

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

บทความ

เฉลิมพล ธรรมพาลิศ และ สุภชัย วรพจน์พิศุทธิ์. (2549, 27-29 กรกฎาคม). **เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อตรวจสอบพฤติกรรมการใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง**. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. หน้า 1-4.

วิทยานิพนธ์

ยุทธพงษ์ พันธไชย. (2550). **แบบจำลองการใช้พลังงานสำหรับการรับส่งในเครือข่ายตรวจจับสัญญาณไร้สาย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สารสนเทศจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์

กองพัฒนาพลังงานทดแทน ฝ่ายพัฒนาและแผนงานโรงไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.
พลังงานลม. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2553 จาก
http://www2.egat.co.th/re/egat_wind/pdf_wind/wind_energy.pdf

ภาษาต่างประเทศ

ELECTRONIC SOURCES

- American Wind Energy Association. (2003). **Wind Energy Teacher's Guide**. Retrieved November 2010, From <http://www.seic.okstate.edu/owpi/EducOutreach/Documents/AWEATeachersGuide.pdf>
- Chris R. Baker et al. (2007). **Wireless Sensor Networks for Home Health Care**. Retrieved May 2010, from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.94.4610>
- Chris Townsend, Steven Arms. (2004). **Wireless Sensor Networks: Principles and Applications**. Retrieved May 2010, From <http://microstrain.com/white/Wilson-chapter-22.pdf>
- DOE. (2006). **Wind Energy Multiyear Program Plan for 2007-2012**. Retrieved March 2010, From <http://www1.eere.energy.gov/windandhydro/pdfs/40593.pdf>
- F.L. Lewis. (2004). **Wireless Sensor Networks**. Retrieved December 2009, From <http://arri.uta.edu/acs/networks/WirelessSensorNetChap04.pdf>
- IEEE. (2011). **IEEE 1188-2005 - Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of Valve-Regulated Lead- Acid (VRLA) Batteries for Stationary Applications**. Retrieved May 2011, From <http://www.ieeeexplore.ieee.org>.
- IEEE. (2011). **IEEE 1189-1996 - Guide for Selection of Valve-Regulated Lead-Acid (VRLA) Batteries for Stationary Applications**. Retrieved May 2011, From <http://www.ieeeexplore.ieee.org>.
- Inspeed. **Inspeed Vortex Wind Sensor**. Retrieved July 2009, From http://www.inspeed.com/anemometers/Vortex_Wind_Sensor.asp
- Jason Lester Hill. (2003). **System Architecture for Wireless Sensor Networks**. Retrieved June 2010, From http://www.jhlhlab.com/jhill_cs/jhill_thesis.pdf
- R. Andrew Swartz, Jerome P. Lynch et al. (2008). **Structural Monitoring of Wind Turbines using Wireless Sensor Networks**. Retrieved December 2009, From http://rms-group.org/RMS_Papers/TAMUG_Papers/Other/SmartStructures_10.pdf

- Randy Frank. (2000). **Understanding Smart Sensors**. Retrieved February 2010,
From <http://www.nomads.usp.br/pesquisas/design/dos/Capacitacao/arquivos/Understanding%20Smart%20Sensors,%202nd%20Ed.pdf>
- R Rolfes, J P Lynch, et al. (2007). **Integral SHM-System for Offshore Wind Turbines Using Smart Wireless Sensors**. Retrieved December 2009,
From <http://www-personal.umich.edu/~jerlynch/papers/WirelessWind6IWSHM.pdf>

ภาคผนวก

ET-PIC USB/4550

ET-PIC USB/4550 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล PIC ของบริษัท Microchip โดยได้นำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC18F4550 มาพัฒนาเป็นบอร์ดใช้งาน ซึ่งคุณสมบัติเด่นของ PIC18F4550 ก็คือ โมดูลการสื่อสารแบบ USB (Universal Serial Bus) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีของการสื่อสารที่แพร่หลายในปัจจุบัน ทั้งในเรื่องของความเร็วในการสื่อสารข้อมูล และความสะดวกในการเชื่อมต่อใช้งาน ซึ่งปฏิเสธไม่ได้เลยว่า เครื่องคอมพิวเตอร์ ณ ปัจจุบัน แทบจะไม่มีพอร์ตสื่อสารแบบ RS-232 หรือ LPT Port ให้ใช้กันแล้ว อุปกรณ์เชื่อมต่อต่างๆ ส่วนใหญ่ก็ถูกออกแบบให้มีการเชื่อมต่อแบบ USB ดังนั้น ET-PIC USB/4550 จึงเหมาะสมอย่างยิ่ง ที่จะให้นักพัฒนาในวงการไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้นำไปใช้งาน หรือเรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการเชื่อมต่อสื่อสารแบบ USB

คุณสมบัติ PIC18F4550

Operating Frequency DC – 48 MHz

Program Memory (Bytes) 32768

Data Memory (Bytes) 2048

Data EEPROM Memory (Bytes) 256

Interrupt Sources 20

I/O Ports Ports A, B, C, D, E

Timers 4

Capture/Compare/PWM Modules 1

Enhanced Capture/Compare/PWM Modules 1

Universal Serial Bus (USB) Module 1

Serial Communications MSSP, Enhanced USART

Streaming Parallel Port (SPP) Yes

10-bit Analog-to-Digital Module 13 Input Channels

Resets (and Delays) POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow

(PWRT, OST), MCLR (optional), WDT

Programmable High/Low-Voltage Detect Yes

Programmable Brown-out Reset Yes

Instruction Set 75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled



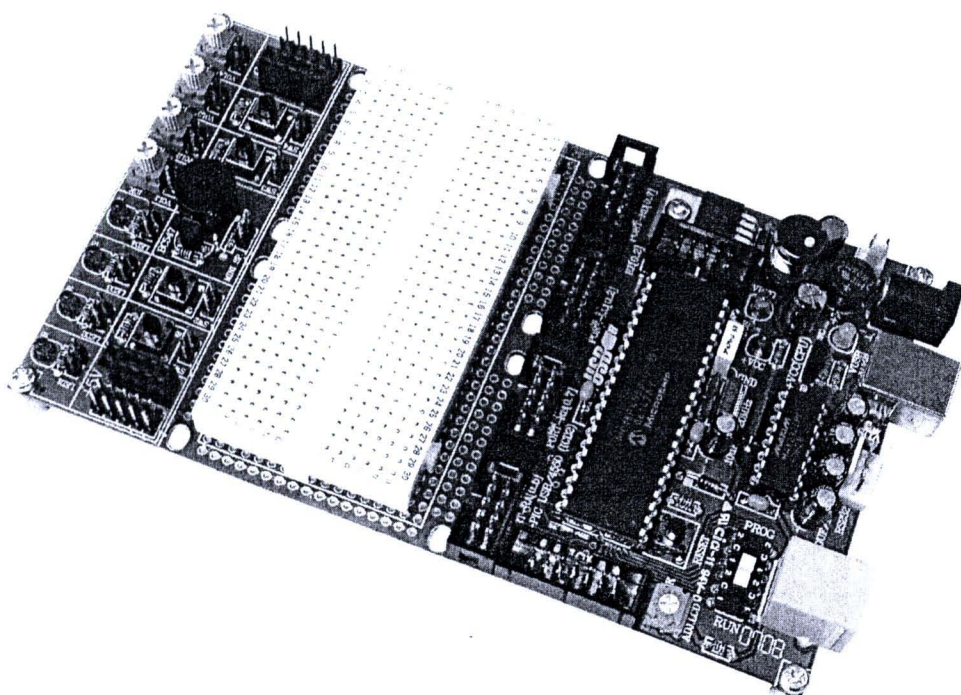
Packages 40-pin PDIP

44-pin QFN

44-pin TQFP

คุณสมบัติโดยทั่วไปของบอร์ด

- ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4550 ขนาด 40 PIN
- สัญญาณนาฬิกาคริสตัลลออสซิลเลเตอร์ขนาด 20 MHz (สามารถใช้ PLL รันได้ถึง 48 MHz)
- I/O Port ขนาด 10 PIN (จัดเรียงตามมาตรฐานของ อีทีที) จำนวน 5 พอร์ต
- ชุดวงจรไคร์เบอร์ RS232 จำนวน 1 พอร์ต
- พอร์ตสำหรับต่อ LCD เรียงตามมาตรฐานของ อีทีที (ET-CLCD) จำนวน 1 พอร์ต
- ขั้วต่อสัญญาณควอนไทล์โปรแกรมแบบ ICD2 และ สวิตช์ตัดต่อสัญญาณ Run / Program
- วงจร LED สำหรับใช้ทดลองเอาต์พุตจำนวน 4 ช่อง
- วงจรสวิตช์ BUTTON สำหรับใช้ทดลองอินพุตจำนวน 4 ช่อง
- วงจรสร้างแรงดัน 0-5V จากตัวต้านทานปรับค่าได้ สำหรับทดลองโมดูล A/D จำนวน 4 ช่อง
- วงจรลำโพงขนาดเล็ก (Mini Speaker)
- ชุดเรกูเลเตอร์แบบสวิตชิ่ง สำหรับแปลงสัญญาณไฟ DC Input ให้เป็น 5 V
- ขั้วต่อแรงดันไฟ VCC และ GND



ชุดเชื่อมต่อหน่วยความจำ SD/MMC CARD
(ET-MINI SD/MMC)

ET-MINI SD/MMC คือ ชุดอุปกรณ์สำหรับใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์หน่วยความจำ SD และ MMC CARD เช่น การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับหน่วยความจำ Memory Card(SD/MMC) เป็นต้น ภายในชุดประกอบด้วย ช่อง (Socket) สำหรับใส่ CARD ประเภท SD และ MMC โดยจะมีการจัดขาสัญญาณออกมาที่ Connector Pin เพื่อให้สามารถนำไปต่อใช้งานได้สะดวก นอกจากนั้นยังมีวงจรต่างๆ เช่น วงจรตรวจสอบ สถานะการเสียบการ์ด (CARD DETECT) และวงจรพูลอัพ (Pull-Up) สัญญาณต่างๆ อีกด้วย

คุณสมบัติบอร์ด ET-MINI SD/MMC

- รองรับการ์ดประเภท SD และ MMC
- สามารถเลือก ใช้ (Enable) หรือ ไม่ใช้ (Disable) วงจรพูลอัพ (Pull-Up) สัญญาณต่างๆ ได้
- สามารถแสดงสถานะการเสียบการ์ด (CARD DETECT) แสดงผลโดย LED และ ให้สัญญาณเอาพุตออกที่

ขาสัญญาณ CD โดยมีคุณสมบัติดังนี้

CD = 1 คือ ไม่มี Card

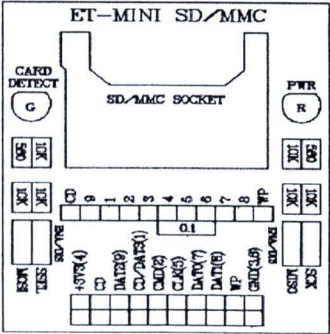
CD = 0 คือ มีการ์ด

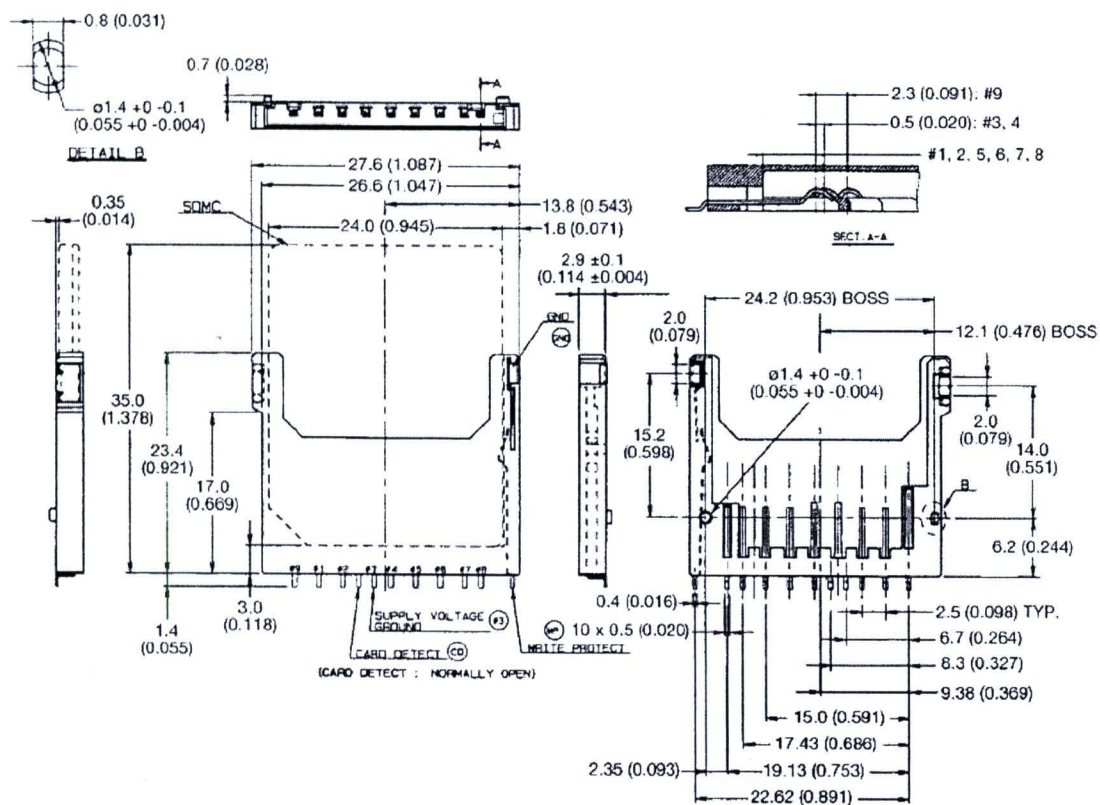
- สามารถแสดงสถานะของสวิตช์ Write Protection บน SD/MMC CARD ได้ โดยจะมีสัญญาณเอาต์พุตออกที่

ขาสัญญาณ WP ดังนี้

WP = 1 คือ ตำแหน่งของสวิตช์ Write Protection อยู่ที่ตำแหน่ง OFF

WR = 0 คือ ตำแหน่งของสวิตช์ Write Protection อยู่ที่ตำแหน่ง ON





กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน โครงการจัดทำ แผนที่ศักยภาพพลังงานลมขอ ประเทศไทย

ลมเป็นทรัพยากรธรรมชาติชนิดหนึ่งที่สามารถแปรรูปเป็นพลังงานที่ใช้ทดแทนพลังงานอื่นได้สำหรับประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตลมมรสุมที่มีลมตะวันออกเฉียงเหนือ และ ลมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่านในเดือน พฤศจิกายน – กุมภาพันธ์ และ เดือน พฤษภาคม – สิงหาคม จึงถือว่ามีลมแรงเกือบทั้งปี เมื่อปี พ.ศ. 2524 ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงานลมในประเทศไทยได้ประเมินการใช้งานกังหันลมแบบใบพัดที่ทำด้วยไม้ที่ใช้ในนาข้าวมีจำนวนประมาณ 2,000 ชุด และ กังหันลมแบบเสือล่าแพนหรือแบบผ้าใบซึ่งใช้ในนาเกลือหรือนากุ้งมี จำนวนประมาณ 3,000 ชุด ต่อมาได้พบว่าจำนวนกังหันลมหดงออย่างรวดเร็วเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงจากการพัฒนาพื้นที่เกษตรกรรมเป็นอุตสาหกรรม ในปี พ.ศ 2531มีการสำรวจจำนวนกังหันลมเฉพาะในบริเวณ 20 ตารางกิโลเมตรของจังหวัดสมุทรสาครและสมุทรสงครามพบว่ามีกังหันลมเหลืออยู่จำนวน 667 ชุด กังหันลมหดงอได้ว่าเป็นชนิดดั้งเดิมจากภูมิปัญญาชาวบ้าน แต่สามารถใช้ทดแทนพลังงานไฟฟ้าเพื่อการสูบน้ำได้เป็นอย่างดี ดังนั้น แผนที่ศักยภาพพลังงานลมจึงมีประโยชน์สำหรับหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องหรือ ประชาชนทั่วไปเพื่อใช้เป็นเครื่องมือพื้นฐานในการประเมินศักยภาพพลังงานลมเพื่อการติดตั้งกังหันลมเพื่อสูบน้ำหรือเพื่อผลิตไฟฟ้าจ่ายเข้าสู่ระบบ โดยเฉพาะการติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าในปัจจุบันพบว่าในนาประเทศมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างมากการจัดทำ แผนที่แหล่งศักยภาพพลังงานลมสำหรับประเทศไทยได้เคยทำ การศึกษาและจัดทำอย่างเป็นทางการมาแล้วจำนวน 3 ครั้งดังนี้

- (1) ปี พ.ศ 2518 จัดทำ โดย กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (สำนักงานพลังงานแห่งชาติ) ในการจัดทำ ใช้ความเร็วลมเฉลี่ยจากกรมอุตุนิยมวิทยาเพื่อแสดงศักยภาพพลังงานลมที่มีกำลังสูงและกำลังปานกลางทั่วประเทศไทย
- (2) ปี พ.ศ 2524 จัดทำ โดยความร่วมมือจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี) โดยใช้ข้อมูลลมจากกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 53 สถานี ที่มีช่วงเวลาเก็บข้อมูล 13 ปี (ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2509 – 2521) ในการจัดทำ ใช้ข้อมูลความเร็วเฉลี่ยและปรับระดับความสูงให้เป็นความสูงมาตรฐานที่ 10 เมตรโดยใช้กฎของกำลัง (Power Law)
- (3) ปี พ.ศ. 2527 จัดทำ โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี) โดยได้รับทุนสนับสนุนจาก USAID ตรวจสอบและกำกับโดยกรมอุตุนิยมวิทยา

ในการจัดทำ ใช้ข้อมูลความเร็วลมจากกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 62 สถานี ที่มีระยะเวลาเก็บข้อมูล 17 ปี (พ.ศ. 2509 – 2525) แผนที่ศักยภาพพลังงานลมแสดงความเร็วและกำลังลมซึ่งปรับระดับโดยใช้ Logarithmic Law ที่ความสูง 10 เมตร รวมช่วงลมสงบ กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน โครงการจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย และไม่รวมช่วงลมสงบ และ ตารางแสดง K-Shape และ C- Scale Weibull Parameter ของสถานีตรวจวัดต่างๆในการจัดทำ แผนที่ศักยภาพพลังงานลมในอดีตมีข้อจำกัดด้านปริมาณข้อมูลโดยเฉพาะข้อมูลในทะเล จึงทำให้ได้แผนที่ศักยภาพพลังงานลมที่ไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่ ที่ไม่มีข้อมูลโดยเฉพาะพื้นที่ตามชายฝั่ง และในทะเล รวมทั้งแต่เดิมใช้เฉพาะข้อมูลลมผิวพื้นเท่านั้นแต่ในปัจจุบันมีเทคนิคที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ข้อมูลลมชั้นบน ร่วมในการวิเคราะห์ด้วย

ในการจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานลมครั้งนี้มีขอบเขตของงานโดยสังเขปดังต่อไปนี้ การดำเนินการจัดหาข้อมูลลมจากสถานีตรวจอากาศผิวพื้นบนบก ได้แก่ข้อมูล ของกรมอุตุนิยมวิทยา กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กองทัพอากาศ และ ข้อมูลลมจากสถานีตรวจวัดในทะเลและชายฝั่ง ได้แก่ ทุ่นลอย และ ดาวเทียม สถานีประกาศเรือเดินทะเลและข้อมูลลมจากสถานีตรวจอากาศชั้นบน ที่ครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศทั้งบนบกและทะเลที่อยู่ในราชอาณาจักร โดยมีขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 ส่วน ในส่วนแรกเป็นการเตรียมข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการจัดทำ แผนที่ศักยภาพพลังงานลมโดยวิเคราะห์ ข้อมูลลมผิวพื้น ข้อมูลลมในทะเล และข้อมูลลมชั้นบนในรูปข้อมูลความถี่ทิศทางและความเร็วลม (Wind Rose) และในรูปของกราฟและสถิติเพื่อนำ ไปใช้ในส่วนที่สอง ซึ่งได้แก่การวิเคราะห์และจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานลม โดยใช้โปรแกรมWindMapTM ซึ่งอ้างอิงแบบจำลองคณิตศาสตร์ Numerical Objective Analysis of Boundary Layer(NOABL) ในการวิเคราะห์จะใช้ข้อมูลความถี่ทิศทางและความเร็วลม (Wind Rose) ข้อมูลแบบจำลองดิจิทัลของความสูงของภูมิประเทศ (Digital Elevation Model Data - DEM) ความขรุขระของผิวพื้น ที่ความละเอียด 1 x 1 กิโลเมตร ตัวแปรความทรงตัวของสภาพอากาศรวมทั้งข้อมูลลมชั้นบนร่วมในการวิเคราะห์ด้วย ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ คือความเร็วและกำลังลมที่ความสูงระดับ 10 30 และ 50 เมตร ตามลำดับ ผลที่ได้จากโปรแกรม WindMapTM จะถูกปรับแต่ง (Reclass) โดยโปรแกรม IDRISITM ให้สามารถแสดงแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย

วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้างนี้คือ

(1) เพื่อประเมินแหล่งพลังงานลมของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลลมจากสถานีตรวจอากาศผิวพื้น สถานีตรวจอากาศชั้นบน เรือเดินทะเล ทุ่นลอย สถานีประกาศ และข้อมูลดาวเทียม มาใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่

(2) เพื่อจัดทำ แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทยที่มีรายละเอียดเกี่ยวกับการกระจายตัวของแหล่งพลังงานลม ความเร็วลมและกำลังลม ที่เกี่ยวข้องกับศักยภาพพลังงานลมในบริเวณพื้นที่ต่าง ๆ กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน โครงการจัดทำ แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย ติดต่อประสานงานกับหน่วยงานทั้งภาครัฐ และเอกชนที่มีการสำรวจสถิติข้อมูลลม การรวบรวมข้อมูล

(1) ข้อมูลลมผิวพื้น จำนวน 134 สถานี

(2) ข้อมูลลมชั้นบน จำนวน 11 สถานี

(3) ข้อมูลลมในทะเลและชายฝั่ง :

- ทุ่นลอย ประกาศ และ UNOCAL จำนวน 21 สถานี

- เรือเดินทะเล ดาวเทียม จำนวน 46 ตำแหน่ง

(1) แนวทางของ WMO

(2) การไปสำรวจภาคสนาม

(3) การปรับเส้น TREND LINE

(1) ข้อมูลลมผิวพื้น จำนวน 82 สถานี

(2) ข้อมูลลมชั้นบน จำนวน 11 สถานี

(3) ข้อมูลลมในทะเลและชายฝั่ง :

- ทุ่นลอย ประกาศ และ UNOCAL จำนวน 21 สถานี

- เรือเดินทะเล และ ดาวเทียม จำนวน 46 ตำแหน่ง

(1) โปรแกรม MS Excel™

(2) โปรแกรม WindMap™

(1) ผลวิเคราะห์ลมผิวพื้น :

- ความเร็วลมและกำลังลมรายเดือน และรายปี

- การเปลี่ยนแปลงความเร็วลมแต่ละปี

- การเปลี่ยนแปลงความเร็วลมรายชั่วโมง
- ความถี่และความยาวนานของลมสงบ
- ข้อมูลความถี่ทิศทางและความเร็วลม
- ค่า K Shape และ C –Scale

(2) ผลวิเคราะห์ลมในทะเล และชายฝั่ง :

- ความเร็วลมและกำลังลมรายเดือน และรายปี
- ข้อมูลความถี่ทิศทางและความเร็วลม
- ค่า K Shape และ C –Scale

(3) ผลวิเคราะห์ลมชั้นบน :

- ความเร็วลมที่ระดับความสูงต่างๆ
- การเปลี่ยนแปลงความเร็วลมแต่ละปี
- ข้อมูลความถี่ทิศทางและความเร็วลม

(1) โปรแกรม WindMAPTM

(2) โปรแกรม IDRISITM

(3) ข้อมูลความถี่ทิศทางและความเร็วลม (Wind Rose) ของลมผิวพื้นลมในทะเลชายฝั่ง และลมชั้นบน

(4) DEM & Surface Roughness Map

(5) Stability Ratio

(1) แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ และไม่รวมช่วงลมสงบรายเดือนและรายปี

(2) ฐานข้อมูลศักยภาพพลังงานลมระบบสารสนเทศ (IDRISITM) และระบบ HTML

(3) การคัดเลือกแหล่งศักยภาพพลังงานลม และ แนวทางการศึกษาความเหมาะสม กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน โครงการจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย

(3) เพื่อเสนอแนะจัดทำ แนวทางในการพิจารณาคัดเลือกบริเวณแหล่งพลังงานลมที่มีศักยภาพ ที่สามารถพัฒนาจัดทำ เป็นโครงการใช้ประโยชน์จากพลังงานลม เช่น เพื่อผลิตไฟฟ้า และ/หรือ เพื่อการสูบน้ำ

แผนที่ศักยภาพพลังงานลมที่จัดทำ ขึ้นประกอบด้วย

- แผนที่กำลังลมและความเร็วลม รวมช่วงลมสงบและไม่รวมช่วงลมสงบทุก
- เดือนและเฉลี่ยรายปี ที่ความสูง 10 30 และ 50 เมตร ตามลำดับ
- งานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์กำลังลม
- งานข้อมูลภาษา HTML ที่บรรจุในซีดีรอม สำหรับเผยแพร่

แผนที่ศักยภาพพลังงานลมที่ปรากฏในรายงานนี้เป็นผลจากการวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโปรแกรม WindMapTM โปรแกรมดังกล่าวได้ถูกนำ มาใช้วิเคราะห์และจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศต่างๆ มาแล้ว อย่างไรก็ตามแผนที่ศักยภาพพลังงานลมในรายงานนี้สามารถใช้เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินศักยภาพพลังงานลมเบื้องต้นเท่านั้น หากผู้สนใจจะนำไปใช้ในการวางแผนเพื่อการก่อสร้าง ติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้า จำเป็นต้องศึกษาความเหมาะสมโดยการตรวจวัดความเร็วลมในพื้นที่จริง ที่ระดับความสูงใช้งานจริงต่อไป

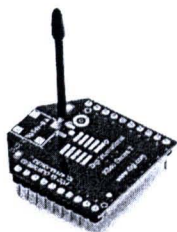
Xbee

Xbee เป็นอุปกรณ์ที่มี Microcontroller และ RF IC อยู่ภายใน ทำหน้าที่เป็น อุปกรณ์ tranceiver (อุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณ) แบบ Half Duplex ย่านความถี่ 2.4Ghz มีการจัดการโดยใช้พลังงานต่ำ ใช้งานง่าย มี interface ที่ใช้รับและส่งข้อมูลกับ Xbee เป็น UART (TTL) ซึ่งสำหรับทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ เรานำมาใช้ติดต่อสื่อสาร UART ของ Xbee ต่อเข้ากับ UART ของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เลยครับ

Xbee สามารถใช้งานตามมาตรฐานของ Zigbee ได้ โดยที่เราไม่ต้องเขียนโปรแกรมสร้างเครือข่าย Zigbee เลย เพราะว่างทางผู้ผลิตได้จัดทำ firmware โหลดเข้าไปในตัว Xbee ทำให้เราสามารถ set parameter ผ่าน software interface (X-CTU หรือโปรแกรมที่เขียนขึ้นเอง) , ผ่านทาง At command (เหมือนกับการควบคุม GSM Module) โดยใช้ Hyper terminal หรือผ่านทาง การรับส่งข้อมูลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างง่ายดาย โดยเมื่อ set Xbee ให้ทำงานเป็นอุปกรณ์ในเครือข่าย Zigbee แล้วเราจะเรียก Xbee แต่ละตัวว่าเป็น Node (parameter ของ Xbee นั้นมีหลายตัวซึ่งเราจะทยอยๆ กล่าวถึง แต่ไม่ได้อธิบายทุก parameter แต่จะเอาเฉพาะที่เป็นพื้นฐานเท่านั้นครับ ซึ่งหากต้องการข้อมูลเพิ่มเติมให้ศึกษาได้ตามคาสั่งของ Xbee)

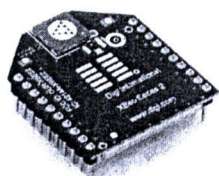
Xbee ชนิดต่าง

- แบบ Wire Antenna



แบบ wire antenna นั้น จะสามารถส่งได้ไกลกว่าแบบ Chip แต่ ถ้านำไปใส่ประกอบแบบกล่อง จะมีข้อเสียคือจะไม่สามารถใส่กล่องเล็กๆ ได้ จะต้องมีส่วนที่เหลือให้สายอากาศ

- แบบ Chip Antenna



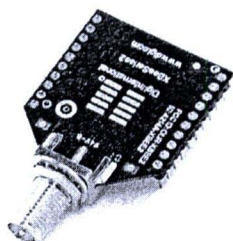
แบบ chip antenna นั้นจะส่งได้สั้นกว่าแบบอื่น แต่มัน สามารถที่จะซ่อนไว้ในกล่องขนาดเล็กได้อย่างสวยงาม

- แบบ UFL Connector



แบบ UFL Connector นั้นสามารถที่จะซ่อนตัว Xbee ไว้ในกล่อง ได้ แล้วใช้สายอากาศตัวแปลง UFL to SMA ต่อกออกมาแล้วต่อกับ สายอากาศ 2.4GHz ก็จะสามารถใช้งานได้ ข้อดีคือเราสามารถเก็บตัว Xbee ให้ปลอดภัยจากฝน ฝุ่น น้ำต่างๆ ได้ และยังสามารถติดตั้งสายอากาศ ขยายสัญญาณให้ส่งได้ไกลขึ้นอีกด้วย

- แบบ SMA Connector



แบบ SMA Connector นี้จะคล้ายๆ กับแบบ UFL แต่ว่าเราไม่ ต้องใช้สายแปลง เวลาทำกล่องต้องให้ Xbee อยู่ริมกล่อง แต่ถ้า Connect SMA เสียหรือขึ้นสนิม เราจะต้องทำการบัดกรีออกเปลี่ยนใหม่ เท่านั้น

Specifications

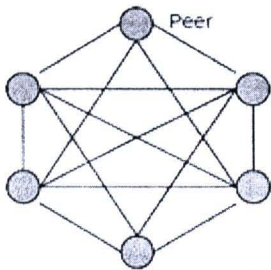
ในส่วนของ Specification นี้เราได้แนบไฟล์ในแผ่น CD เอาไว้แล้ว ซึ่งจำแนกออกเป็น 3 รุ่นดังต่อไปนี้

- รุ่น XBP24-AUI-001-revB ให้ดูข้อมูลได้ที่ แผ่นCD\คู่มือ XBee\Data Sheet Xbee\802_15_4.pdf
- รุ่น XBP24-Z7WIT-004-revD ให้ดูข้อมูลได้ที่ แผ่นCD\คู่มือ XBee\Data Sheet Xbee\Zb.pdf
- รุ่น XBP24-DMWIT-250-revA ให้ดูข้อมูลได้ที่ แผ่นCD\คู่มือ XBee\Data Sheet Xbee\DigiMesh.pdf

เครือข่าย (Network)

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงเครือข่าย Peer-to-Peer ,ZigBee และ Digi Mesh ที่เราใช้กันบ่อย และนิยมใช้กันมากใน Xbee ซึ่งอุปกรณ์ Xbee ที่ทางบริษัทเราจัดจำหน่ายอยู่คือ รุ่น XBP24-AUI-001-revB นั้นจะเป็นการพูดคุยติดต่อสื่อสารแบบ Peer-to-Peer รุ่น XBP24-Z7WIT-004-revD นั้นจะเป็นการติดต่อสื่อสารแบบ ZigBee รุ่น XBP24-DMWIT-250-revA จะเป็นการติดต่อสื่อสารแบบ Digi Mesh

เครือข่ายแบบ Peer-to-Peer (Peer-to-Peer Network)



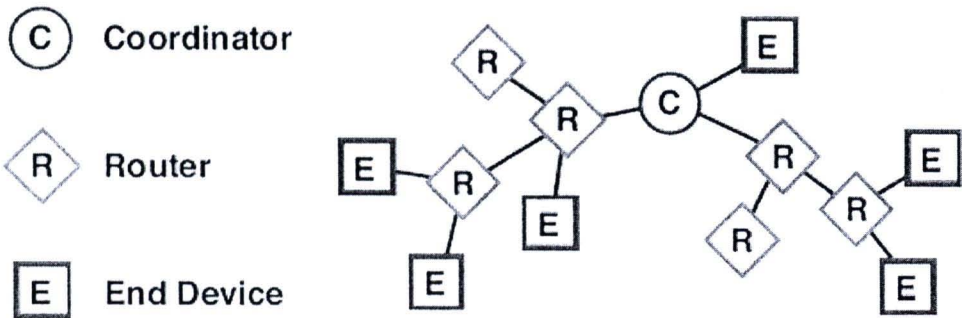
รูปเครือข่ายแบบ Peer-to-Peer

Peer-to-Peer คือ รูปแบบการเชื่อมต่อระหว่างโหนดหนึ่งต่อกับอีกโหนดหนึ่ง โดยที่แต่ละโหนดมีความเท่าเทียมกัน ไม่มีเครื่องใดเป็นเครื่องแม่ ซึ่งหากถอดโหนดใดโหนดหนึ่งออก ก็ยังจะไม่ส่งผลกระทบต่อระบบมากนัก ซึ่งเครือข่ายนี้เราจะใช้กับ Xbee รุ่น XBP24-AUI-001-revB

เครือข่าย ZigBee (ZigBee Network)

ในที่นี้เราจะขอยกตัวอย่างเพียง 2 ชนิดคือแบบ Cluster Tree และแบบ Star

แบบ Cluster Tree

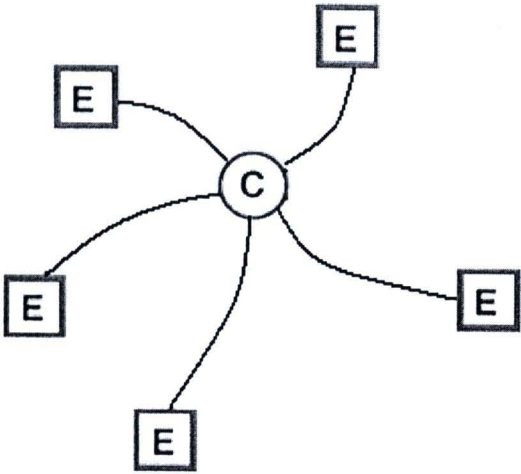


รูปเครือข่ายแบบ Cluster Tree

เครือข่ายแบบนี้เราจะนิยมใช้กับ Xbee รุ่น Zb (หรือ Xbee Pro Series2 ที่ทางบริษัทของเราจัดจำหน่าย XBP24-Z7WIT-004-revD) ซึ่งใน 1 เครือข่ายจะต้องมี 1 Coordinator เท่านั้น โดย Coordinator นั้นเปรียบเสมือนหัวใจหลักของเครือข่าย (เป็นเครื่องแม่) ซึ่งหาก Coordinatorไม่ทำงาน เครือข่ายทั้งหมดจะไม่สามารถพูดคุยหรือส่งข้อมูลหากันได้ ข้อดีของเครือข่ายแบบนี้คือ เราสามารถที่จะขยายสัญญาณให้ส่งไปได้ไกลๆ โดยใช้ตัว Router รับสัญญาณจาก Coordinator แล้วกระจายสัญญาณส่งให้กับตัวอื่นๆ ต่อไปได้เรื่อยๆ ทำให้สามารถส่งได้ไกลมากขึ้นกว่าปกติ

ในทางกลับกันหาก Router ตัวใดตัวหนึ่งไม่ทำงาน อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งสัญญาณที่เชื่อมต่อกับ Router ตัวนั้น จะไม่สามารถทำงานต่อได้ ยกตัวอย่างเช่น Router ตัวซ้ายมือ ไม่ทำงาน จะทำให้ End Device อีก 2 ตัวที่ต่ออยู่กับ Router ไม่สามารถทำงานได้ แต่อุปกรณ์อื่นๆ ก็ยังทำงานได้ตามปกติ เป็นต้น ซึ่งแตกต่างจาก Coordinator คือ ถ้า Coordinator ไม่ทำงาน เครือข่ายทั้งเครือข่ายนั้นจะไม่สามารถพูดคุยติดต่อสื่อสารกันได้อีกเลย

แบบ Star



รูปเครือข่ายแบบ Star

เครือข่ายแบบนี้ จะให้อุปกรณ์ทุกตัวที่เข้าร่วมเน็ตเวิร์กแล้วสื่อสารกันผ่าน Coordinator ข้อดีคือมีความเร็วสูง แต่หากมีการต่อใช้งานกันหลายๆ ตัว จะทำให้ตัว Coordinator ทำงานหนักและทำงานได้ช้า เหมาะกับการใช้งานในเครือข่ายเล็กๆ ที่มีอุปกรณ์ต่อเชื่อมกันไม่เกิน 10 ตัว

เครือข่ายนี้ใช้สามารถใช้กับ Xbee รุ่น XBP24-Z7WIT-004-revD ได้

ข้อจำกัดของอุปกรณ์แต่ละชนิด

Ⓒ Coordinator ทำหน้าที่

- เลือกแชนเนลและ PAN ID (both 64-bit and 16-bit) เพื่อเริ่มเครือข่าย
- อนุญาตให้ Router และ End Device เข้าร่วมเครือข่าย
- ไม่สามารถ Sleep และควรจะเป็น Main Power

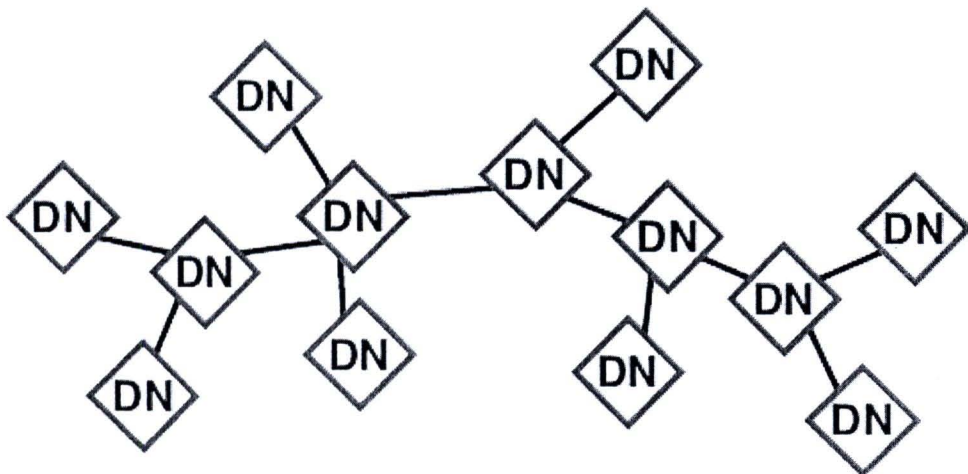
Ⓓ Router ทำหน้าที่

- ต้องเข้าร่วมเครือข่ายก่อน ที่จะทำหน้าที่ ส่งข้อมูล รับข้อมูล และกำหนดเส้นทางข้อมูล
- หลังจากเข้าร่วมเครือข่ายแล้ว จะอนุญาตให้ Router และ End Device ตัวอื่นๆ เข้าร่วมเครือข่ายได้
- หลังจากเข้าร่วมเครือข่ายแล้ว สามารถที่จะกำหนดเส้นทางข้อมูลเพื่อกระจายสัญญาณต่อไปได้
- ไม่สามารถ Sleep และควรจะเป็น Main Power

Ⓔ End Device ทำหน้าที่

- ต้องเข้าร่วมเครือข่ายก่อน จึงจะสามารถรับและส่งข้อมูลได้
- ไม่สามารถให้อุปกรณ์อื่นๆ เข้าร่วมเครือข่ายของมันได้
- สามารถส่งและรับข้อมูล แต่ไม่สามารถที่จะกระจายสัญญาณไปให้ตัวอื่นๆ ได้อีก
- สามารถเข้าสู่ low power modes เพื่อประหยัดพลังงาน

เครือข่ายแบบ Digi Mesh (Digi Mesh Network)



รูปเครือข่ายแบบ Digi Mesh3

เครือข่ายแบบ Digimesh นี้ node ทุกตัวในเครือข่ายจะมีลักษณะเหมือนกันหมด (Homogeneous Network) ทุกๆ โหนดสามารถที่จะกำหนดเส้นทางการส่งและรับข้อมูล และสามารถทำงานใน sleep mode ได้ทั้งหมด ทำให้ประหยัดพลังงานมากกว่ารุ่นอื่นๆ

สรุปข้อดีข้อเสียของแต่ละรุ่น

2XBP24-AUI-00-revB ใช้ระบบการสื่อสารแบบ Pear-to-Pear ,Point-toPoint หรือ Point-to-multi Point

ข้อดี

- ใช้งานง่าย ไม่ต้องการการเชื่อมต่อที่ยุ่งยาก
- หากตัวใดตัวหนึ่งหยุดทำงาน ก็จะไม่ส่งผลกระทบต่อระบบมากเท่าใดนัก

ข้อเสีย

- เมื่อต้องการขยายสัญญาณให้ส่งได้ไกลขึ้น มีการเชื่อมต่อที่ยุ่งยากกว่ารุ่นอื่นๆ ยกตัวอย่างเช่น ต้องการให้ A B และ C คุยกันได้อิสระ แต่ระยะทางการส่งของ A ไม่สามารถที่จะส่งไปหา C ได้ จึงต้องเชื่อมต่อให้ A คุยกับ B ก่อน แล้วจึงต้องเชื่อมต่อให้ B รับข้อมูลจาก A แล้วให้ B ส่งข้อมูลไปหา C อีกที ซึ่งทำให้เสียเวลาในการรับส่งข้อมูล
- ระยะทางในการส่งจะต่ำกว่ารุ่นอื่นๆ

XBP24-Z7WIT-004-revD ใช้ระบบการสื่อสารแบบ ZigBee

ข้อดี

- End Device สามารถทำงานในโหมด Sleep ได้ทำให้ประหยัดพลังงาน ซึ่งถ้าดูข้อมูลจากคาส์ซิสจะพบว่ารุ่น Zb นี้เมื่อเข้าสู่โหมด Sleep แล้ว จะกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่ารุ่น Digimesh ที่ทำงานในโหมด Sleep ด้วยกัน
- เมื่อต้องการขยายสัญญาณเช่น ให้ A B C คุยกัน แต่ระยะทางการส่งของ A ไม่สามารถที่จะส่งไปถึง C ได้ เราสามารถที่จะเชื่อมต่อให้ A เป็น Coordinator แล้ว B เป็น rounter ส่วน C เป็น enddevice ด้วยการเชื่อมต่อเพียงครั้งเดียว ก็สามารถรับส่งข้อมูลกันได้เลย โดยไม่ต้องรอให้ B ถามแล้วส่งข้อมูลต่อไปหา A และ C

ข้อเสีย

- มีการเชื่อมต่อที่ยุ่งยากกว่ารุ่นอื่นๆ ซึ่งต้องมีการศึกษาระบบเครือข่ายนี้ให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ก่อน จึงจะสามารถใช้งานได้
- หาก Coordinator เสียหรือไม่ทำงาน จะทำให้ทั้งระบบไม่สามารถส่งข้อมูลหากันได้อีก

XB24-DMWIT-250-revA ใช้ระบบการสื่อสารแบบ Digimesh Nodeข้อดี

- มีการเชื่อมต่อที่ง่ายเพียงแค่กำหนดทิศทางการรับส่งก็สามารถคุยกันได้เลย
- ทุกๆ โหนดสามารถที่จะเข้าสู่ sleep mode ได้
- ระยะทางการส่งสูงกว่ารุ่นอื่นๆ

ข้อเสีย

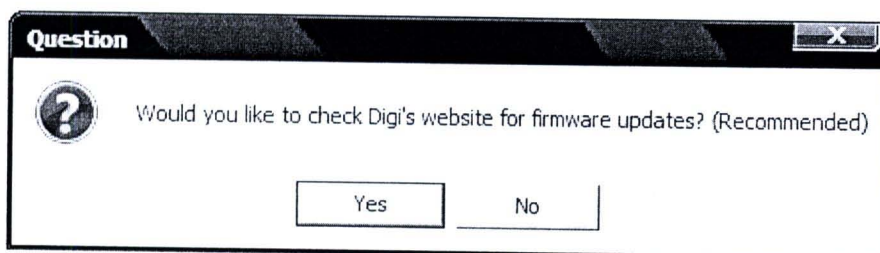
- การทำงานใน sleep mode ยังใช้กระแสไฟฟ้าเยอะกว่ารุ่น Zb

การใช้งาน Xbee เบื้องต้น

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการใช้งาน Xbee เบื้องต้นกันนะครับ เริ่มต้นด้วยการติดตั้งโปรแกรม ซึ่งการใช้งานตัว Xbee นั้นเราต้องมีโปรแกรมที่ใช้ในการติดต่อกับตัว Xbee เพื่อให้ Xbee ทั้ง 2 ตัวนั้นสามารถพูดคุยสื่อสารกันได้ ซึ่งโปรแกรมนั้นคือโปรแกรม X-CTU

วิธีติดตั้งโปรแกรม X-CTU

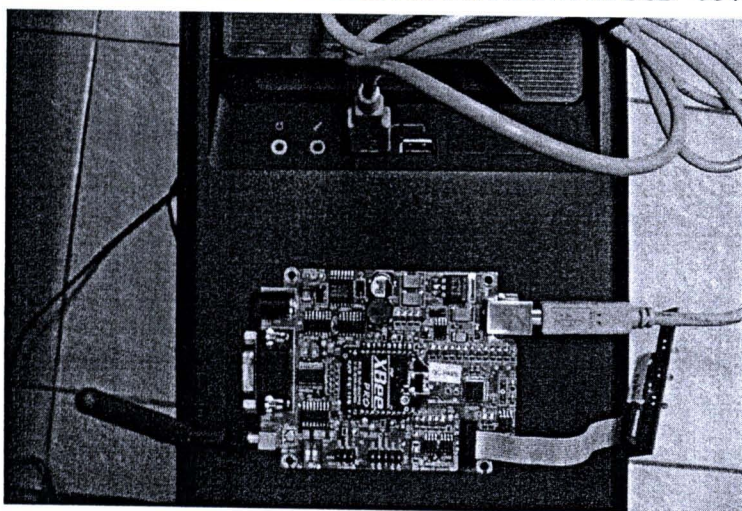
โปรแกรม X-CTU X-CTU.rar แล้วทำการแตกไฟล์ แล้วดับเบิลคลิกไฟล์เพื่อทำการติดตั้งโปรแกรม X-CTU ให้คลิก Next เลือก I agree แล้วคลิก Next ไปเรื่อยๆ แล้วจะพบกับหน้าต่างขึ้นมาดังรูปให้เราคลิก Yes เพื่อทำการอัปเดต firmware ให้กับตัวโปรแกรม X-CTU



แล้วรอนกว่าจะโหลดเสร็จ ก็คลิก OK เป็นการติดตั้งเสร็จสมบูรณ์

Hardware Connection

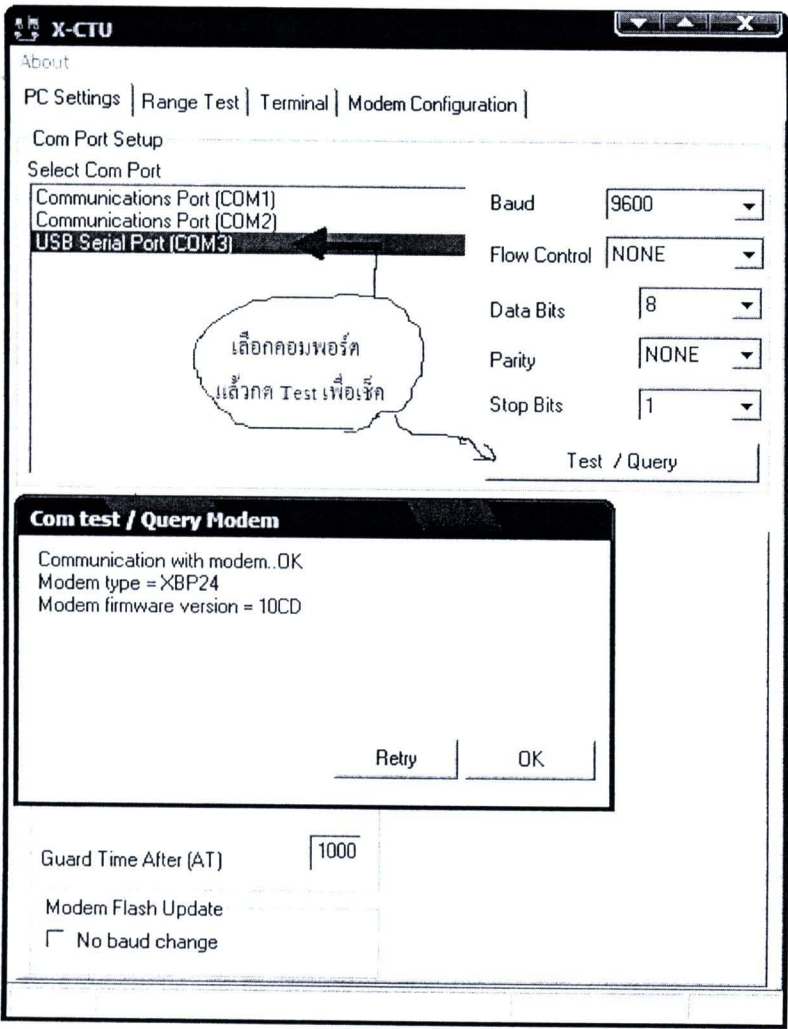
ให้ทำการต่อ Xbee เข้ากับบอร์ด แล้วนำสาย Serial Port ต่อเข้ากับพอร์ต USB ของคอมพิวเตอร์



รูปแสดงการเชื่อมต่อ Xbee เข้ากับคอมพิวเตอร์ PC

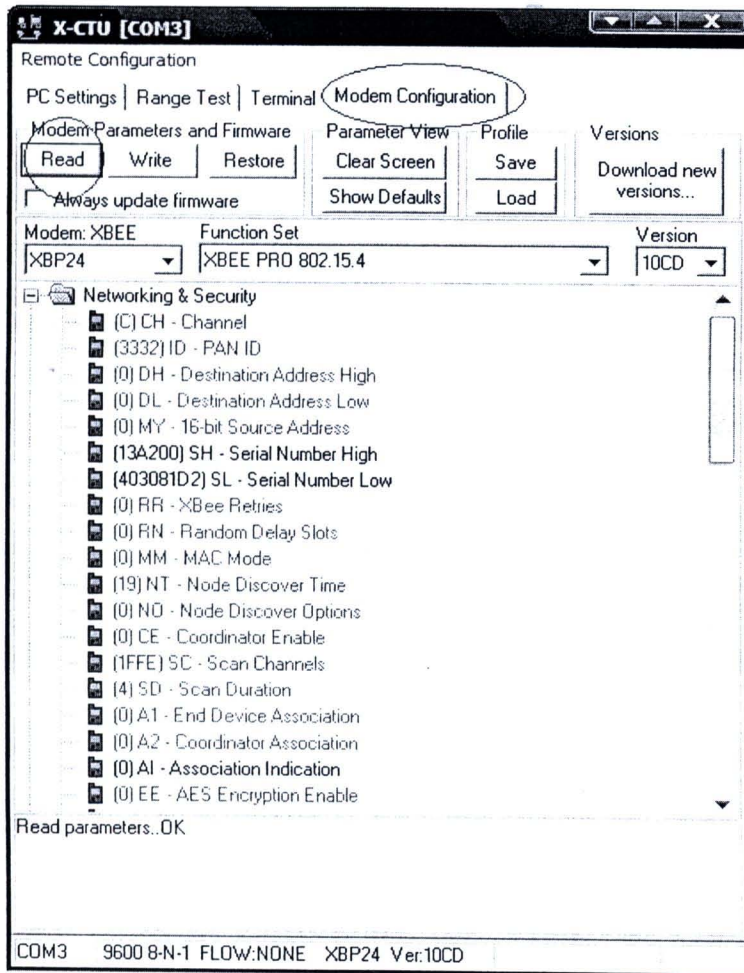
วิธีเช็ค Xbee

เมื่อทำการติดตั้งโปรแกรม X-CTU และ Driver เสร็จเรียบร้อยแล้ว ต่อไปเราจะมาทำการทดสอบ Xbee โดยให้เราทำการเปิดโปรแกรม X-CTU แล้วเลือก Com Port กดคลิก Test/Query จะเป็นการทดสอบว่าโปรแกรมของเราพบตัวโมเด็ม Xbee หรือไม่ ซึ่งจากในรูปจะแสดงว่าการเชื่อมต่อ Ok ชนิดโมเด็มเป็น XBP24 Modem firmware version =10CD



รูปแสดงวิธีการทดสอบเชื่อมต่อ Xbee

เมื่อทดสอบ Xbee เสร็จแล้ว จากนั้นให้เราไปที่แท็บ Modem Configuration แล้วกด Read จะเป็นการสั่งให้ X-CTU อ่านค่าตัว Xbee ขึ้นมา ซึ่งค่าต่างๆ ในตัว Xbee นี้ได้มีการเช็คค่า firmware ไว้แล้วในโรงงาน หาก Xbee ที่เราใช้อยู่ได้มีการใช้ firmware ในเวอร์ชันใหม่ล่าสุดที่ตัว X-CTU ยังไม่มี จะไม่สามารถ read ขึ้นมาได้ ต้องทำการโหลด firmware เวอร์ชันใหม่ให้ตัวโปรแกรม X-CTU ก่อน โดยคลิกที่ Download new version...



รูปแสดงการ read ค่าจาก Xbee

จากนั้นให้เราทำการต่อ Xbee อีก 1 ตัวเข้ากับคอมพิวเตอร์ PC แล้วทำการทดสอบ และ Read ค่าเหมือน Xbee ตัวแรก

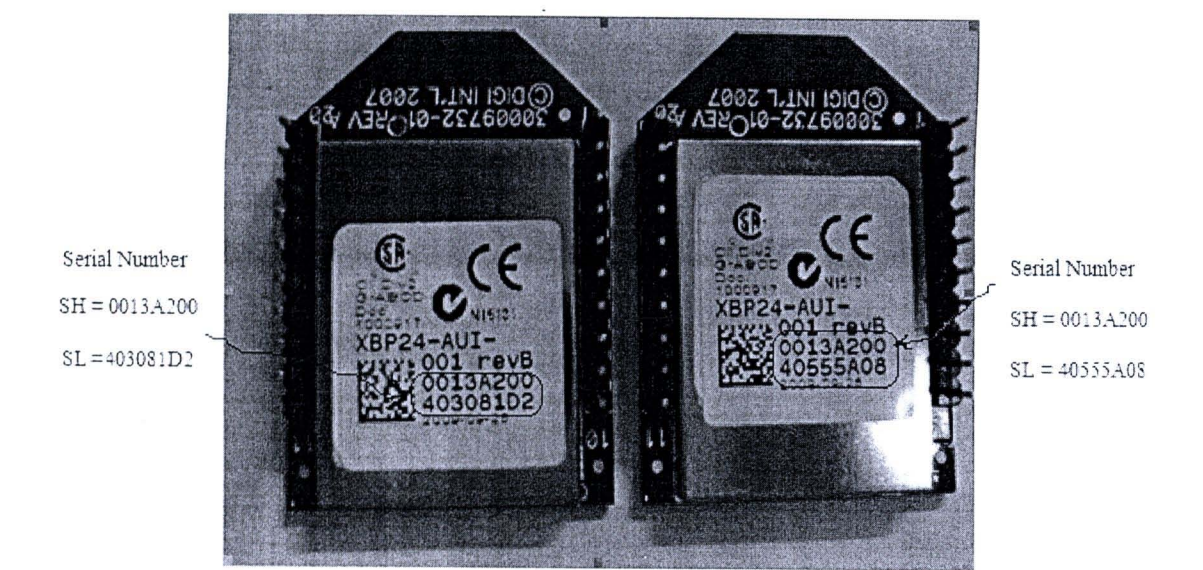
หมายเหตุ*** วิธีการเลือกค่าในช่อง *Function Set*

- สำหรับรุ่น *XBP24-AUI-001-revB* ให้เลือกเป็น *XBEE PRO 802.15.4* ทั้ง 2 ตัว

- สำหรับรุ่น *XBP24-Z7WIT-004-revD* ให้เลือกเป็น *Coordinator* 1 ตัว อีกหนึ่งตัวจะเลือกเป็น *Router* หรือ *End Device* ก็ได้

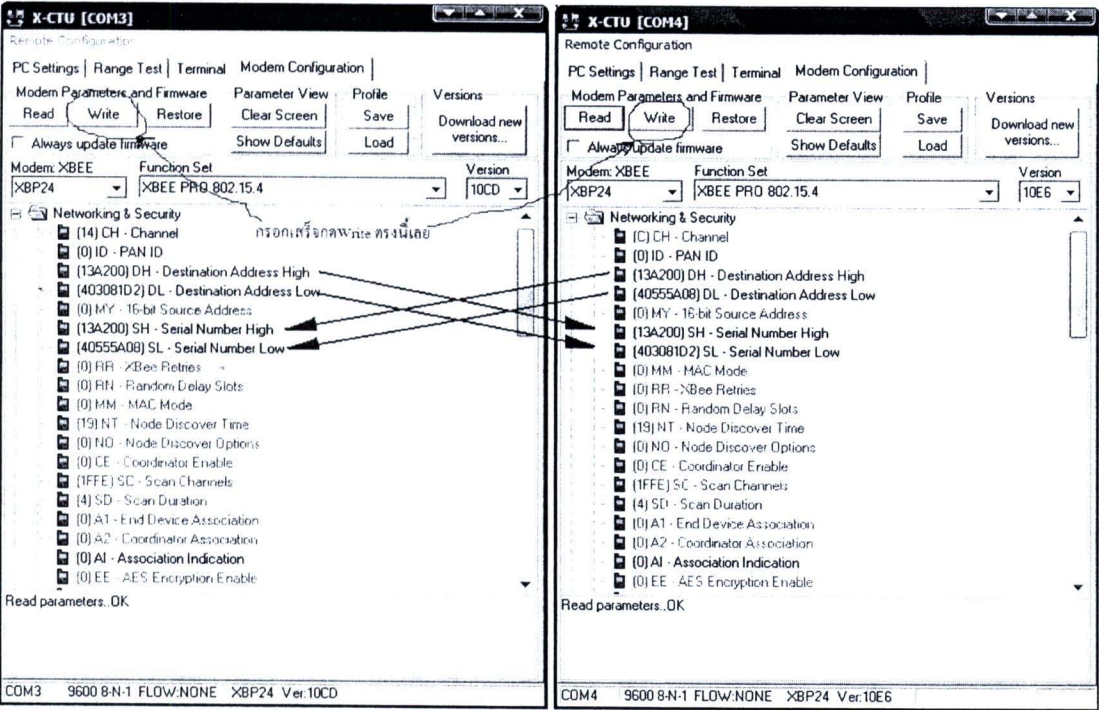
- สำหรับรุ่น *XBP24-DMWIT-250-revA* ให้เลือกเป็น *XBEE PRO DIGIMESH 2.4* ทั้ง 2 ตัว

เมื่อทำการ Read ค่าเสร็จต่อไปเราจะทำการเซตเป้าหมายปลายทางที่เราจะทำการติดต่อด้วย ซึ่งการที่ Xbee ตัวที่ 1 จะสามารถคุยกับ Xbee ตัวที่ 2 นั้นจะต้องทราบค่า Address ของแต่ละตัว ซึ่งค่า Address ของแต่ละตัวนั้นเราสามารถดูได้จาก Serial Number ของ Xbee แต่ละตัวโดยดูได้จากค่า SH SL ในโปรแกรม X-CTU ที่เรา Read ขึ้นมาจาก Xbee



รูปแสดงค่า Serial Number ของ Address แต่ละตัว

ให้เรานำค่า SH และ SL ของ Xbee ตัวที่ 2 มากรอกลงในช่อง DH และ DL ของ Xbee ตัวที่ 1 ส่วนค่า DH และ DL ของ Xbee ตัวที่ 2 ให้นำค่า SH และ SL ของ Xbee ตัวที่ 1 ลงมากรอก แล้วกด Write

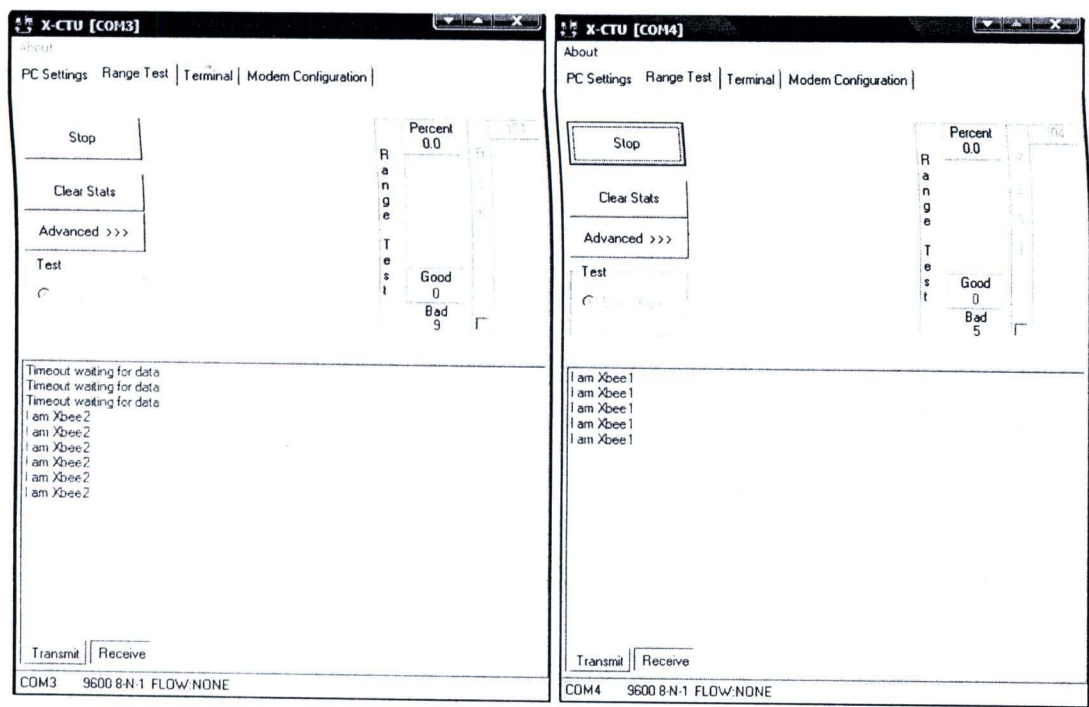


รูปแสดงการเช็คค่า Destination Address

เมื่อเราทำการ Write ข้อมูลเสร็จแล้ว Xbee ทั้ง 2 ตัวก็สามารถรับส่งข้อมูลกันแบบ Serial ได้

ทดสอบ Rang Test

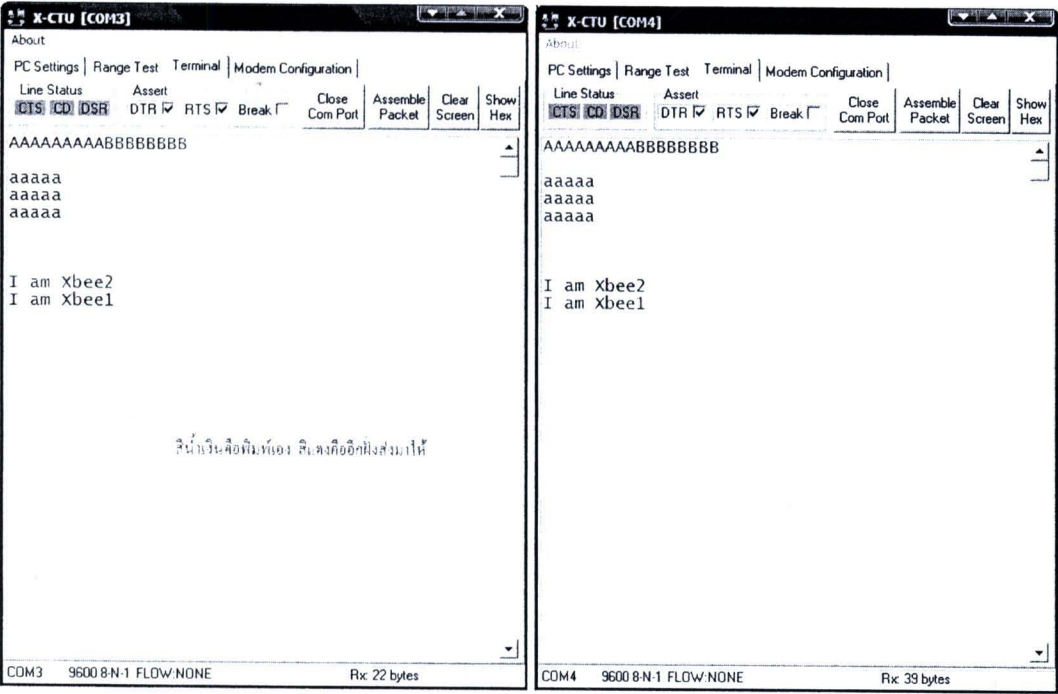
ทดลองด้วย Range Test ให้เข้าที่ Tap Range test แล้วกด Start จะเห็นว่า Xbee ทั้ง 2 ตัวรับส่งให้กัน
ได้แล้ว



รูปการทดสอบด้วย Rang Test

ทดสอบพิมพ์ตอบได้กัน

เข้าไปที่แท็บ Terminal แล้วทดลองพิมพ์ตัวหนังสือเข้าไปทั้ง 2 ฝั่งของโปรแกรม X-CTU



รูปแสดงการพิมพ์โต้ตอบกัน

AT Command สั่งการ Xbee

การที่เราจะส่งข้อมูลโดยใช้ Xbee ไปที่โมดูลตัวอื่นซึ่งเป็นปลายทางนั้น เราอยู่รู้แล้วว่าเราจะต้องเซ็ทโมดูล Xbee ให้รู้จัก Destination Address หรือ DH,DL ก่อน ซึ่งเราสามารถทำการสั่งการได้อีกวิธีโดยใช้ AT-Command

จากส่วนที่แล้วเราใช้ X-CTU ในการอัป Firmware และเซ็ทค่าต่างๆ ซึ่งโมดูลนั้นจะถูกต้องอยู่กับคอมพิวเตอร์จึงจะกำหนดค่าได้ แต่เมื่อเราใช้ AT Command จะทำให้เราสามารถเปลี่ยนค่า Xbee ได้ในขณะนั้นโดยไม่ต้องใช้เวลา Write เข้าไปเช่น การเปลี่ยนแปลงค่า DH DL เมื่อเปลี่ยนเสร็จ Xbee ก็จะคุยกับโมดูลอีกตัวได้เลย โดยไม่ต้องใช้เวลา Write ทับข้อมูลเดิม การใช้ AT Command นี้สามารถสั่งงาน Xbee ของเราได้ง่ายโดยมีข้อกำหนดการใช้ไม่มากซึ่งสามารถดูได้จากคาสั่ง

วิธีการสั่ง AT Command ทำได้ดังนี้

Sample Configuration: Modify RF Module Destination Address

Example: Utilize the X-CTU "Terminal" tab to change the RF module's DL (Destination Address Low) parameter and save the new address to non-volatile memory.

After establishing a serial connection between the RF module and a PC [refer to the 'Setup' section above], select the "Terminal" tab of the X-CTU Software and enter the following command lines ('CR' stands for carriage return):

Method 1 (One line per command)

Send AT Command

```
+++
ATDL <Enter>
ATDL1A0D <Enter>
ATWR <Enter>
ATCN <Enter>
```

System Response

```
OK <CR> (Enter into Command Mode)
{current value} <CR> (Read Destination Address Low)
OK <CR> (Modify Destination Address Low)
OK <CR> (Write to non-volatile memory)
OK <CR> (Exit Command Mode)
```

Method 2 (Multiple commands on one line)

Send AT Command

```
+++
ATDL <Enter>
ATDL1A0D,WR,CN <Enter>
```

System Response

```
OK <CR> (Enter into Command Mode)
{current value} <CR> (Read Destination Address Low)
OK<CR> OK<CR> OK<CR>
```

รูปตัวอย่างการการใช้ AT Command ดิสด์ Xbee

1. ส่ง +++ เข้าไปแล้วรอ Xbee ตอบกลับ OK
2. จากนั้นให้ส่ง AT Command เข้าไปได้เลย มีกฎเกณฑ์อีกข้อคือต้องส่ง AT Command เข้าไปในเวลาที่กำหนดซึ่งสามารถตั้งค่าได้ที่ AT Command Mode Timeout

โค้ด AT Command

อธิบายคำสั่ง AT Command ของ Xbee

อย่าลืมนำหน้าด้วย AT.....

1. BD คือ Set Baudrate ใส่ได้ 0-7 ค่าต่างๆ ได้จาก Datasheet ว่าหมายถึงอะไร 3 คือ 9600 bps
2. CH คือ Channel
3. CN คือ ออกโหมด Command ทันที ไม่ต้องรอ Command Mode Timeout แต่ถ้าจะเข้าใหม่ต้อง +++ อีกครั้ง
4. CT คือ Command Mode Time Out ซึ่งค่าที่ใส่เข้าไปนี้จะถูกคูณด้วย 100 ms
5. DH คือ Serial Address ตัวปลายทาง บิตสูง
6. DL คือ Serial Address ตัวปลายทาง บิตต่ำ สองอันนี้สอนอยู่ในบทความที่แล้ว
7. ID คือ เปรียบเหมือนวง LAN ถ้า ID เดียวกันก็จะส่ง-รับ ข้อมูลกันได้
8. SH คือ Serial Number บิตสูง ซึ่ง Set ค่ามาจากโรงงาน
9. SL คือ Serial Number บิตต่ำ ซึ่ง Set ค่ามาจากโรงงาน
10. WR คือ Write ข้อมูลที่ Set ลง Xbee ถ้าไม่ใช้คำสั่งนี้ พอดับไฟ Xbee จะกลับไปใช้ค่าเดิม

คำสั่ง AT Command ที่ใช้กับ Xbee นี้ถ้าพิมพ์ อย่างเดียว ยกตัวอย่างเช่น

ATCH ก็จะหมายถึงจะอ่านค่า CH ขณะนี้ออกมา

แต่ถ้า ATCH14 จะหมายความว่า ตั้งค่า CH เท่ากับ 14

เวลาใช้ อย่าลืม Enter หรือส่ง รหัส Enter เข้าไปด้วย

3.1.2. Command Reference Tables

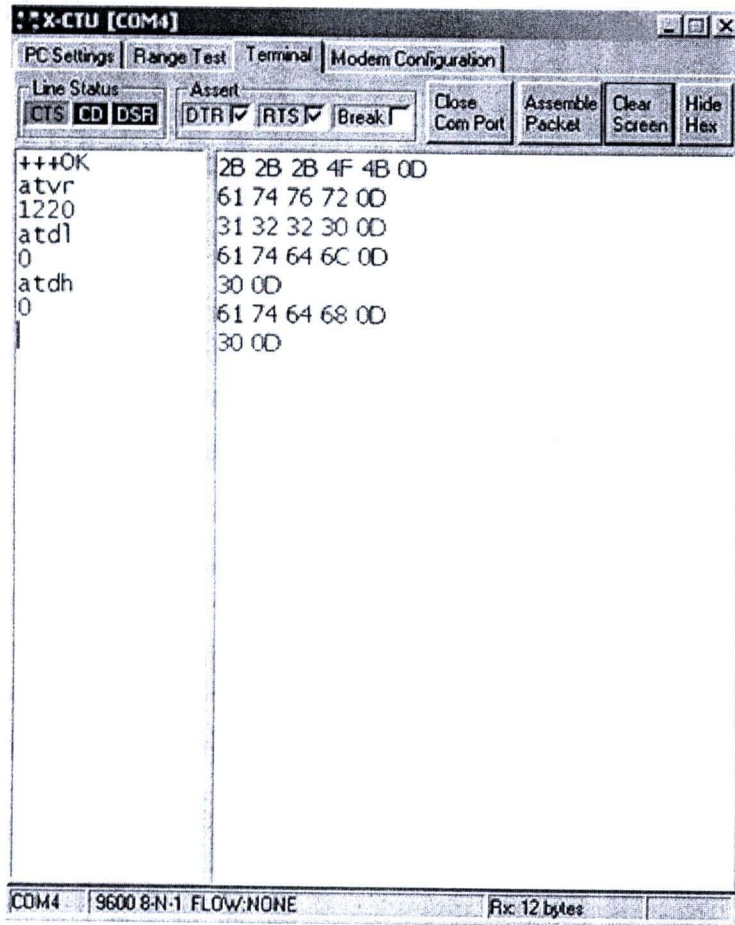
Table 3-01. XBee/XBee-PRO Commands (RF modules expect numerical values in hexadecimal. Hexadecimal values are designated by the “0x” prefix. Decimal equivalents are designated by the “d” suffix.)

AT Command	Command Category	Name and Description	Parameter Range	Default
BD	Serial Interfacing	Interface Data Rate. Set/Read the serial interface data rate for communications between the RF module serial port and host.	0 - 7 (custom rates also supported)	3
CC	AT Command Mode Options	Command Sequence Character. Set/Read the ASCII character value to be used between Guard Times of the AT Command Mode Sequence (GT+CC+GT). The AT Command Mode Sequence enters the RF module to AT Command Mode.	0 - 0xFF	0x2B (* ASCII)
CH	Networking & Security	Channel. Set/Read the channel number used for transmitting and receiving between RF modules. Uses 802.15.4 protocol channel numbers.	0x0B - 0x1A (XBee) 0x0C - 0x18 (XBee-PRO)	0x0C (12d)
CN	AT Command Mode Options	Exit Command Mode. Explicitly exit AT Command Mode.	-	-
CT	AT Command Mode Options	Command Mode Timeout. Set/Read the period of inactivity (no valid commands received) after which the RF module automatically exits AT Command Mode and returns to Idle Mode.	2 - 0xFFFF [x 100 ms]	0x64 (100d)
DB	Diagnostics	Received Signal Strength. Read signal level [in dB] of last good packet received (RSSI). Absolute value is reported. (For example: 0x58 = -88 dBm) Reported value is accurate between -40 dBm and RX sensitivity.	0 - 0x64 [read-only]	-
DH	Networking & Security	Destination Address High. Set/Read the upper 32 bits of the 64-bit destination address. When combined with DL, it defines the destination address used for transmission. To transmit using a 16-bit address, set DH parameter to zero and DL less than 0xFFFF. 0x000000000000FFFF is the broadcast address for the PAN.	0 - 0xFFFFFFFF	0
DL	Networking & Security	Destination Address Low. Set/Read the lower 32 bits of the 64-bit destination address. When combined with DH, DL defines the destination address used for transmission. To transmit using a 16-bit address, set DH parameter to zero and DL less than 0xFFFF. 0x000000000000FFFF is the broadcast address for the PAN.	0 - 0xFFFFFFFF	0
GT	AT Command Mode Options	Guard Times. Set required period of silence before and after the Command Sequence Characters of the AT Command Mode Sequence (GT+CC+GT). The period of silence is used to prevent inadvertent entrance into AT Command Mode.	0x02 - 0xFFFF [x 1 ms]	0x3E8 (1000d)
ID	Networking & Security	PAN ID. Set/Read the PAN (Personal Area Network) ID. 0xFFFF indicates a message for all PANs.	0xFFFF	0x3332 (13106d)
MY	Networking & Security	16-bit Source Address. Set/Read the RF module 16-bit source address. Set MY = 0xFFFF to disable reception of packets with 16-bit addresses. 64-bit source address (serial number) and broadcast address (0x000000000000FFFF) is always enabled.	0 - 0xFFFF	0
P0	Diagnostics	PWM0 Configurations. Select/Read function for PWM0	0 - 1	1
PL	RF Interfacing	Power Level. Select/Read power level at which the RF module transmits.	0 - 4	4
RE	(Special)	Restore Defaults. Restore RF module parameters to factory defaults. Follow with WR command to save values to non-volatile memory.	-	-
RN	Networking & Security	Random Delay Slots. Set/Read the minimum value of the back-off exponent in the CSMA-CA algorithm that is used for collision avoidance. If RN = 0, collision avoidance is disabled during the first iteration of the algorithm (802.15.4 - macMinBE).	0 - 3	0
RO	Serial Interfacing	Packetization Timeout. Set/Read number of character times of inter-character delay required before transmission. Set to zero to transmit characters as they arrive instead of buffering them into one RF packet.	0 - 0xFF [x character times]	3
RP	Diagnostics	RSSI PWM Timer. Enable a PWM (pulse width modulation) output (on pin 3 of the RF modules) which shows RX signal strength.	0 - 0xFF [x 100 ms]	0x28 (40d)
SH	Diagnostics	Serial Number High. Read high 32 bits of the RF module's unique IEEE 64-bit address. 64-bit source address is always enabled.	0 - 0xFFFFFFFF [read-only]	Factory-set
SL	Diagnostics	Serial Number Low. Read low 32 bits of the RF module's unique IEEE 64-bit address. 64-bit source address is always enabled.	0 - 0xFFFFFFFF [read-only]	Factory-set
SM	Sleep (Low Power)	Sleep Mode. Set/Read Sleep Mode configurations.	0 - 5	0
SP	Sleep (Low Power)	Cyclic Sleep Period. Set/Read sleep period for cyclic sleeping remotes. Maximum sleep period is 268 seconds (0x68B0).	0x01 - 0x68B0 [x 10 ms]	0x64 (100d)
ST	Sleep (Low Power)	Time before Sleep. Set/Read time period of inactivity (no serial or RF data is sent or received) before activating Sleep Mode. The ST parameter is only valid with Cyclic Sleep settings (SM = 4 - 6). Set ST on Cyclic Sleep Coordinator to match Cyclic Sleep Remotes.	0x01 - 0xFFFF [x 1 ms]	0x1388 (5000d)
VR	Diagnostics	Firmware Version. Read firmware version of the RF module.	0 - 0xFFFF [read-only]	Factory-set
WR	(Special)	Write. Write parameter values to RF module's non-volatile memory so that modifications persist through subsequent power-up or reset.	-	-

รูปตัวอย่างโค้ด AT-Command ที่ใช้บ่อย

ตัวอย่างขั้นตอนการสั่งการด้วย AT Command

ขั้นแรกให้ทำการต่อ Xbee เข้ากับ USB ของคอมพิวเตอร์ PC แล้วทดสอบ Xbee แล้วจากนั้นก็ทำการเซ็ทค่าต่างๆ จนเสร็จ แล้วคลิกที่แท็บ Terminal ส่ง +++ เข้าไป แล้ว Xbee จะตอบกลับมาว่า OK แสดงว่า Command Mode พร้อมแล้ว ต่อมาเราส่ง ATVR เข้าไปเพื่อถามว่า Version อะไร Xbee ตอบกลับมาว่า 1220 จากนั้นผมก็ส่ง ATDL เพื่ออยากทราบว่า DL ตอนนี้คืออะไร Xbee ก็ตอบกลับมาว่า 0 แล้ว ATDH ละ Xbee ตอบกลับมาว่า 0 เช่นกัน



รูปแสดงการใช้ AT Command

หลังจากนั้นเราจะ Set ค่า DL และ DH ให้ Xbee

ATDL1234 เราใส่ค่า DL = 1234 พอใส่เรียบร้อยแล้ว Xbee จะตอบว่า OK

แล้วเราก็ใส่ DH โดยส่ง ATDH5678 เข้าไป

แล้วเราก็ลองถาม Xbee อีกครั้งว่า DH กับ DL เป็นอะไรอยู่ก็จะเห็นว่ามันตรงกับค่าที่เรา Set ไว้ในตอนแรก

```

X-CTU [COM4]
PC Settings | Range Test | Terminal | Modem Configuration
Line Status: CTS CD DSR | Assert: DTR [x] RTS [x] Break [ ] | Close Com Port | Assemble Packet | Clear Screen | Hide Hex
+++OK
atvr
1220
atdl
0
atdh
0
+++OK
atdl1234
OK
atdh5678
OK
atvr
1220
atdl
1234
atdh
5678

2B 2B 2B 4F 4B 0D
61 74 76 72 0D
31 32 32 30 0D
61 74 64 6C 0D
30 0D
61 74 64 68 0D
30 0D
2B 2B 2B 4F 4B 0D
61 74 64 6C 31 32 33 34 0D
4F 4B 0D
61 74 64 68 35 36 37 38 0D
4F 4B 0D
61 74 76 72 0D
31 32 32 30 0D
61 74 64 6C 0D
31 32 33 34 0D
61 74 64 68 0D
35 36 37 38 0D
  
```

Set ค่า DL

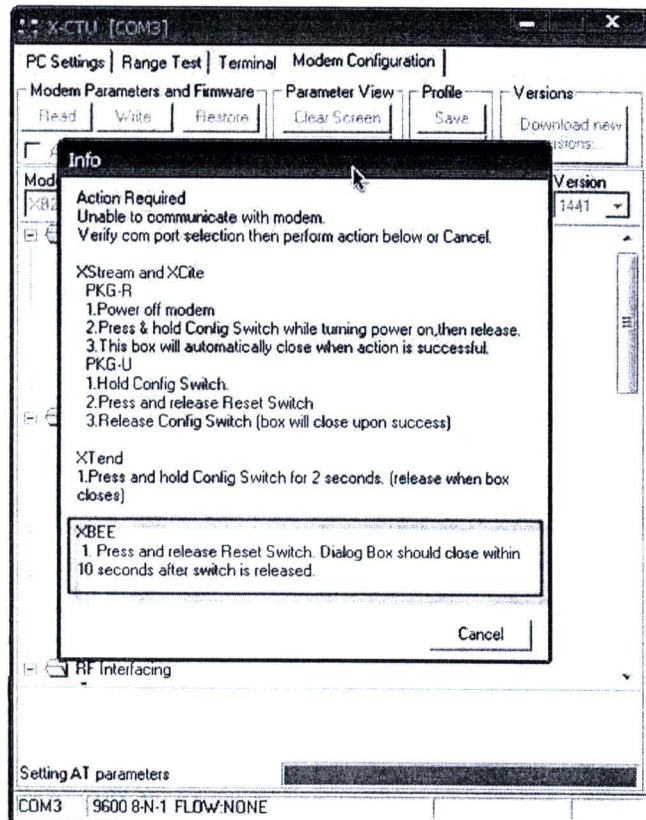
Set ค่า DH เป็น 5678

COM4 | 9600 8-N-1 FLOW:NONE | Rx: 36 bytes

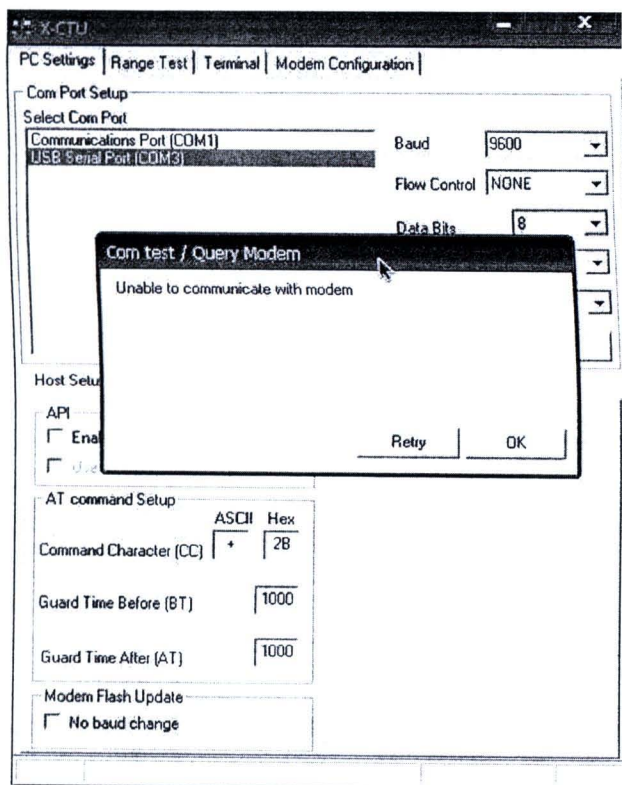
รูปแสดงการใช้ AT Command

ปัญหาที่พบบ่อยใน Xbee

ที่ผ่านมาเราได้พูดถึงการ Set ค่า Config ต่างๆ ของพารามิเตอร์ Xbee กันแล้ว ซึ่งการเซตก็เพียงเลือกโหมด แล้วทำการ Write ลงไปโดยผ่านพอร์ต USB แต่ปัญหามันมักจะเกิดขึ้นในขณะที่กำลัง Write Xbee ในบางฟังก์ชัน ซึ่งขณะที่ Write จะมีหน้าต่างดังรูป ขึ้นมาแล้วบอกให้เราทำการ Reset



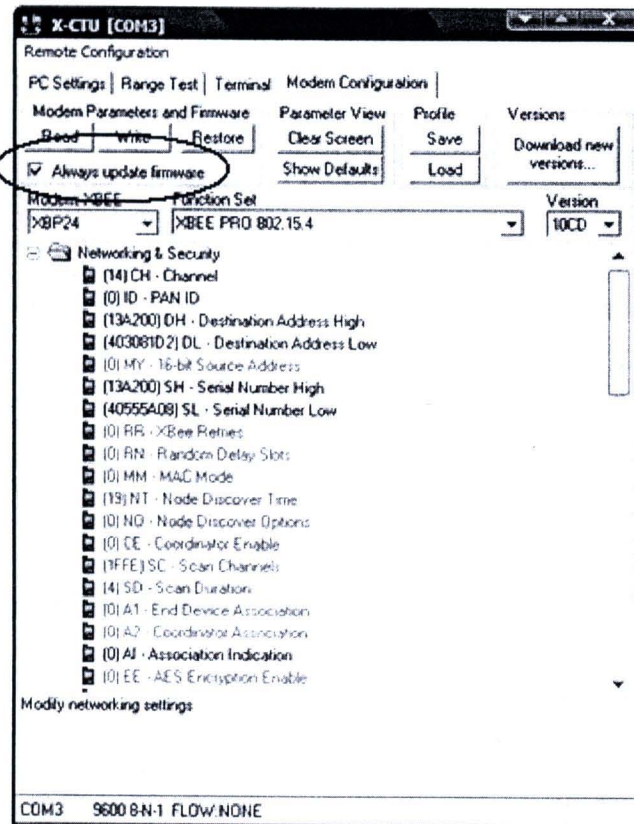
รูปการ Write Xbee ไม่สำเร็จ



รูปทดสอบ Xbee ไม่พบ

ลองคลิกเลือกค่า Config ใหม่แล้วกด Write เข้าไปใหม่ดู

1. เลือกค่า Config ต่างๆ ให้เหมือนเดิม เช่น Ver. 10CD หรือ XBP24 XBEE PRO 802.15.4
2. เลือกที่ Always update firmware แล้วกด Write

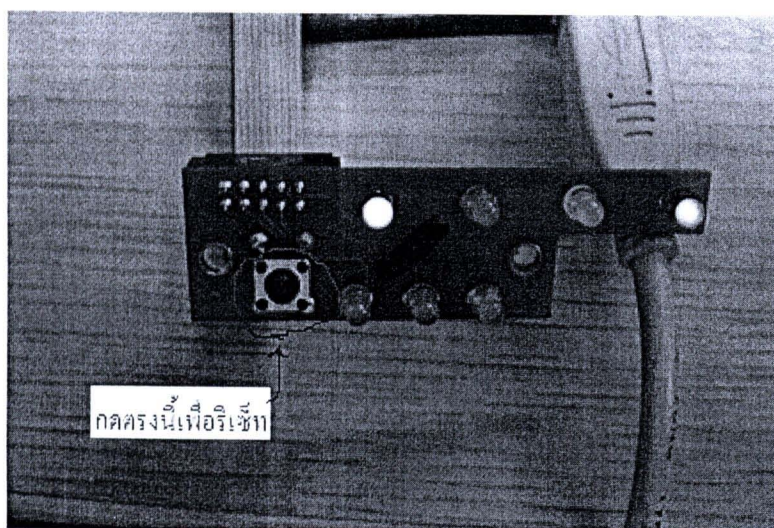


รูปแสดงการเซ็ท Xbee

พอกด Write แล้ว มันจะขึ้นบอกให้ Reset เมื่อเราดูค่าซ้ำสี่ 4 ค่า Reset จะอยู่ที่ค่า 5 ซึ่งทางบริษัทของเราได้ทำการออกแบบบอร์ดรองรับเอาไว้แล้วสำหรับ Reset โดยเฉพาะ โดยการกดสวิทช์บนตัวบอร์ด แล้วตัว Xbee ของเราก็จะสามารถกลับมาใช้งานได้ตามปกติแล้วครับ

Pin #	Name	Direction	Description
1	VCC	-	Power supply
2	DOUT	Output	UART Data Out
3	DIN / CONFIG	Input	UART Data In
4	DIO12	Ether	Digital I/O 12
5	RESET	Input	Module Reset (reset pulse must be at least 200 ns)
6	PWM0 / RSSI / DIO10	Ether	PWM Output 0 / RX Signal Strength Indicator / Digital I/O
7	PWM / DIO11	Ether	Digital I/O 11
8	[reserved]	-	Do not connect
9	DTR / SLEEP_RQ / DIO8	Ether	Pin Sleep Control Line or Digital I/O 8
10	GND	-	Ground
11	DIO4	Ether	Digital I/O 4
12	CTS / DIO7	Ether	Clear-to-Send Flow Control or Digital I/O 7
13	ON / SLEEP / DIO9	Output	Module Status Indicator or Digital I/O 9
14	[reserved]	-	Do not connect
15	Associate / DIO5	Ether	Associated Indicator, Digital I/O 5
16	RTS / DIO6	Ether	Request-to-Send Flow Control, Digital I/O 6
17	AD3 / DIO3	Ether	Analog Input 3 or Digital I/O 3
18	AD2 / DIO2	Ether	Analog Input 2 or Digital I/O 2
19	AD1 / DIO1	Ether	Analog Input 1 or Digital I/O 1
20	AD0 / DIO0 / Commissioning Button	Ether	Analog Input 0, Digital I/O 0, or Commissioning Button

รูปดาต้าชีตแสดงขา Xbee



รูปแสดงวิธีการรีเซ็ต



ประวัติผู้เขียน

ชื่อสกุล

นายอนรรักษ์ เชยชุ่ม

ประวัติการศึกษา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรม
คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ปีที่สำเร็จการศึกษา 2549

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

1. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (เขต 1 ภาคกลาง)

46 หมู่ 6 ถนนสายเอเชีย ต.หันตรา อ.พระนครศรีอยุธยา
จ.พระนครศรีอยุธยา 13000

ตำแหน่ง : วิศวกร ระดับ 4

2. บริษัท มายด์คอมพิวเตอร์ โซลูชั่น จำกัด

54/64 อาคารบ้านช้างเผือก ชั้น 1 ถนนงามวงศ์วาน แขวง
วงศ์ทองสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ

ตำแหน่ง : ที่ปรึกษาบริษัท

ประสบการณ์ ผลงานทางวิชาการ รางวัลหรือทุนการศึกษา

1. รางวัลรองชนะเลิศประเทศไทย จากการแข่งขัน
หุ่นยนต์ TPA ในระดับอุดมศึกษา ปี 2548
ที่ เดอะมอลล์ บางกะปิ
จัดโดย (สสท.) สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-
ญี่ปุ่น)
2. รางวัลรองชนะเลิศประเทศไทย จากการแข่งขัน
ABU Robot Contest 2005 ที่ เมืองทองธานี
จัดโดย บริษัท อสมท. จำกัด(มหาชน)
3. รางวัลนวัตกรรมยอดเยี่ยม ประเภทซอฟต์แวร์
จากงาน นวัตกรรมประจำปี ปี 2552 และ 2553
จัดโดย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (เขต 1 ภาคกลาง)
4. รางวัล Young Brand Smart Employee ปี 2553
จัดโดย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (สำนักงานใหญ่)

