บทที่ 4
ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์เพื่อบอกตำแหน่งที่ได้เดินทางไปถึงเป้าหมาย โดยการนำเอาระบบอาร์เอฟไอดีมาประยุกต์ใช้งานสำหรับเป็นสัญญาณอินพุตให้กับอาดุยโน่ในการประมวลผลค่าข้อมูลที่อ่านได้ จากนั้นส่งค่าเอาต์พุตไปแสดงผลที่แอลซีดีและหน้าจอโน้ตบุ๊กคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมเชื่อมต่อหุ่นยนต์ผ่านบลูทูธต่อไป ในการทดลองเริ่มจากการทดสอบวัดระยะทางความแม่นยำของอัลตร้าโซนิกเซนเซอร์ การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการอ่านแท็กอาร์เอฟไอดีของหุ่นยนต์ในขณะกำลังเคลื่อนที่ ด้วยการออกแบบระยะการติดตั้งแท็กที่เหมาะสมและพัฒนาโปรแกรมควบคุมความเร็วการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ให้สัมพันธ์กัน เมื่อวิเคราะห์เสร็จจึงนำหุ่นยนต์มาทดสอบกับสนามทดสอบจำลองที่สร้างขึ้นว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยมีวิธีการดำเนินการทดลองตามลำดับดังนี้

4.1 การทดสอบวัดระยะทางความแม่นยำของอัลตร้าโซนิกเซนเซอร์

ในการทดสอบวัดระยะทางความแม่นยำของอัลตร้าโซนิกเซนเซอร์ ผู้วิจัยได้ทดสอบโดยใช้การวัดระยะทางจริงเปรียบเทียบกับระยะทางที่อ่านได้จากอัลตร้าโซนิกเซนเซอร์ โดยกำหนดระยะห่างของสิ่งกีดขวางกับตัวเซนเซอร์เป็น 3 ระยะคือ 5 เซนติเมตร 10 เซนติเมตรและ15 เซนติเมตร ตามลำดับ ได้ทดสอบจำนวน 5 ครั้งเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นว่าการทดสอบนี้สามารถตรวจจับระยะห่างของสิ่งกีดขวางที่เป็นโฟมกับค่าที่วัดได้จริงมีความถูกต้องมากที่สุด

ตารางที่ 4-1 แสดงผลการทดสอบในการตรวจจับระยะห่างระหว่างโฟมกับเซนเซอร์

ระยะตรวจจับ	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5		Ae
	ระยะจริง	Err.	ระยะจริง	Err.	ระยะจริง	Err.	ระยะจริง	Err.	ระยะจริง	Err.	
5 cm	5.00	0.00	5.00	0.00	5.00	0.00	5.00	0.00	5.00	0.00	0.00
10 cm	10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00	10.10	0.10	0.02
15 cm	15.00	0.00	15.10	0.10	15.00	0.00	15.00	0.00	15.00	0.10	0.04

หมายเหตุ :

Err. คือ ค่าความคลาดเคลื่อน (Error)

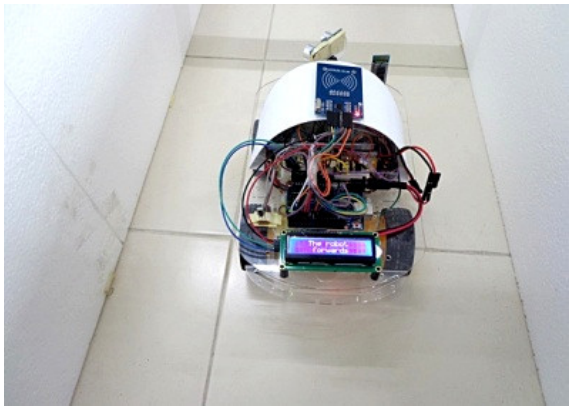
Ae คือ ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (Average error)

จากตารางที่ 4-1 การคำนวณระยะห่างของเซนเซอร์กับโฟมเมื่อนำมาเทียบกับค่าที่วัดได้จริง แล้วพบว่าทุกระยะการตรวจจับของเซนเซอร์สามารถตรวจจับระยะห่างได้ และสังเกตว่าค่าความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์ระยะตรวจจับจะมีค่าความคลาดเคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้นตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบระยะที่ตรวจจับกับค่าจริงแล้วพบว่าระยะการตรวจจับเซนเซอร์ที่อ่านได้มีค่าใกล้เคียงกับระยะที่วัดได้จริง

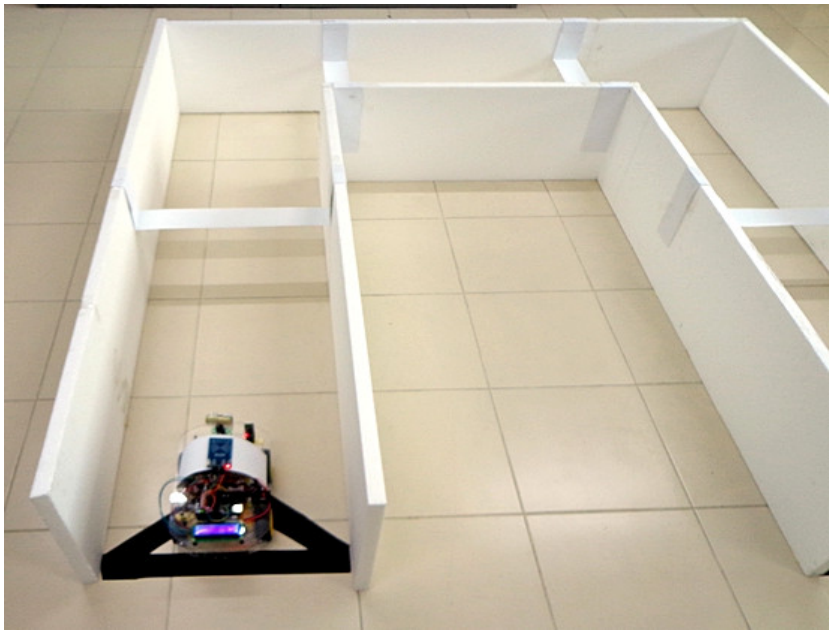
การเลือกระยะตรวจจับของเซนเซอร์ ผู้วิจัยได้กำหนดที่ 10 เซนติเมตรเพราะเป็นระยะที่เหมาะสมกับขนาดช่องทางเดินของสนามทดสอบ ถ้าเลือกใกล้กว่านี้หุ่นยนต์จะเข้าใกล้สิ่งกีดขวางมากเกินไปหรืออาจชนได้ และถ้าเลือกระยะไกลเกินไปจะทำให้หุ่นยนต์มองว่ามีสิ่งกีดขวางอยู่ข้างหน้าส่งผลให้หุ่นยนต์มีการหักเลี้ยวหลบตลอดเวลา ทำให้การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไม่ราบเรียบได้

4.2 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการอ่านแท็กอาร์เอฟไอดีของหุ่นยนต์ในขณะกำลังเคลื่อนที่

การทดลองวิจัยในส่วนนี้เป็นการทดสอบหาประสิทธิภาพการอ่านแท็กอาร์เอฟไอดีของหุ่นยนต์ในขณะที่หุ่นยนต์กำลังเคลื่อนที่ เพื่อระบุค่าตำแหน่งเป้าหมายที่ได้ทำการติดตั้งแท็กไว้จำนวน 4 จุดตามทางเดินของหุ่นยนต์ในพื้นที่ที่ได้กำหนดไว้ ดังภาพที่ 3-1 และในภาพที่ 4-1



(ก) หุ่นยนต์กำลังเคลื่อนที่ไปข้างหน้า



(ก) หุ่นยนต์กำลังออกจากจุดเริ่มต้น

ภาพที่ 4-1 หุ่นยนต์อ่านค่าข้อมูลจากแท็กอาร์เอฟไอดี

ซึ่งการติดตั้งระบบอาร์เอฟไอดีก็มีความสำคัญไม่แพ้กันกับการสร้างหุ่นยนต์ เนื่องจากว่าตำแหน่งที่ติดตั้งมีระยะห่างมากเกินไปหรือใกล้เกินไปในการอ่านแท็ก ขณะที่หุ่นยนต์กำลังเคลื่อนที่ก็จะมีผลต่อความสามารถในการอ่านค่าข้อมูลของอาร์เอฟไอดีได้ ในการทดสอบเริ่มจากปล่อยหุ่นยนต์ที่จุดสตาร์ทให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้าและจะคอยตรวจจับสิ่งกีดขวาง การเข้ามาถึงของสัญญาณความถี่จากแท็กในจุดตำแหน่งต่างๆ ตามช่องทางที่กำหนดของสนามทดสอบ โดยระยะทางทั้งหมดของสนามทดสอบคือ 5 เมตร และมีแท็กอาร์เอฟไอดีถูกติดตั้งไว้ 4 จุด แต่ละจุดห่างกัน 1 เมตร ซึ่งตัวหุ่นยนต์จะติดตั้งเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีไว้และหุ่นยนต์สามารถปรับเปลี่ยนความเร็วได้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการอ่านแท็กอาร์เอฟไอดีที่ดีที่สุด แล้วเลือกจุดติดตั้งอาร์เอฟไอดีที่สัมพันธ์กับความเร็วการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้งานต่อไป ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยแบ่งระยะห่างระหว่างตัวอ่านกับแท็กอาร์เอฟไอดีที่ได้ทำการติดตั้งไว้ออกเป็น 4 ระยะคือ 30 มิลลิเมตร , 40 มิลลิเมตร, 50 มิลลิเมตร และ 60 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยระยะที่ 60 มิลลิเมตร เป็นระยะห่างสูงสุดที่รองรับการทำงานของอาร์เอฟไอดีรุ่นนี้ และมีการแบ่งความเร็วการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เป็น 4 ช่วงด้วยกันคือ 4 เมตรต่อนาที, 5 เมตรต่อนาที, 6 เมตรต่อนาที และ 7 เมตรต่อนาที ตามลำดับโดยที่ความเร็ว 7 เมตรต่อนาทีเป็นความเร็วสูงสุดที่ได้ทำการเขียนโปรแกรมเอาไว้

ตารางที่ 4-2 การทดสอบระบบอาร์เอฟไอดีกับความเร็วของหุ่นยนต์ในรูปแบบต่างๆ

ความเร็ว/ ระยะห่าง RFID		ครั้งที่							
		1	2	3	4	5	6	7	8
7 m/min	30 mm.	/	/	X	X	X	X	X	X
	40 mm	/	X	X	X	/	X	X	X
	50 mm	/	X	X	X	X	X	X	X
	60 mm	X	X	X	X	X	X	X	X
6 m/min	30 mm	/	/	X	X	/	/	X	X
	40 mm	/	/	X	X	/	X	X	X
	50 mm	/	X	X	X	/	X	X	X
	60 mm	/	X	X	X	X	X	X	X
5 m/min	30 mm	/	/	/	/	/	/	X	/
	40 mm	/	/	/	X	/	X	/	/
	50 mm	/	/	X	X	/	/	X	X
	60 mm	/	X	X	X	/	X	X	X
4 m/min	30 mm	/	/	/	/	/	/	/	X
	40 mm	/	/	/	/	/	/	/	/
	50 mm	/	/	/	/	/	/	/	/
	60 mm	/	/	X	/	/	/	/	X

หมายเหตุ :

/ คือ สามารถอ่านแท็กได้

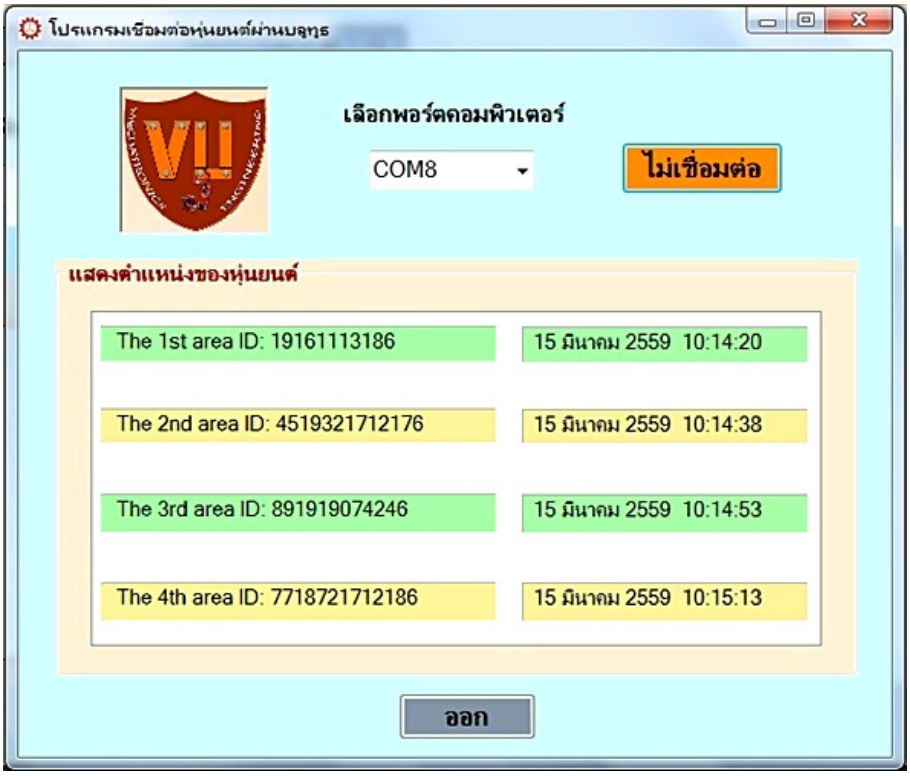
X คือ ไม่สามารถอ่านแท็กได้

จากตารางที่ 4-2 ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบอาร์เอฟไอดีกับความเร็วของหุ่นยนต์ในรูปแบบต่างๆ โดยทำการทดสอบจำนวนสองรอบของสนามทดสอบ ผลปรากฏว่าที่ช่วงความเร็วสูงสุดที่ได้โปรแกรมหุ่นยนต์ไว้คือ 7 เมตรต่อนาที มีประสิทธิภาพการอ่านแท็กค่อนข้างน้อย ยิ่งถ้าระยะห่างของแท็กมากขึ้นคือ 60 มิลลิเมตร หุ่นยนต์ก็จะไม่สามารถอ่านแท็กได้เลย และประสิทธิภาพการอ่านแท็กอาร์เอฟไอดีของหุ่นยนต์ที่ดีที่สุดจะอยู่ที่ช่วงความเร็วประมาณ 4 เมตรต่อนาที ซึ่งมีระยะห่างของแท็กที่ติดตั้งไว้คือ 50 มิลลิเมตร กับ 40 มิลลิเมตร เป็นผลทำให้หุ่นยนต์สามารถอ่านแท็กได้ครบทุกแท็กและระยะเวลาต่อรอบของสนามทดสอบจำลองคือ 70.5 : 75.2 วินาทีตามลำดับ แต่ถ้าติดตั้งแท็กที่ระยะ 30 มิลลิเมตร และ 60 มิลลิเมตร ประสิทธิภาพการอ่านจะลดลง อาจ

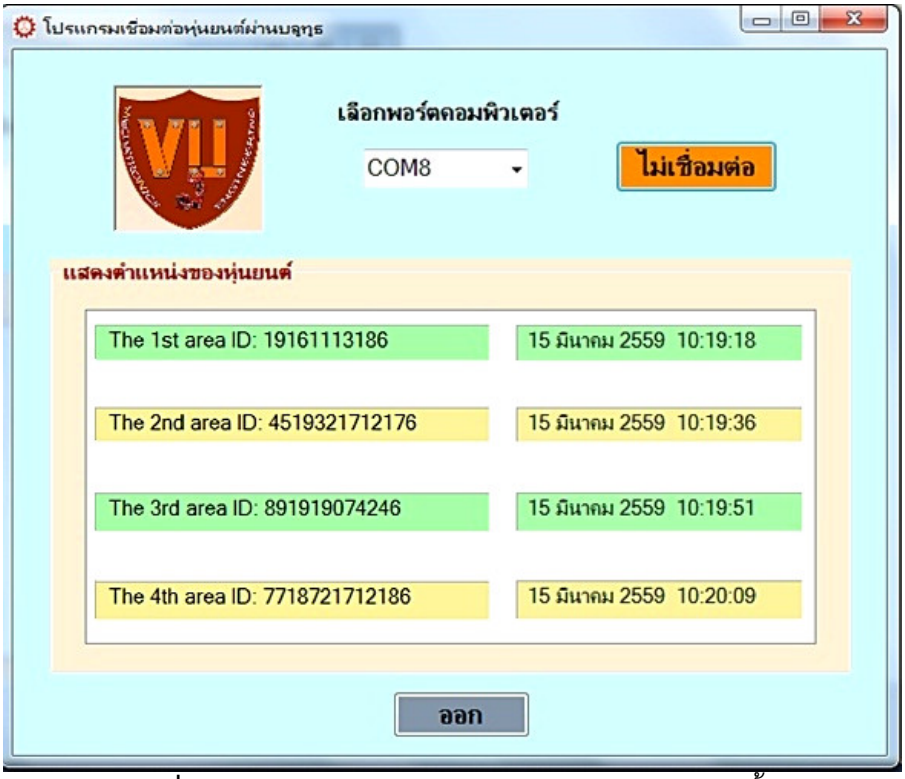
เป็นเพราะว่าที่ระยะ 60 มิลลิเมตร เป็นระยะการอ่านสูงสุดของอุปกรณ์อาร์เอฟไอดีรุ่นนี้อีกทั้งหุ่นยนต์มีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา ส่วนระยะที่ 30 มิลลิเมตร เป็นระยะการอ่านใกล้สุดจึงทำให้ช่วงการสแกนความถี่ของระบบอาร์เอฟไอดีมีขนาดแคบลงในขณะที่หุ่นยนต์มีการเคลื่อนที่ จึงเป็นผลทำให้ประสิทธิภาพการอ่านแท็กลดลงไปบ้าง แต่ก็ยังถือว่าดีกว่าการโปรแกรมหุ่นยนต์ที่ช่วงความ เร็วแบบอื่นๆ

4.3 การทดสอบการส่งค่าข้อมูลจากหุ่นยนต์ไปยังโปรแกรมเชื่อมต่อหุ่นยนต์ผ่านบลูทูธ

การทดสอบนี้เป็นการส่งค่าข้อมูลจากหุ่นยนต์ไปยังโปรแกรมเชื่อมต่อหุ่นยนต์ผ่านบลูทูธที่ถูกสร้างขึ้นจากโปรแกรม Microsoft Visual Basic 2010 Express โดยใช้ระยะการติดตั้งระหว่างแท็กกับเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี อยู่ที่ 50 มิลลิเมตร และกำหนดความเร็วการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่ 4 เมตรต่อนาที เมื่อเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีอ่านค่าข้อมูลของแท็กแต่ละอันได้แล้วจะต้องทำการส่งค่าที่อ่านได้ไปยังอาดุยโน่เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลในหน่วยความจำ จากนั้นอาดุยโน่จึงทำการส่งค่าข้อมูลที่ได้ผ่านโมดูลบลูทูธออกไปแสดงผลยังโปรแกรมเชื่อมต่อหุ่นยนต์ผ่านบลูทูธ ซึ่งผลการทดสอบแสดงดังภาพที่ 4-2 และภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-2 โปรแกรมแสดงตำแหน่งของหุ่นยนต์ ทดสอบครั้ง1



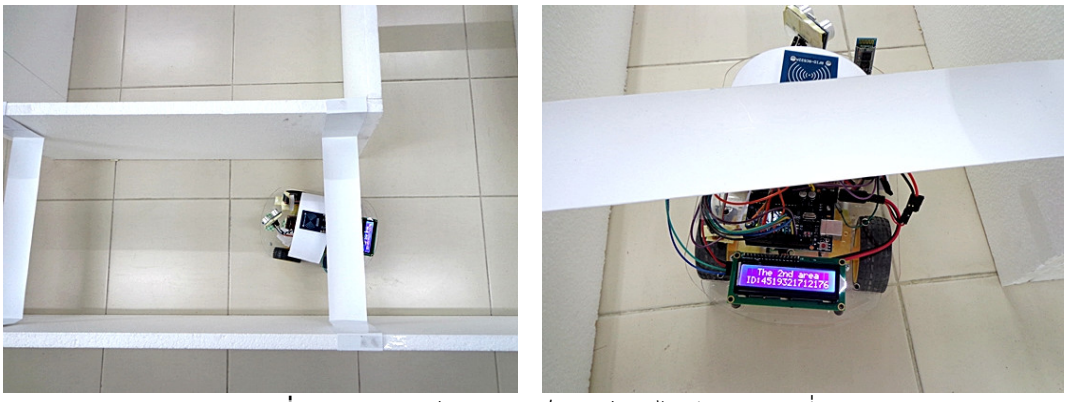
ภาพที่ 4-3 โปรแกรมแสดงตำแหน่งของหุ่นยนต์ ทดสอบครั้ง2

เมื่อปล่อยหุ่นยนต์จากจุดสตาร์ท หุ่นยนต์จะทำงานตามลำดับโปรแกรมที่ได้ออกแบบไว้ดังในบทที่ 3 หัวข้อ 3.4 ซึ่งการแสดงผลข้อมูลต่างๆ ของหุ่นยนต์จะแสดงที่จอแอลซีดีกับโปรแกรมที่ได้ถูกสร้างขึ้น เมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้าจะแสดง the robot forward ที่แอลซีดีแต่โปรแกรมเชื่อมต่อหุ่นยนต์ผ่านบลูทูธยังไม่แสดงข้อมูลใดๆ ต่อมาเมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ผ่านแท็กแต่ละแท็กหุ่นยนต์จะหยุดประมวลผลประมาณ 2 วินาที แล้วจึงส่งค่าไปแสดงผลที่โปรแกรม ซึ่งมีความหมายดังนี้

- ข้อความ the 1st area หมายถึงหุ่นยนต์ได้เคลื่อนที่มาถึงตำแหน่งที่ 1 แล้ว และหมายเลขแท็กอาร์เอฟไอดีคือ 19161113186 ดังภาพที่ 4-4 พร้อมกับแสดงวันที่และเวลาในบรรทัดที่หนึ่งทางด้านขวาของโปรแกรม

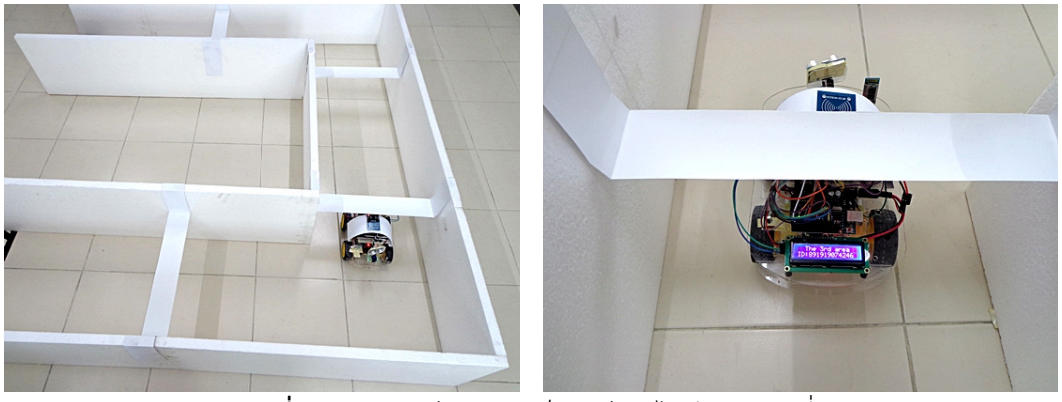
ภาพที่ 4-4 หุ่นยนต์อ่านค่าแท็กอาร์เอฟไอดีตำแหน่งที่ 1

- ข้อความ the 2nd area หมายถึงหุ่นยนต์ได้เคลื่อนที่มาถึงตำแหน่งที่ 2 แล้ว และหมายเลขแท็กอาร์เอฟไอดีคือ 4519321712176 ดังภาพที่ 4-5 พร้อมกับแสดงวันที่และเวลาในบรรทัดที่สองทางด้านขวาของโปรแกรม



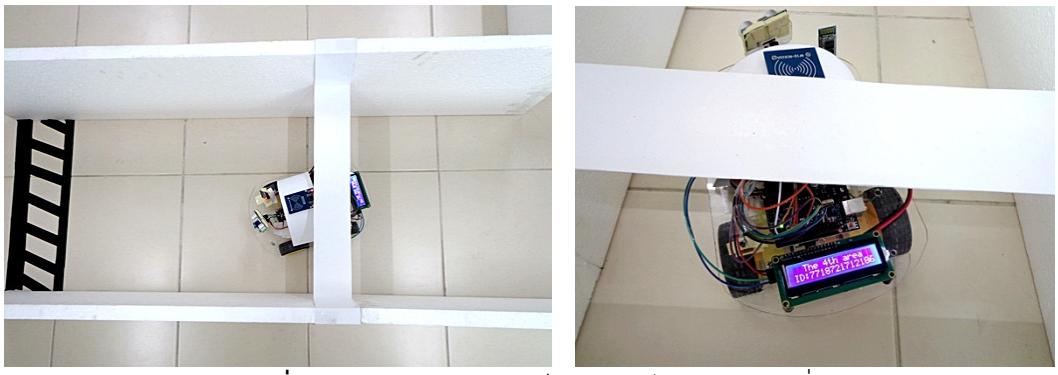
ภาพที่ 4-5 หุ่นยนต์อ่านค่าแท็กอาร์เอฟไอดีตำแหน่งที่ 2

- ข้อความ the 3rd area หมายถึงหุ่นยนต์ได้เคลื่อนที่มาถึงตำแหน่งที่ 3 แล้ว และหมายเลขแท็กอาร์เอฟไอดีคือ 891919074246 ดังภาพที่ 4-6 พร้อมกับแสดงวันที่และเวลาในบรรทัดที่สามทางด้านขวาของโปรแกรม



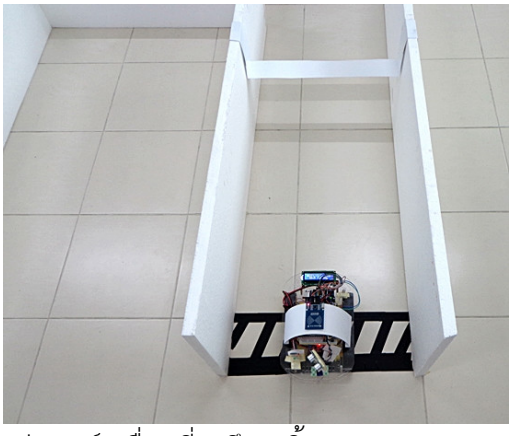
ภาพที่ 4-6 หุ่นยนต์อ่านค่าแท็กอาร์เอฟไอดีตำแหน่งที่ 3

- ข้อความ the 4th area หมายถึงหุ่นยนต์ได้เคลื่อนที่มาถึงตำแหน่งที่ 4 แล้ว และหมายเลขแท็กอาร์เอฟไอดีคือ 7718721712186 ดังภาพที่ 4-7 พร้อมกับแสดงวันที่และเวลาในบรรทัดที่สี่ทางด้านขวาของโปรแกรม



ภาพที่ 4-7 หุ่นยนต์อ่านค่าแท็กอาร์เอฟไอดีตำแหน่งที่ 4

เมื่อหุ่นยนต์ได้อ่านค่าข้อมูลจากแท็กตัวสุดท้าย จะทำการเปรียบเทียบว่าอ่านครบทั้งสี่แท็กหรือไม่ ถ้าครบแล้วจึงปล่อยให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปอย่างอิสระตามจำนวนรอบที่ได้กำหนด หลังจากนั้นอาดุยโน่จึงส่งสัญญาณลอจิก “0” ออกไปที่ขาสัญญาณ 4 ถึง 7 เพื่อบังคับให้มอเตอร์ไม่ทำงาน เป็นผลให้หุ่นยนต์หยุดที่ตำแหน่งจุดสิ้นสุดของสนามทดสอบพอดี ตามที่ได้ออกแบบไว้ ดังภาพที่ 4-8



ภาพที่ 4-8 หุ่นยนต์เคลื่อนที่มาถึงจุดสิ้นสุดของสนามทดสอบจำลอง

การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์เพื่อบอกตำแหน่งด้วยอาร์เอฟไอดีนี้ จะทำการทดสอบจำนวนสองรอบของสนามทดสอบ ดังแสดงผลปรากฏในภาพที่ 4-2 และภาพที่ 4-3 จะพบว่าในส่วนของรอบแรกที่ได้ทดสอบ เริ่มปล่อยหุ่นยนต์ที่เวลา 10:14:00 น. ระยะเวลาที่แท็กแต่ละแท็กอ่านได้มีความแตกต่างกันดังนี้

- เริ่มจากปล่อยหุ่นยนต์ที่จุดสตาร์ทมาถึงตำแหน่งแท็กที่ 1 ใช้เวลา 20 วินาที
- จากตำแหน่งแท็กที่ 1 มาถึงตำแหน่งแท็กที่ 2 ใช้เวลา 18 วินาที
- จากตำแหน่งแท็กที่ 2 มาถึงตำแหน่งแท็กที่ 3 ใช้เวลา 15 วินาที

- สุดท้ายจากตำแหน่งแท็กที่ 3 มาถึงตำแหน่งแท็กที่ 4 ใช้เวลา 20 วินาที

และในส่วนของทดสอบรอบที่สองได้เริ่มปล่อยหุ่นยนต์ที่เวลา 10:19:00 น. ระยะเวลาที่แท็กแต่ละแท็กอ่านได้มีความแตกต่างกันดังนี้

- เริ่มจากปล่อยหุ่นยนต์ที่จุดสตาร์ทมาถึงตำแหน่งแท็กที่ 1 ใช้เวลา 18 วินาที
- จากตำแหน่งแท็กที่ 1 มาถึงตำแหน่งแท็กที่ 2 ใช้เวลา 18 วินาที
- จากตำแหน่งแท็กที่ 2 มาถึงตำแหน่งแท็กที่ 3 ใช้เวลา 15 วินาที
- สุดท้ายจากตำแหน่งแท็กที่ 3 มาถึงตำแหน่งแท็กที่ 4 ใช้เวลา 18 วินาที

จากผลการทดสอบทั้งสองรอบพบว่า รอบแรกใช้เวลาเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไปยังแท็กแต่ละแท็กคือ 18.25 วินาทีและรอบที่สองใช้เวลาเฉลี่ย 17.25 วินาที ซึ่งถือว่ามีเวลาเฉลี่ยใกล้เคียงกัน แต่ในความเป็นจริงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ต้องใช้เวลาเฉลี่ยในการเดินทางจากแท็กหนึ่งไปยังอีกแท็กหนึ่งอยู่ที่ 15 วินาทีตามที่ได้โปรแกรมความเร็วของหุ่นยนต์ไว้ (4 เมตรต่อนาที) แต่ผลลัพธ์ที่ปรากฏไม่ได้เป็นไปตามนั้น อาจเป็นเพราะว่าการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไปยังตำแหน่งแท็กที่ 1 หุ่นยนต์ต้องทำการสแกนตรวจจับวัตถุหรือสิ่งกีดขวางก่อนแล้วจึงทำการเคลื่อนที่ออกไป ซึ่งจะทำให้เวลาคลาดเคลื่อนไปจากเดิมเล็กน้อยประมาณ 2-3 วินาที และอีกจุดหนึ่งที่ทำให้เวลาคลาดเคลื่อนไปเหมือนกันคือช่วงการเลี้ยวของหุ่นยนต์ที่ตำแหน่งแท็กที่ 1 ไปยังตำแหน่งแท็กที่ 2 และตำแหน่งแท็กที่ 3 ไปตำแหน่งแท็กที่ 4 ซึ่งตรงจุดนี้เองหุ่นยนต์นอกจากจะสแกนตรวจจับวัตถุหรือสิ่งกีดขวางแล้วยังต้องทำการเลี้ยวขวาให้ได้องศาตามที่โปรแกรมไว้ จุดเหล่านี้เองอาจใช้เวลาเพิ่มขึ้นเล็กน้อยประมาณ 3-5 วินาที ซึ่งโดยภาพรวมแล้วยังถือว่าการทำงานของหุ่นยนต์ประสบความสำเร็จด้วยดีสามารถอ่านแท็กได้ครบทุกแท็ก และส่งสัญญาณข้อมูลจากโมดูลบลูทูธไปยังโปรแกรมเชื่อมต่อหุ่นยนต์ผ่านบลูทูธให้แสดงผลได้อย่างถูกต้อง