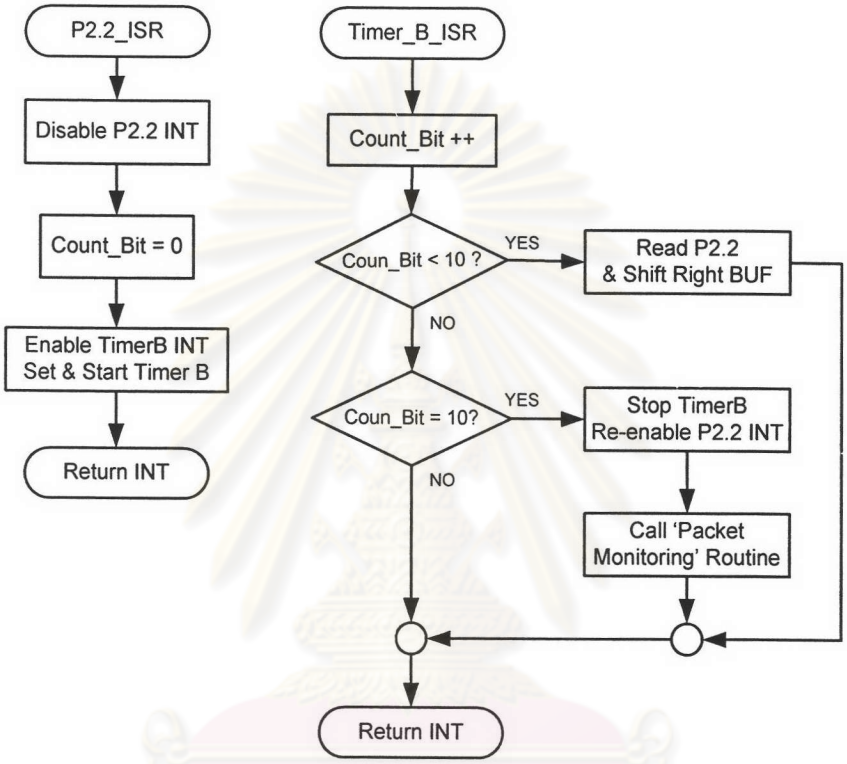



*รูปที่ 5.9 ผังงานของโปรแกรมย่อยสำหรับทำหน้าที่ส่งข้อมูลอนุกรมที่ถูกมอดูเลตแล้ว*

ข้อมูลที่จะถูกส่งออกมีทั้งหมด 10 บิตซึ่งประกอบด้วย บิตเริ่มต้น 1 บิต บิตข้อมูล 8 บิต และบิตหยุด 1 บิต โปรแกรมจะคอยวนตรวจสอบค่าของตัวบ่งชี้ของตัวนับ B อยู่ตลอดว่านับครบรอบหรือยัง หากบิตข้อมูลที่จะถูกส่งออกมีค่าเป็น 0 ค่าที่พอร์ต P2.3 ซึ่งเป็นขาส่งจะถูกสลับค่า (Toggle) ไปมาในทุกๆ รอบของตัวนับจนครบ 16 รอบซึ่งมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{4800bps}$ วินาทีพอดี หากบิตข้อมูลเป็น 1 ก็จะปล่อยให้พอร์ต P2.3 มีค่าเป็น 0 ค้างไว้ตลอด 16 รอบของตัวนับเช่นกัน หลังจากนั้นจึงเริ่มส่งข้อมูลบิตถัดไปจนครบทั้ง 10 บิต

5.5.2 ส่วนควบคุมการรับข้อมูลแบบ UART

เนื่องจากข้อมูลด้านรับที่เข้ามาทางพอร์ต P2.2 เป็นข้อมูลที่ถูกดีมอดูเลตออกมาเรียบร้อยแล้วโดยชิปมอดูลตัวรับเบอร์ TSOP1838SS3V ดังนั้นโปรแกรมย่อยของส่วนนี้จึงเป็นการสุ่มอ่านข้อมูลที่เข้ามาแต่ละบิตตรงๆ โดยใช้ตัวนับ B เป็นตัวกำหนดช่วงระยะห่างในการสุ่มแต่ละครั้งให้อยู่ตรงช่วงกลางของแต่ละบิตพอดี ผังงานแสดงการทำงานของส่วนนี้เป็นดังรูปที่ 5.10

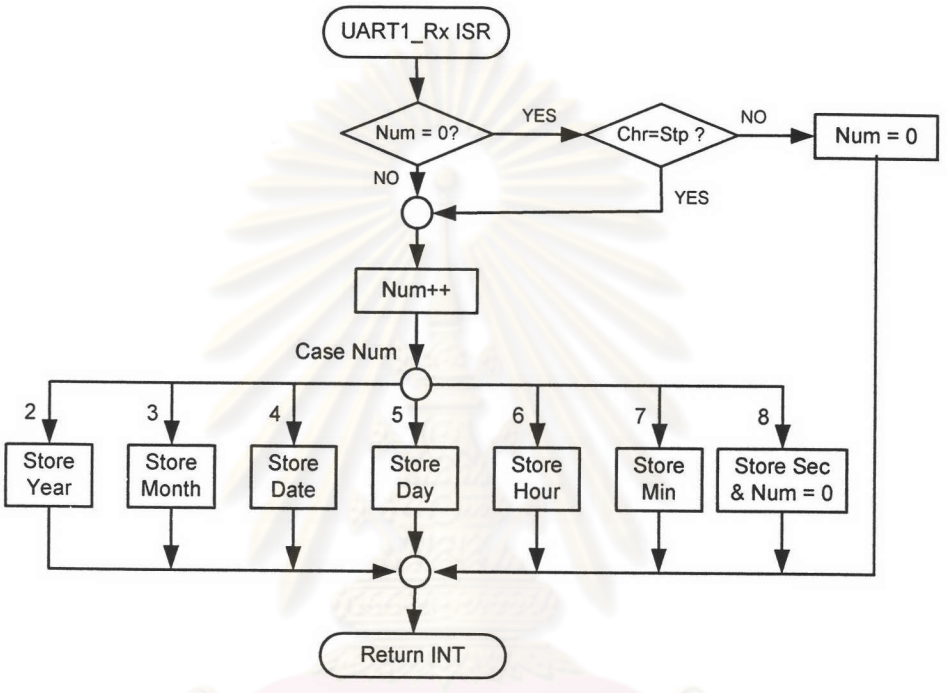



*รูปที่ 5.10 ผังงานแสดงการทำงานของส่วนรับข้อมูลแบบ UART*

บิตเริ่มต้นจะถูกตรวจสอบได้โดยการใช้พอร์ต P2.2 เป็นขารับสัญญาณขัดจังหวะแบบขอบขาลง (สัญญาณเปลี่ยนจาก 1 ไปเป็น 0) ในตอนเริ่มต้น หลังจากตรวจสอบบิตเริ่มต้นได้แล้ว โปรแกรมบริการการขัดจังหวะจะสั่งให้ตัวนับ B เริ่มจับเวลาเพื่อสุ่มอ่านค่าตรงช่วงกลางของแต่ละบิตข้อมูล และสั่งยกเลิกการใช้พอร์ต P2.2 เป็นขารับสัญญาณขัดจังหวะเพื่อใช้งานเป็นพอร์ตขาเข้าสำหรับรับข้อมูลอนุกรมเข้ามา จากนั้นก็เป็นหน้าที่ของโปรแกรมบริการการขัดจังหวะของตัวนับ B ซึ่งคอยทำการอ่านค่าข้อมูลที่เข้ามาทีละบิต เมื่ออ่านจนครบ 1 ไบต์แล้วจึงเรียกโปรแกรมย่อยที่ทำหน้าที่ตรวจรับกลุ่มข้อมูลขาเข้าจากการติดต่อกับมิเตอร์ในระยะไกลต่อไปซึ่งมีการทำงานเช่นเดียวกับโปรแกรมย่อยในรูปที่ 5.4

5.5.3 <u>ส่วนควบคุมการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล</u>

อุปกรณ์มือถือใช้พอร์ตอนุกรม UART1 เป็นช่องทางสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลสำหรับการตั้งฐานเวลาให้กับตัวอุปกรณ์มือถือเอง การทำงานของโปรแกรมย่อยเพื่อนำค่าฐานเวลาที่ถูกส่งมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์มาบันทึกลงในตัวแปรของฐานเวลาค่าต่างๆ บนอุปกรณ์มือถือจะอยู่ในโปรแกรมบริการการขัดจังหวะของ UART1 ทั้งหมดดังรูปที่ 5.11




*รูปที่ 5.11 ผังงานของโปรแกรมบริการการขัดจังหวะ UART1 สำหรับปรับฐานเวลา*

ข้อมูลจะถูกส่งมาทีละไบต์โดยไบต์แรกจะเป็นตัวบอกให้โปรแกรมรู้ว่าข้อมูลกำลังจะเข้ามา ส่วนตัวแปร Num จะถูกเพิ่มค่าทีละ 1 ทุกครั้งที่มีข้อมูลแต่ละไบต์เข้ามาเพื่อใช้เป็นตัวบอกว่าไบต์ที่เข้ามานั้นเป็นข้อมูลของฐานเวลาตัวใด

## 5.6 ซอฟต์แวร์ถ่ายโอนข้อมูลจากคอมแพคแฟลชลงบนเครื่องคอมพิวเตอร์

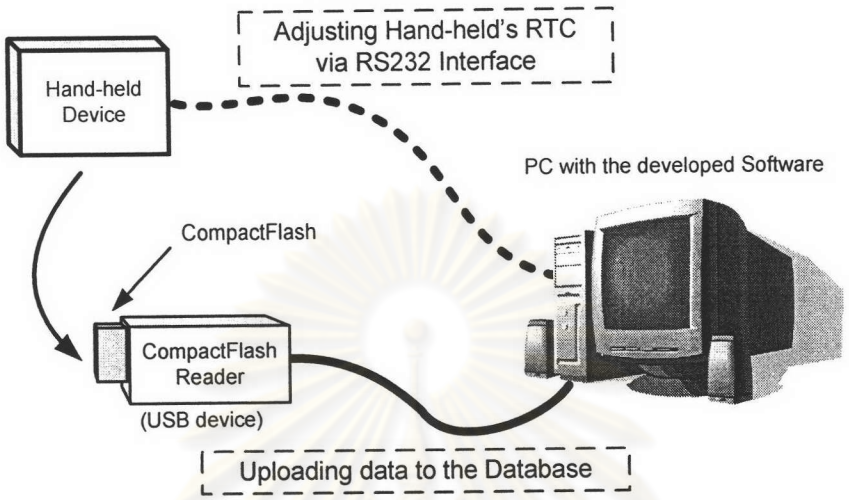
หลังจากที่ได้ใช้อุปกรณ์มือถือทำการเก็บข้อมูลจากมิเตอร์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการถ่ายโอนข้อมูลต่างๆ ที่ถูกเก็บอยู่ในคอมแพคแฟลชในรูปของแฟ้มข้อมูลลงสู่ฐานข้อมูลบนเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปใช้คิดคำนวณค่าไฟหรือประโยชน์ทางด้านอื่นด้วยซอฟต์แวร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษา Visual Basic หน้าที่ของซอฟต์แวร์นี้ได้แก่

1) ใช้เป็นตัวตั้งฐานเวลาให้กับอุปกรณ์มือถือผ่านทางพอร์ตอนุกรม

2) อ่านแฟ้มข้อมูลฐานสองที่ถูกเก็บอยู่ในคอมแพคแฟลช

3) แปลงข้อมูลที่อ่านได้จากแต่ละแฟ้มมาเก็บลงในฐานข้อมูลชนิด Microsoft Access และสร้างเป็นเป็นแฟ้มรายงาน (Repot file) สำหรับมิเตอร์แต่ละตัวเก็บไว้บนเครื่องคอมพิวเตอร์

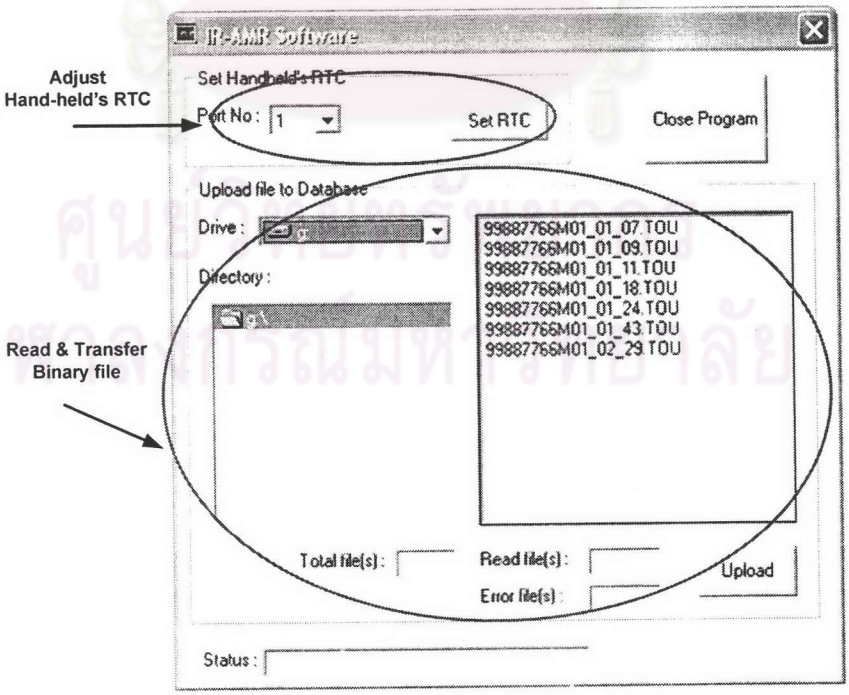
ในขั้นตอนของการถ่ายโอนข้อมูล คอมแพคแฟลชจะต้องถูกนำมาต่อเข้ากับเครื่องอ่านคอมแพคแฟลช (CompactFlash Reader) ที่ต่อเชื่อมอยู่กับเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งมีซอฟต์แวร์ถ่ายโอนถูกติดตั้งเอาไว้ดังรูปที่ 5.12




*รูปที่ 5.12 การติดต่อระหว่างซอฟต์แวร์ถ่ายโอนข้อมูลกับคอมแพคแฟลช*

5.6.1 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface)

ส่วนของซอฟต์แวร์ถูกแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ทำหน้าที่ปรับฐานเวลาให้กับอุปกรณ์มือถือและส่วนที่ทำหน้าที่อ่านแฟ้มข้อมูลจากคอมแพคแฟลชดังรูปที่ 5.13



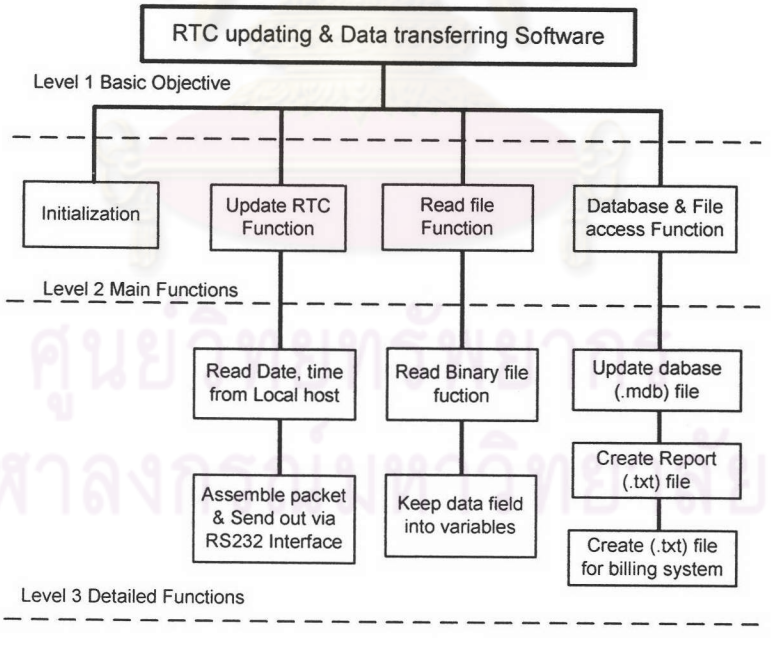

*รูปที่ 5.13 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ของซอฟต์แวร์ถ่ายโอนข้อมูล*

ส่วนที่ทำหน้าที่ปรับฐานเวลาจะเริ่มจากการต่อส่วนเชื่อต่อของอุปกรณ์มือถือเข้ากับพอร์ต RS232 ของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล จากนั้นจึงเลือกหมายเลขของพอร์ตอนุกรมให้ถูกต้องจากกล่องเลือกรายการ (List Box) ขั้นสุดท้ายคือการกดปุ่ม "Set RTC" เพื่อสั่งให้ซอฟต์แวร์ส่งค่าฐานเวลาออกไป

สำหรับส่วนทำหน้าที่โอนย้ายข้อมูลซึ่งเริ่มจากการนำคอมแพคแฟลชมาต่อเข้ากับเครื่องอ่านแล้ว ขั้นตอนแรกของส่วนนี้คือ การเลือกไดรว์ของคอมแพคแฟลชที่ระบบปฏิบัติการของคอมพิวเตอร์เครื่องนั้นมองเห็น และโฟลเดอร์หรือไดเรกทอรี่ที่ใช้เก็บข้อมูลโดยใช้กล่องเลือกรายการ "Drive" และ "Directory" ตามลำดับ จากนั้นรายชื่อแฟ้มข้อมูลฐานสอง (Binary file) ที่ได้จากการอ่านมิเตอร์แต่ละตัวและถูกเก็บอยู่ในคอมแพคแฟลชจะถูกแสดงออกมาที่หน้าต่างด้านขวามือในรูปที่ 5.13 ขั้นตอนสุดท้ายคือการกดปุ่ม "Upload" เพื่อสั่งอ่านแฟ้มข้อมูลเหล่านี้สำหรับเก็บลงในฐานข้อมูลและสร้างเป็นแฟ้มรายงานแบบตัวอักษร (Report text file) ของมิเตอร์แต่ละตัวออกมา

5.6.2 <u>ส่วนการทำงานต่างๆ ของซอฟต์แวร์</u>

ฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ที่อยู่ในซอฟตแวร์ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังรูปที่ 5.14




*รูปที่ 5.14 รายละเอียดของส่วนการทำงานต่างๆ ในซอฟต์แวร์ถ่ายโอนข้อมูล*

ขั้นตอนการตั้งค่าฐานเวลาให้กับอุปกรณ์มือถือเริ่มจากการอ่านค่าฐานเวลาอันได้แก่ วันที่และเวลาจากเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้ฟังก์ชันของภาษา Visual Basic มาเก็บไว้ในตัวแปร จากนั้นจึงนำตัวแปรเหล่านี้มาจัดเรียงกันจนเป็นกลุ่มข้อมูลที่มีการเรียงลำดับเป็นดังในรูปที่ 5.11

แล้วส่งข้อมูลเหล่านี้ออกไปทางพอร์ตอนุกรมด้วยการเรียกใช้ส่วนโปรแกรม MScomm ของภาษา Visual Basic

ในส่วนของการอ่านข้อมูลจากแฟ้มที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปนั้น(ดังรายละเอียดในหัวข้อ 4.3.1) ข้อมูลแต่ละฟิลด์ที่อ่านมาได้จะถูกนำมาเก็บไว้ในตัวแปรชนิดโครงสร้างที่ถูกกำหนดขึ้นมาเองชื่อ TOU_Format ดังในรูปที่ 5.15 ซึ่งมีลำดับของข้อมูลสอดคล้องกับข้อมูลในตารางหมายเลข 1

```
Private Type TOU_Format    '38 bytes
   PRE_Year As Byte
   PRE_Month As Byte
   PRE_Date As Byte
   PRE_Day As Byte
   PRE_Hr As Byte
   PRE_Min As Byte
   PRE_Sec As Byte
   PRE_Ed As String * 4
   PRE_En As String * 4
   NOW_Year As Byte
   NOW_Month As Byte
   NOW_Date As Byte
   NOW_Day As Byte
   NOW_Hr As Byte
   NOW_Min As Byte
   NOW_Sec As Byte
   NOW_Ed As String * 4
   NOW_En As String * 4
   MEA As String * 8
End Type
```

*รูปที่ 5.15 รายละเอียดของตัวแปรชนิดโครงสร้างชื่อ TOU_Format*

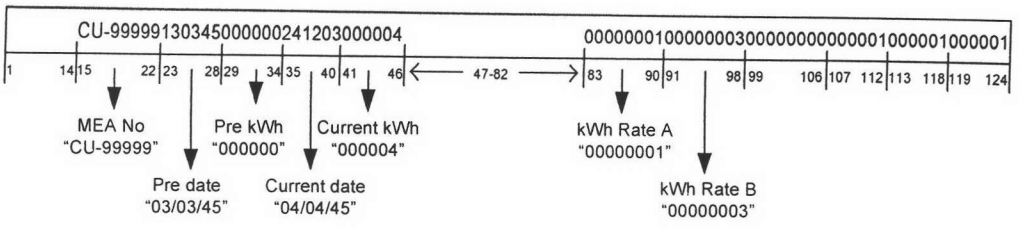
ข้อมูลในตัวแปรโครงสร้างนี้จะถูกนำไปใช้เพื่อสร้างหรือแก้ไขแฟ้มข้อมูลต่างๆ ต่อไปนี้

*1) แฟ้มฐานข้อมูล* การบันทึกข้อมูลลงในแฟ้มฐานข้อมูลชนิด Microsoft Access มีการจัดเรียงฟิลด์ข้อมูลต่างๆ เป็นไปตามรูปที่ 5.16

| | Index | Meter_ID | P_date | P_time | P_Eday | P_Enight | C_date | C_time | C_Eday | C_Enight |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 89 | 11112222 | 13/10/2546 | 23:59:06 | 4294967.126 | 0 | 13/10/2546 | 23:59:27 | 4294967.11 | 0 |
| | 90 | 12341234 | 13/10/2546 | 23:59:06 | 4294967.126 | 0 | 13/10/2546 | 23:59:27 | 4294967.11 | 0 |
| | 91 | 12341234 | 13/10/2546 | 23:59:27 | 4294967.106 | 0 | 13/10/2546 | 23:59:52 | 4294967.07 | 0 |

*รูปที่ 5.16 การเรียงลำดับของฟิลด์ต่างๆ ในฐานข้อมูล*

*2) แฟ้มสำหรับระบบคำนวณค่าไฟ* ข้อมูลจากตัวแปรชนิดโครงสร้างจะถูกนำมาแปลงให้เป็นตัวอักษรและจัดเรียงให้อยู่ในบรรทัดเดียวกันก่อน จากนั้นจึงนำไปเพิ่ม (Append) ต่อท้ายลงในแฟ้มข้อมูลชนิดตัวอักษร (Text file) ที่ถูกนำไปป้อนให้กับระบบคิดค่าไฟในปัจจุบัน แต่ละบรรทัดของแฟ้มข้อมูลนี้ก็คือข้อมูลต่างๆ ที่อ่านมจากแฟ้มฐานสองแต่ละแฟ้มนั่นเอง รายละเอียดของข้อมูลในแต่ละบรรทัดที่อยู่ในแฟ้มนี้เป็นดังรูปที่ 5.17




*รูปที่ 5.17 รายละเอียดในแต่ละบรรทัดของแฟ้มที่ใช้กับระบบคิดค่าไฟ*

*3) แฟ้มรายงาน* เป็นแฟ้มชนิดตัวอักษรที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปของมิเตอร์แต่ละตัวโดยแยกกันเป็นแต่ละแฟ้ม ดังนั้นการอ่านแฟ้มข้อมูลฐานสองแต่ละครั้งก็จะมีการสร้างแฟ้มรายงานขึ้นมา 1 แฟ้มเสมอ นอกจากนี้ข้อมูลพฤติกรรมการใช้ไฟของผู้ใช้ที่ถูกเก็บอยู่ในแฟ้มฐานสองเช่นกันก็จะถูกอ่านและนำมาสร้างเป็นแฟ้มรายงานชนิดตัวอักษรด้วยเช่นกัน

## 5.7 สรุปท้ายบท

ในบทนี้กล่าวถึงรายละเอียดทางด้านซอฟต์แวร์ต่างๆ ทั้งในส่วนของซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงานบนตัวอุปกรณ์มือถือที่อยู่ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ และซอฟต์แวร์ถ่ายโอนข้อมูลจากคอมแพคแฟลชลงในฐานข้อมูลบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงานประกอบด้วย ส่วนจัดการทางเวลา ส่วนควบคุมการทำงานของโพรโตคอลและการเข้ารหัสให้กับข้อมูล ส่วนการติดต่ออ่านเขียนกับคอมแพคแฟลชและบันทึกข้อมูลด้วยระบบแฟ้มข้อมูลชนิดแฟต ส่วนควบคุมการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมสำหรับเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ และรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอินฟราเรด ในส่วนของซอฟต์แวร์ถ่ายโอนข้อมูลประกอบไปด้วย ส่วนทำหน้าที่ส่งข้อมูลอนุกรมสำหรับตั้งค่าฐานเวลาบนอุปกรณ์มือถือ ส่วนการอ่านแฟ้มข้อมูลฐานสองจากคอมแพคแฟลช และส่วนบันทึกข้อมูลที่อ่านมาได้ลงบนฐานข้อมูลและการสร้างแฟ้มรายงานต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย