

การพัฒนาระบบหุ่นยนต์โดยใช้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ซีอี

Development of a Windows CE-based Robot System

สยาม เจริญเสียง สุดารัตน์ ก้วพานิช และ เกียรติศักดิ์ ไชยแสน

ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาหุ่นยนต์ภาคสนาม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

91 ถ.ประชาธิปไตย แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

โทร 0-2470-9339 โทรสาร 0-2470-9691 E-Mail: cebot@fibo.kmutt.ac.th

Siam CHAROENSEANG, Sudarat KUAPANIT and Keattisak CHAISEAN

Center of Operation for Field roBOTics Development (FIBO)

King Mongkut's University of Technology Thonburi

91 Pracha-u-tit Rd. Bangmod Tungkru 10140 Thailand

Tel: 0-2470-9339 Fax: 0-2470-9691 E-Mail: cebot@fibo.kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างระบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้โดยใช้คอมพิวเตอร์แบบพกพา (Palm-size PC) ที่มีระบบปฏิบัติการวินโดวส์ซีอี เป็นหัวใจสำคัญในการประมวลผลและควบคุม ระบบนี้สามารถแบ่งการทำงานได้เป็น 3 โหมด โหมดแรกเป็นโหมดการสั่งงานให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามที่ผู้ใช้กำหนดไว้ล่วงหน้าผ่านทางหน้าจอ ส่วนโหมดที่ใช้เซ็นเซอร์แสงนั้นได้รับการพัฒนาเพื่อทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ตามเส้นทางที่จัดทำไว้ และโหมดสุดท้ายใช้เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกเพื่อช่วยให้หุ่นยนต์สามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้

Abstract

This research presents the design and development of a mobile robot system using a Palm-size PC under the Windows CE. This system consists of three operational modes. The first mode allows the user to customize robot commands via the touch screen. In the line-tracking mode, the robot can follow the predefined line by using information from the light sensors. Finally, the third mode utilizes data from the ultrasonic sensors to assist the robot in obstacle avoidance.

1. บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันความต้องการใช้คอมพิวเตอร์แบบพกพากำลังได้รับความนิยมมากขึ้น แต่ผู้ใช้ส่วนใหญ่ยังมองประโยชน์ของคอมพิวเตอร์แบบพกพาไปในทางที่ใช้เป็นอุปกรณ์ช่วยบันทึก (Organizer) หรือใช้เพื่อความบันเทิงเป็นส่วนใหญ่ ทั้งๆที่ขีดความสามารถของคอมพิวเตอร์แบบพกพานั้นยังสามารถนำไปประยุกต์งาน

ด้านอื่นๆอีก รวมทั้งใช้เป็นคอมพิวเตอร์สำหรับตัวควบคุม (Controller) ได้ ซึ่งสามารถขจัดข้อด้อยของคอมพิวเตอร์สำหรับตัวควบคุมที่ใช้กันในปัจจุบันซึ่งได้แก่ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) ซึ่งมีขนาดใหญ่ทำให้ชุดตัวควบคุมมีขนาดใหญ่ตามไปด้วย ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) นั้นมีขีดจำกัดในส่วนของการติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) ที่ไม่สะดวกนักและโดยทั่วไปไม่สามารถทำงานร่วมกันโดยใช้ระบบเครือข่ายระดับสูงได้

งานวิจัยนี้จึงได้นำคอมพิวเตอร์แบบพกพาที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ทั่วไปมาพัฒนาระบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ ซึ่งนอกจากระดับความเร็วของการประมวลผลที่สูงกว่า และมีขนาดของหน่วยความจำที่สามารถบรรจุโปรแกรมการทำงานสำหรับประมวลผลที่มีขนาดใหญ่กว่าแล้ว การพัฒนาโปรแกรมการควบคุมหุ่นยนต์ในส่วนของการเชื่อมต่อกับผู้ใช้ของคอมพิวเตอร์แบบพกพายังทำได้สะดวกกว่าการพัฒนาโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

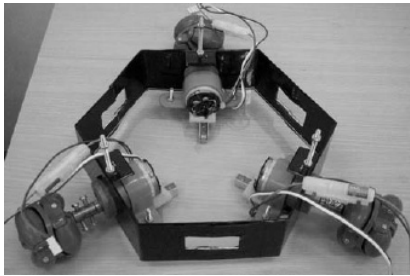
2. ส่วนฮาร์ดแวร์

ระบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ที่แบ่งออกเป็นสองส่วนหลักคือส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ส่วนของฮาร์ดแวร์จะประกอบด้วยตัวหุ่นยนต์และวงจรเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆเช่นมอเตอร์และเซ็นเซอร์ และส่วนซอฟต์แวร์จะเป็นการพัฒนาโปรแกรมเพื่อประมวลผลข้อมูลที่ได้จากผู้ใช้และเซ็นเซอร์ต่างๆเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

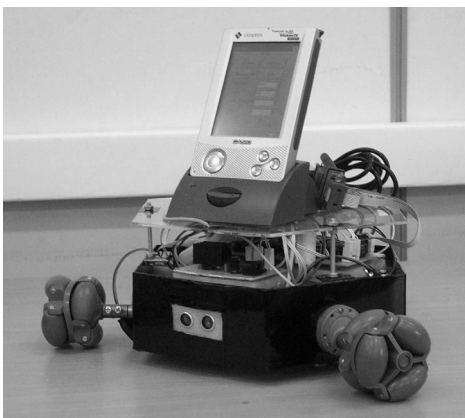
2.1 ตัวหุ่นยนต์

ตัวหุ่นยนต์จะมีลักษณะเป็น 6 เหลี่ยมและประกอบด้วย 3 ล้อซึ่งเป็นล้อประเภทออมินิไดเร็กชันนอล (Omni directional wheel) [1] ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร และใช้แผ่นอลูมิเนียมสำหรับทำตัว

โครงสร้างหุ่นยนต์จึงทำให้หุ่นยนต์มีน้ำหนักไม่มาก โดยโครงสร้างของหุ่นยนต์และชุดหุ่นยนต์สมบูรณ์แบบแสดงดังรูปที่ 1 และ 2 ตามลำดับ



รูปที่ 1 โครงสร้างหุ่นยนต์และตำแหน่งของล้อ

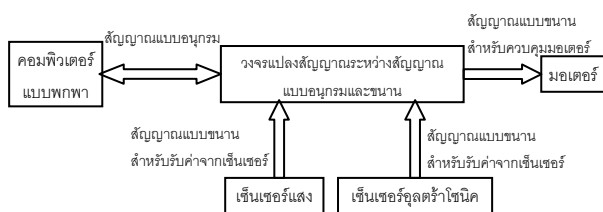


รูปที่ 2 หุ่นยนต์สมบูรณ์แบบ

2.2. ส่วนวงจรแปลงสัญญาณระหว่างสัญญาณแบบอนุกรมกับ

สัญญาณแบบขนาน

ส่วนนี้ทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่มาจากคอมพิวเตอร์แบบพกพาในรูปแบบสัญญาณอนุกรมให้เป็นสัญญาณแบบขนานเพื่อที่จะใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เซ็นเซอร์แสง เซ็นเซอร์อุลตราโซนิก และ ส่วนขับเคลื่อนมอเตอร์ ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3

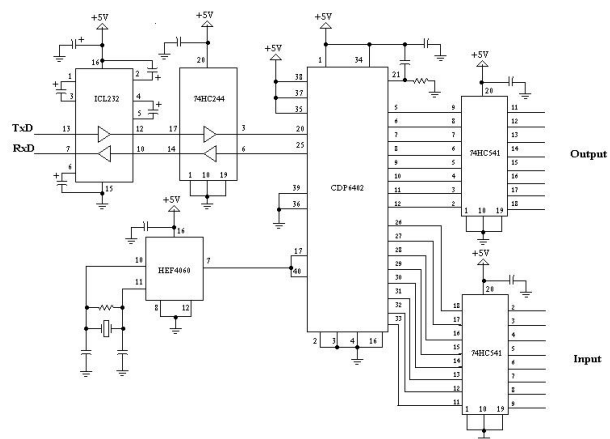


รูปที่ 3 ภาพรวมการเชื่อมต่อของระบบ

วงจรมีลักษณะตามมาตรฐานของ RS-232 โดยเป็นการรับส่งข้อมูลแบบ null modem ซึ่งเป็นารรับส่งข้อมูลแบบไม่มีการตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ก่อนที่จะรับส่งข้อมูลกัน (Handshaking) พอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์แบบพกพานั้นจะมีขาสลักกันกับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล โดยขาที่สลักกันจะสลักกันเป็นคู่คือ RxD กับ

TxD CTR กับ RTS และ DTR กับ DSR [2] ของคอนเนกเตอร์แบบ DB-9 โดยสัญญาณจากคอมพิวเตอร์แบบพกพาจะมีระดับแรงดัน 3V ถึง 12V จึงจำเป็นต้องต่อผ่านไอซี ICL232 ซึ่งเป็นไอซีเพื่อแปลงระดับแรงดันสำหรับเชื่อมต่อกับวงจรหลักอื่นๆซึ่งใช้ระดับแรงดันแบบที่ที่แอลขนาด 5 V นอกจากนี้สัญญาณที่ผ่านไอซี ICL232 มาจะถูกส่งไปยังไอซีอีกตัวหนึ่งคือ 74HC244 ซึ่งเป็นไอซีบัฟเฟอร์ โดยไอซีตัวนี้จะทำหน้าที่ขยายกระแสให้กับขาสัญญาณและยังช่วยป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับคอมพิวเตอร์แบบพกพาด้วย [3]

ส่วนที่สำคัญที่สุดของวงจรมีไอซีเบอร์ CDP6402 ซึ่งเป็นไอซีประเภท UART ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส [4] โดยใช้ขา TxD และ RxD ในการเชื่อมต่อ โดยขา TxD ใช้เพื่อส่งข้อมูลไปยัง CDP6402 ผ่านทางขา TRO เมื่อ CDP6402 ได้รับสัญญาณจากขา TxD แล้วจะทำการแปลงข้อมูลให้กลายเป็นแบบขนานแล้วส่งออกไปยังขา RBR0-RBR7 โดยที่ขาเอาต์พุตเหล่านี้จะต่อกับไอซีบัฟเฟอร์ 74HC541 ไว้เพื่อขยายกระแสและป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับไอซี CDP6402 [3] ซึ่งเอาต์พุตที่ได้จะนำไปทำการขับเคลื่อนมอเตอร์ เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนหุ่นยนต์



รูปที่ 4 วงจรแปลงสัญญาณแบบอนุกรมกับสัญญาณแบบขนาน

สำหรับขา RxD นั้นใช้เพื่อรับข้อมูลไปยัง CDP6402 ผ่านทางขา RRI โดยทำการแปลงข้อมูลที่ขา TBR0-TBR7 ให้กลายเป็นแบบอนุกรมแล้วส่งออกไปยังขา RxD เพื่อติดต่อกับคอมพิวเตอร์แบบพกพา โดยที่ขาอินพุตก่อนที่จะส่งมาให้กับขา TBR0-TBR7 จะต่อกับไอซีบัฟเฟอร์ 74HC541 [3] ก่อน

เนื่องจากการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส ทั้งภาครับและส่งนั้นต้องมีสัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่เท่ากัน แต่ไอซี CDP6402 ไม่มีแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาในตัวเอง จึงต้องใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอกจึงใช้ไอซีเบอร์ 4060 ร่วมกับคริสตัลค่า 2.4576 MHz ทำการสร้างสัญญาณนาฬิกาเพื่อกำหนดอัตราในการรับส่งข้อมูลหรือบอดเรตซึ่งกำหนดให้ใช้ที่ 9600 บิตต่อวินาที

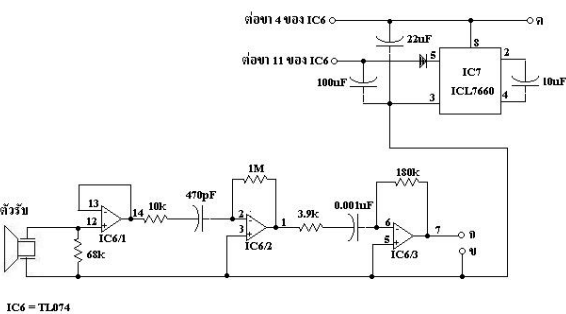
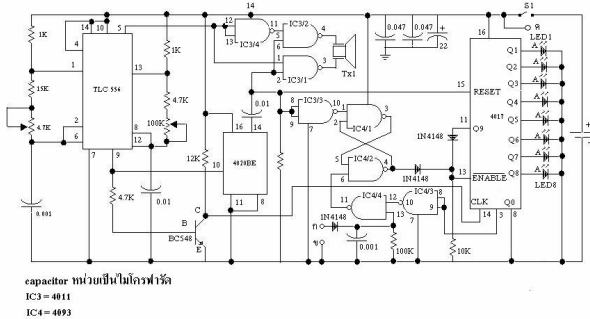
2.3 ส่วนวงจรเซ็นเซอร์แสง

เซ็นเซอร์แสงอินฟราเรดประกอบไปด้วยตัวส่งแสงและตัวรับแสง โดยใช้หลักการส่งแสงออกไป แล้วทำการตรวจสอบว่าแสงสะท้อนที่ได้รับมีความเข้มเท่าไร แล้วแปลงออกมาเป็นค่าทางตรรกศาสตร์ โดยหากแสงที่สะท้อนกลับมามีความเข้มมาก ซึ่งหมายถึงว่าพื้นนั้นสามารถสะท้อนแสงได้ดีซึ่งส่วนใหญ่มักเป็นสีขาวก็จะได้จากเซ็นเซอร์เป็นลอจิกหนึ่งและหากแสงที่สะท้อนกลับมามีความเข้มต่ำหรือกล่าวหาว่าพื้นนั้นสามารถดูดซับแสงได้ดีก็จะได้จากเซ็นเซอร์เป็นลอจิกศูนย์

เมื่อได้ค่าทางตรรกศาสตร์ที่เป็น 0 หรือ 1 จากเซ็นเซอร์มาแล้วก็จะนำค่าที่ได้ต่อเข้ากับส่วนรับค่า ในระบบนี้ใช้เซ็นเซอร์แสง 3 ตัวต่อเข้ากับส่วนรับค่าในบิตที่ 0 1 และ 2 เพื่อป้อนค่าเข้าให้กับไอซี CDP 6402 เพื่อแปลงค่าให้อยู่ในรูปสัญญาณอนุกรมแล้วส่งให้กับคอมพิวเตอร์แบบพกพาทางพอร์ตอนุกรมเพื่อทำการประมวลผลต่อไป

2.4 ส่วนวงจรเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก

หลักการของการทำงานของวงจรถวลตราโซนิกซึ่งแสดงดังรูปที่ 5 คือ มีการส่งคลื่นเสียงออกไปด้วยความถี่ประมาณ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ จากตัวส่ง หรือ Tx โดยคลื่นอัลตราโซนิกนี้จะถูกสร้างจากตัวกำเนิดความถี่หรือไอซีเบอร์ 556 จากนั้นคลื่นอัลตราโซนิกจะเดินทางไปในอากาศด้วยความเร็วเสียงประมาณ 330 เมตรต่อวินาที จากนั้นเมื่อคลื่นอัลตราโซนิกกระทบกับวัตถุและสะท้อนกลับมา คลื่นอัลตราโซนิกจะถูกตรวจจับที่อุปกรณ์ตัวรับ หรือ Rx [5] สัญญาณที่ได้จะถูกประมวลผลและป้อนให้กับไอซี CDP 6402 เหมือนเช่นที่กล่าวแล้วข้างต้น



รูปที่ 5 วงจรเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก

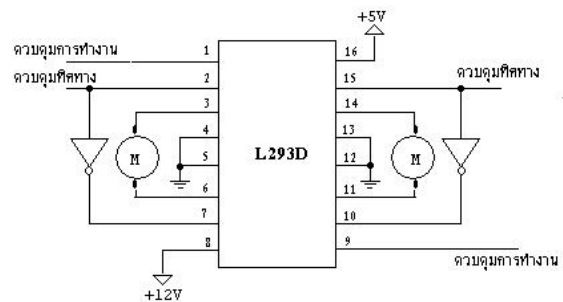
2.4 ส่วนวงจรขับมอเตอร์

ส่วนวงจรขับมอเตอร์แสดงดังรูปที่ 6 โดยส่วนที่จำเป็นมากสำหรับวงจรถวลตราโซนิกคือไอซีเบอร์ L293D ซึ่งเป็นไอซีสำหรับขับมอเตอร์ [3] โดย

ไอซีหนึ่งตัวสามารถขับมอเตอร์ถึง 2 ตัว เพราะฉะนั้นระบบนี้จึงต้องใช้ไอซีเบอร์นี้ 2 ตัวเพื่อใช้สำหรับควบคุมมอเตอร์ 3 ตัว

สิ่งที่ต้องป้อนให้กับไอซีตัวนี้มีสองส่วนคือส่วนควบคุมการเปิด-ปิดมอเตอร์ และส่วนควบคุมทิศทางของมอเตอร์ ซึ่งอาจเป็นการหมุนทวนเข็มนาฬิกาหรือตามเข็มนาฬิกา โดยส่วนควบคุมการเปิด-ปิดมอเตอร์จะอยู่ที่ขา 1 สำหรับมอเตอร์ตัวที่หนึ่ง และขา 9 สำหรับมอเตอร์ตัวที่สอง และส่วนควบคุมทิศทางจะอยู่ที่ขา 2 และ 7 สำหรับมอเตอร์ตัวที่หนึ่ง และขา 10 และ 15 สำหรับมอเตอร์ตัวที่สอง

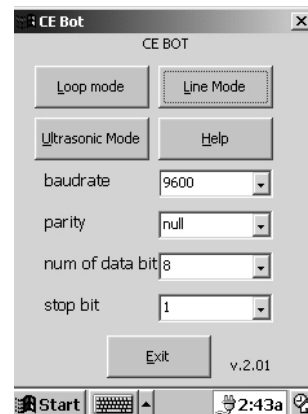
สิ่งที่แตกต่างระหว่างไอซี L293D กับไอซีอื่นๆในวงจรคือนอกจากจะมีการต่อแรงดันขนาด 5V เพื่อเลี้ยงไอซีให้ทำงานแล้ว ยังต้องมีการต่อแรงดัน 12V เข้าที่ขา 8 ของวงจรถวลตราโซนิกด้วย โดยแรงดัน 12V นี้จะเป็นแรงดันเพื่อใช้ขับให้มอเตอร์ทำงาน



รูปที่ 6 วงจรส่วนขับมอเตอร์

3. ส่วนซอฟต์แวร์

การพัฒนาการทำงานของระบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ซีอี สามารถแบ่งออกเป็นสามโหมดได้แก่ โหมดที่ให้หุ่นยนต์ทำตามคำสั่งที่ผู้ควบคุมกำหนดไว้ก่อนล่วงหน้า โหมดที่ใช้เซ็นเซอร์แสงช่วยทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นทางที่กำหนดไว้ (Line Tracking) และโหมดที่ใช้เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกเพื่อช่วยให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่หลบหลีกสิ่งกีดขวางได้ โดยผู้ใช้สามารถเลือกโหมดการทำงานได้จากตัวเลือกที่หน้าจอแรกดังแสดงในรูปที่ 7

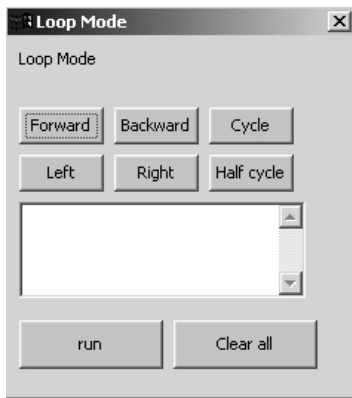


รูปที่ 7 หน้าจอสำหรับเลือกการทำงานและตั้งค่า

นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าอัตราบอด (Baud Rate) พาริตี (Parity) จำนวนบิตข้อมูล (Data Bit) และจำนวนบิตหยุด (Stop Bit) ทำให้สามารถนำระบบนี้ไปประยุกต์ใช้งานกับวงจรอื่นๆได้อย่างสะดวก [6] สำหรับระบบนี้กำหนดให้ใช้ อัตราบอดเท่ากับ 9600 พาริตีเท่ากับ null จำนวนบิตข้อมูลเท่ากับ 8 และจำนวนบิตหยุดเท่ากับ 1 ซึ่งกำหนดเป็นค่าเริ่มต้นอยู่แล้ว เมื่อกำหนดค่าต่างๆเรียบร้อยแล้วจึงเลือกโหมดการทำงานที่ต้องการต่อไป

3.1 โหมดที่หุ่นยนต์ทำตามคำสั่งที่กำหนดไว้ก่อนล่วงหน้า

โหมดนี้จะใช้คำสั่งที่ต่าง ๆ จากฟอร์มก่อนหน้าที่ใช้ได้ทำการเลือกเอาไว้ แล้วทำการการเปิดพอร์ตการสื่อสารเพื่อที่จะติดต่อกับฮาร์ดแวร์ [6] โดยโหมดนี้อนุญาตให้ผู้ใช้สามารถเลือกชุดคำสั่งของหุ่นยนต์ได้ล่วงหน้า โดยคำสั่งที่สามารถเลือกได้คือ เดินตรงไปข้างหน้า (Forward) เดินตรงถอยหลัง (Backward) เลี้ยวซ้าย (Turn Left) เลี้ยวขวา (Turn Right) หมุนเป็นวงกลมอยู่กับที่ (Cycle) และหมุนครึ่งวงกลมอยู่กับที่ (Half Cycle) โดยชุดคำสั่งจะใช้ตัวอักษรย่อแทนและจะปรากฏในช่องคำสั่งทุกครั้งที่ถูกเลือกเช่น FR หมายถึงให้หุ่นยนต์วิ่งตรงไปข้างหน้าแล้วเลี้ยวขวาเป็นต้น



รูปที่ 8 หน้าจอการทำงานโหมดที่ให้หุ่นยนต์ทำตามคำสั่งที่กำหนดไว้

เมื่อทำงานคำสั่งใดไปแล้วตัวอักษรนั้นก็หายไปและจะเลื่อนมาทำงานคำสั่งถัดไปต่อ เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนกระทั่งไม่มีตัวอักษรใดเหลืออยู่แล้วจึงจบการทำงาน หน้าจอการทำงานของโหมดนี้แสดงดังรูปที่ 8

3.2 โหมดที่ใช้เซ็นเซอร์แสง

การทำงานของโหมดนี้จะเป็นการรับค่าอินพุตเข้ามาจากเซ็นเซอร์แสงซึ่งติดอยู่บริเวณด้านใต้ของตัวหุ่นยนต์จำนวน 3 ตัวเพื่อทำการตรวจสอบว่าพื้นมีสีดำหรือขาว โดยกำหนดให้ค่าที่รับเข้ามาเป็นอินพุต 3 บิตแรกคือบิต 0 1 และ 2 ของข้อมูลฝั่งรับ โดยค่าที่รับเข้ามาจะมีค่าเป็น 0 ก็ต่อเมื่อเจอพื้นสีดำ และเป็น 1 เมื่อเจอพื้นสีขาว โดยที่เลือกใช้พื้นเป็นสีดำ และเส้นทางเป็นสีขาว ทั้งนี้หากต้องการตรวจสอบกลับกันก็สามารถทำได้โดยเพียงแต่เปลี่ยนแปลงโปรแกรมในส่วนของกาารรับค่าเท่านั้น หน้าจอการทำงานของโหมดนี้แสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 หน้าจอการทำงานของโหมดที่ใช้เซ็นเซอร์แสง

การทำงานของโหมดนี้จะสนใจค่าที่รับเข้ามา 3 บิตแรกเท่านั้น จากนั้นก็จะหากรณีต่างๆที่สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งหมด เช่น เจอเส้นตรง เจอแยกซ้าย เจอแยกขวา ไม่เจอเส้นใดๆเลย หรือเจอแยกเป็นรูปตัวที่เป็นต้น จากนั้นโปรแกรมก็จะควบคุมหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่สอดคล้องกับเหตุการณ์นั้น

3.3 โหมดที่ใช้เซ็นเซอร์อัลตราโซนิก

โหมดนี้ทำงานในลักษณะที่คล้ายกับการทำงานในโหมดเคลื่อนที่ตามเส้นทางที่กำหนดไว้ เพราะมีการรับค่าอินพุตเข้ามาและเข้ารหัสในลักษณะเดียวกัน โดยโหมดนี้จะทำงานในลักษณะที่ช่วยทำให้หุ่นยนต์สามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้ กระบวนการประมวลผลว่าหุ่นยนต์จะต้องทำการหลบหลีกอย่างไรจะขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก หน้าจอการทำงานโหมดนี้แสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 หน้าจอการทำงานโหมดที่ใช้เซ็นเซอร์อัลตราโซนิก

เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกจะมีทั้งหมด 3 ตัวโดยจะต่อเข้ากับบิตรับค่าบิตที่ 3 4 และ 5 ค่าที่รับเข้ามาจะสามารถเป็นได้ 3 กรณี คือ เจอสิ่งกีดขวางด้านหน้า (xx100xxx) เจอสิ่งกีดขวางด้านหลังซ้าย (xx010xxx) และ เจอสิ่งกีดขวางด้านหลังขวา (xx001xxx)

4. ผลการทำงาน

หลังจากออกแบบ สร้างวงจรเชื่อมต่อต่าง ๆ ตลอดจนพัฒนาโปรแกรมการทำงานของระบบหุ่นยนต์ ก็ได้ทำการทดสอบทั้งส่วนฮาร์ดแวร์และส่วนที่เป็นซอฟต์แวร์

4.1 ผลการทำงานส่วนฮาร์ดแวร์

ในส่วนวงจรที่เป็นวงจรหลักในการแปลงสัญญาณจากสัญญาณอนุกรมเป็นสัญญาณแบบขนาน และแปลงจากสัญญาณขนานกลับเป็นสัญญาณอนุกรมนั้นปรากฏว่าทำงานได้ดีมาก สามารถทำให้การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์แบบพกพา กับส่วนรับค่าอินพุต และส่วนที่เป็นเอาต์พุต ทำงานได้เป็นอย่างดี มีทดลองการรับค่าโดยการป้อนโวลต์เข้าที่ขาอินพุตโดยตรงปรากฏว่าค่าที่คอมพิวเตอร์แบบพกพาได้รับเข้ามามีค่าถูกต้อง และมีความความหน่วง (Delay) ไม่เกิน 2 วินาที ในส่วนของการส่งค่าเอาต์พุตออกจากคอมพิวเตอร์แบบพกพา โดยการต่อ LEDs เข้าที่ขาเอาต์พุตทั้ง 8 บิต ปรากฏว่าสามารถส่งค่าออกมาได้อย่างถูกต้องโดยไม่มี ความหน่วง

ในส่วนที่นำวงจรหลักทดลองต่อกับมอเตอร์และสั่งงานผ่านโปรแกรมหรือสั่งงานโดยจ่ายไฟโดยตรงปรากฏว่าสามารถทำงานได้ตรงกับที่สั่งงานและไม่มีค่าความหน่วงเกิดขึ้น

สำหรับส่วนที่นำวงจรหลักเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์แสงปรากฏว่าการรับค่าเข้ามาที่วงจรเกิดขึ้นได้ทันทีที่มีการรับค่า โดยแสดงผลการรับค่าของวงจรหลักโดยการต่อ LEDs ไว้ที่ส่วนรับค่าอินพุตของวงจร ซึ่งปรากฏว่า LEDs ดังกล่าวติดทันทีเมื่อหันเซ็นเซอร์แสงลงเหนือพื้นสีขาว และดับทันทีเมื่อหันเซ็นเซอร์แสงลงเหนือพื้นสีดำ และค่าที่รับเข้ามาได้มีความเสถียรสภาพสูง ทำให้ไม่มีการกระพริบของ LEDs เกิดขึ้นระหว่างการทดสอบ

ส่วนวงจรเซ็นเซอร์อัลตราโซนิกซึ่งออกแบบและสร้างขึ้นมานั้น ปรากฏว่าในการรับค่าของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิกเองมีความหน่วงเล็กน้อย ผลมาจากการทำงานของเซ็นเซอร์ของชนิดนี้เอง และเมื่อนำวงจรเซ็นเซอร์อัลตราโซนิกที่ได้มาต่อร่วมเข้ากับวงจรหลักโดยต่อส่วนที่แสดงผลของวงจรเซ็นเซอร์อัลตราโซนิกเข้ากับส่วนที่รับค่าอินพุตของวงจรหลักและต่อ LEDs ไว้ที่ส่วนรับค่าของวงจรหลักนั้นเพื่อตรวจสอบค่าที่เข้ามา ปรากฏว่าค่าที่แสดงในส่วนที่แสดงผลของวงจรเซ็นเซอร์อัลตราโซนิกกับ LEDs ที่ต่อวงจรหลักสามารถแสดงผลได้พร้อมกัน

4.2 ผลการทำงานส่วนซอฟต์แวร์

เมื่อตรวจสอบการทำงานของส่วนฮาร์ดแวร์เรียบร้อยแล้ว ก็ทำการต่อวงจรหลักเข้ากับเซ็นเซอร์ทั้ง 6 ตัวคือ เซ็นเซอร์แสง 3 ตัว และเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก 3 ตัว รวมทั้งต่อกับมอเตอร์ทั้ง 3 ตัว จากนั้นจึงต่อวงจรหลักเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบพกพาเพื่อทำการทดสอบการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

การทดสอบใช้โปรแกรมส่วนที่เป็นคำสั่งงานชุดคำสั่งล่วงหน้า ปรากฏว่าหุ่นยนต์สามารถทำงานตามที่สั่งการได้โดยสามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และหมุนเป็นวงกลมได้ตรงตามคำสั่งการทุกอย่าง

ต่อมาจึงทำการตรวจสอบในส่วนของการรับค่า โดยทดสอบโปรแกรมทั้งหมัดของการใช้เซ็นเซอร์แสงและเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก ผลที่ได้ปรากฏว่าการรับค่ามีความหน่วงของเวลาเกิดขึ้นพอสมควร กล่าวคือเมื่อเซ็นเซอร์รับค่ามา LEDs ที่บนวงจรหลักจะแสดงผลทันทีที่สามารถรับค่าได้แล้ว แต่กว่าค่าที่รับเข้ามาจะเข้ามาถึงคอมพิวเตอร์แบบพกพานั้นใช้เวลาสักครู่หนึ่งประมาณ 4-6 วินาที และในช่วงแรกที่มีการอ่านค่าจะมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเป็นระยะเวลาชั่วคราวประมาณ 1-2 วินาทีแรก หลังจากนั้นค่าที่อ่านได้จะมีความเสถียรมาก และจะเป็นเช่นนี้อีกเมื่อค่าที่รับเข้ามาเปลี่ยนไป

5. สรุป

งานวิจัยนี้มีจุดเด่นคือการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์แบบพกพาที่มีระบบปฏิบัติการวินโดวส์ซีอี ซึ่งมีประสิทธิภาพที่เหนือกว่าการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งในส่วนของความเร็วในการประมวลผลที่สูง ขนาดความจุของหน่วยความจำที่มากกว่า ความสะดวกและง่ายของส่วนการติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) ตลอดจนความสามารถที่ดีกว่าของเรื่องการขยายงานในอนาคตทั้งในเรื่องการเชื่อมต่อกับระบบเน็ตเวิร์ค และระบบการติดต่อแบบไร้สาย เป็นต้น

นอกจากนี้ประสิทธิภาพของการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่นี้ สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นโดยการเปลี่ยนคอมพิวเตอร์แบบพกพาให้เป็นรุ่นพ็อกเก็ตพีซี (Pocket PC) ซึ่งมีซีพียูและการประมวลผลที่เร็วยิ่งขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้การควบคุมและติดต่อกับวงจรการทำงานต่างๆ ได้ดียิ่งขึ้นด้วย และนอกจากนี้การออกแบบวงจรและโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์นั้นยังเป็นแบบมาตรฐานสากล ส่งผลให้สะดวกและง่ายต่อการพัฒนางานวิจัยได้อย่างต่อเนื่อง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ทศย์ ตันไถง ผศ.สุรพันธ์ ตุ่มนาค และอาจารย์จุมพล พลวิชัยที่ช่วยให้คำแนะนำ และแนวทางแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการสร้างระบบหุ่นยนต์แบบเคลื่อนที่ได้นี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] <http://www-2.cs.cmu.edu/~pprkr/>
- [2] Mark Nelson, SERIAL COMMUNICATIONS DEVELOPER'S GUIDE, 2nd edition, IDG Books Worldwide Inc., USA, 2000.
- [3] ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, กฤษฎา ใจเย็น, เรียบเรียงการเชื่อมต่อพีซีกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม พิมพ์ครั้งที่ 1, บริษัท อินโนเวชั่น เอ็กเซอร์ซิซึนส์, กรุงเทพฯ.
- [4] <http://www.panmanee.com/>
- [5] <http://www.thaiio.com/>
- [6] Steve Makofsky, Jason Nottingham, Andrew Tucker, Windows CE Programming in 24 Hours, 1st edition, SAMS, USA, 1999.