

การออกแบบและพัฒนาเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีย่านความถี่ต่ำ สำหรับระบบจัดการฐานข้อมูลคลินิกสัตว์

Design and Development of Low-Frequency RFID Readers for Database Management System in Veterinary Clinic

คณะวิจิ เนื่องวงษา¹ ชัชชัย พุ่มพวง^{2*} ศักดิ์ชัย ก้อนเทียน² และ พิชชานันท์ วงศ์ศิริธร³

Kanawat Nuangwongsa¹, Tajchai Pumpoung^{2*}, Sakchai Konthien² and Pichanun Wongsiritorn³

Received: 27 October 2020, Revised: 15 June 2022, Accepted: 27 June 2022

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการนำสัตว์เข้ามารับการรักษาในสถานพยาบาลสัตว์เพิ่มมากขึ้นทำให้การจัดการฐานข้อมูลของสัตว์ที่เข้ามาทำการรักษาในสถานพยาบาลสัตว์มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น วิธีการสำหรับเก็บข้อมูลทะเบียนประวัติของสัตว์แบบเดิม ส่วนมากเป็นการเก็บข้อมูลด้วยการจดบันทึก ร่วมกับการใช้บัตรประจำตัวสัตว์จากการเขียนด้วยมือ การเก็บข้อมูลลักษณะนี้อาจจะไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการได้ทั้งหมด และอาจก่อให้เกิดปัญหาเช่น การใช้พื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูล การเสียเวลาต่อการค้นหา และการเกิดความผิดพลาดโดยมนุษย์ งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี ตามมาตรฐานย่านความถี่ต่ำ 125 kHz สำหรับระบบจัดการฐานข้อมูลคลินิกสัตว์ ซึ่งจะช่วยลดความผิดพลาดให้ระบบการจัดการข้อมูลในสถานพยาบาลสัตว์และเพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการให้บริการ โดยมุ่งเน้นให้สามารถใช้งานได้กับสถานพยาบาลสัตว์ขนาดเล็ก ทดแทนการจัดการฐานข้อมูลแบบเดิมซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ของงานวิจัย โดยระบบที่ได้ทำการออกแบบประกอบด้วยเครื่อง

¹ สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

¹ Department of Electronics and Telecommunications Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan, Khonkaen Campus, Nai Mueang, Mueang, Khonkaen 40000, Thailand.

² สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ศูนย์กลางนครราชสีมา ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

² Department of Telecommunications Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima Center, Nai Mueang, Mueang, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand.

³ สาขาวิศวกรรมโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ตำบลศาลา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

³ Department of Logistics Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170, Thailand.

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): tajchai.pu@rmuti.ac.th

อ่านอาร์เอฟไอดี แบบมือถือย่านความถี่ต่ำ ชิพวงรวมเบอร์ ID-2LA โปรแกรม Visual Basic สำหรับแสดงข้อมูลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ และ ฐานข้อมูลภาษา SQL จากผลการทดสอบการทำงานของเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีที่ได้ทำการออกแบบ ระยะไกลสุดที่เครื่องอ่านยังคงอ่านแท็กได้ 100 เปอร์เซ็นต์คือ 11 เซนติเมตร โดยการนำระบบอาร์เอฟไอดีร่วมกับระบบจัดการฐานข้อมูลคลินิกรักษาสัตว์ที่นำเสนอสามารถลดความผิดพลาดจากการให้บริการร้อยละ 0.25 เหลือ ร้อยละ 0.05 และเพิ่มความพึงพอใจในการให้บริการ ของผู้ที่มาใช้บริการจากร้อยละ 3.24 เป็นร้อยละ 3.5 โปรแกรมการใช้งานที่ได้ทำการออกแบบสามารถจัดเก็บข้อมูลพื้นฐานได้ เช่น ข้อมูลของสัตว์ ข้อมูลเจ้าของสัตว์ รวมถึงประวัติการทำการทำวัคซีนพื้นฐาน และประวัติการรักษาของสัตว์ไว้ในฐานข้อมูลได้

คำสำคัญ: เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีย่านความถี่ต่ำ, แท็กอาร์เอฟไอดี, สายอากาศแบบบ่วง, โปรแกรมทำฐานข้อมูล, คลินิกรักษาสัตว์

ABSTRACT

Nowadays, there is an increasing number of animals being brought into veterinary sanatoriums, resulting in the growth of treated animal database management. For the conventional technique for collecting animal registration and history, most of the information is collected by taking notes together with the use of handwritten animal identification cards. However, this type of data collection cannot meet all of the requirement. Besides, it can cause a problem such as using space for data storage, taking the time for searching the document and an occurrence of human error. This research proposed a design and development of RFID readers according to the low-frequency band with 125 kHz for database management system in a veterinary clinic. The presented system can reduce the error of the information management system in the veterinary clinic and increase the convenience of service which is the purpose of this research. The presented management system focuses on being able to be used in a small veterinary sanatorium and replacing traditional database management. The designed system consists of handheld low-band RFID readers, IC chip of ID-2LA, Visual Basic for displaying information on the computer screen, and SQL databases. The farthest distance at which the designed RFID reader can still read tags with 100% accuracy is 11 centimeters. By combining the proposed RFID with the proposed veterinary clinic database management system, the service errors can be reduced by 0.25% to 0.05% and it can increase the service scarification from 3.24% to 3.5%. The designed applications can store basic information such as animal information and animal owner information including basic immunization history and the treatment history of the animal in the database.

Key words: low frequency RFID reader, RFID tag, loop antenna, database programming, veterinary clinic

บทนำ

ในปัจจุบันมนุษย์ให้ความสนใจต่อสัตว์มากยิ่งขึ้น (Kantha, 2017) โดยเฉพาะสัตว์เลี้ยง เช่น สุนัข และแมว (Dear friend of different species, 2020) ซึ่งก่อให้เกิดการขยายตัวของธุรกิจสถานพยาบาลสัตว์ (Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2015) ที่เพิ่มมากขึ้น การขยายตัวของธุรกิจนี้อาจไม่ส่งผลต่อบริหารจัดการฐานข้อมูลของโรงพยาบาลสัตว์ เนื่องจากอาจถูกวางระบบมาไว้ตั้งแต่เริ่มแรกของการเริ่มประกอบธุรกิจแล้ว แต่อาจส่งผลกระทบต่อคลินิกรักษาสัตว์ที่จะต้องมีการปรับระบบการจัดการข้อมูลให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นเพื่อรองรับกับการบริหารจัดการข้อมูลในปริมาณมาก จึงเป็นที่มาและความสำคัญของงานวิจัยนี้

โดยทั่วไปข้อมูลที่คลินิกรักษาสัตว์จะจัดเก็บนั้นจะประกอบไปด้วยข้อมูลทั่วไป เช่น ข้อมูลของเจ้าของสัตว์ ข้อมูลของสัตว์ และข้อมูลประวัติการรักษาของสัตว์ เช่น ข้อมูลการฉีดวัคซีน ข้อมูลการรักษา เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ล้วนมีความสำคัญเป็นอย่างมากในการวิเคราะห์โรคของสัตว์จากประวัติการรักษาที่ผ่านมาเพื่อประกอบการรักษาปัจจุบันตามอาการโรคของสัตว์ในขณะนั้น ปัจจุบันคลินิกรักษาสัตว์หลายแห่งยังคงจัดเก็บข้อมูลด้วยการบันทึกลงในสมุดบันทึกการรักษา ซึ่งยุ่งยากต่อการจัดเก็บและสืบค้น ในขณะที่บางแห่งได้มีพัฒนานำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาใช้แล้วงานวิจัยที่เคยมีมาก่อนหน้าแต่ก็ยังมิมีข้อจำกัดในเรื่องความคล่องตัวในการทำงานอยู่ นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาระบบ (โปรแกรมคอมพิวเตอร์) ในการจัดการคลินิกโรงพยาบาลสัตว์ขนาดเล็ก เพื่อใช้ในการปรับกระบวนการให้บริการให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นซึ่งถูกนำเสนอโดย (Promkot *et al.*, 2015) อย่างไรก็ตาม งานที่นำเสนอเป็นการนำเสนอเพียงโปรแกรมระบบจัดการที่มีประสิทธิภาพ แต่ทว่ายังมีส่วนที่สามารถพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อให้มี

ประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มมากขึ้นได้เช่นการใช้เทคโนโลยีรหัสแท่ง หรือเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี เพื่อเพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการทำงาน ลดขั้นตอนในการกรอกข้อมูล และลดความผิดพลาดอันเนื่องมาจากมนุษย์

ดังนั้น เพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการในยุคปัจจุบัน ระบบอาร์เอฟไอดีซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ระบุตัวตนอัตโนมัติ (Auto-ID) อย่างหนึ่ง ที่สามารถเข้าถึงรหัสประจำตัวของสิ่งต่าง ๆ ที่นำไปติดได้โดยใช้การสัมผัสด้วยแท็ก (Tag) (Pumpoung *et al.*, 2016a) จึงถือได้ว่าตอบสนองต่อความต้องการของการใช้งานในรูปแบบการจัดเก็บฐานข้อมูลได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งย่านความถี่ต่ำที่เหมาะสมกับการนำมาประยุกต์ใช้กับสัตว์ งานวิจัยที่ได้เคยถูกนำเสนอไว้ (Dogan *et al.*, 2016) การประยุกต์ใช้งานระบบอาร์เอฟไอดีย่านความถี่ต่ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ประสิทธิผลของการทำงานและลดการผิดพลาดของมนุษย์สำหรับการเลี้ยงสัตว์ภายในประเทศไทย โดยเน้นทางด้านปลาสวยงามและสุกร ได้ถูกนำเสนอโดย (Chavananikul, 2013) ระบบตรวจสอบและจัดการด้วยการประยุกต์ใช้งานระบบอาร์เอฟไอดีสำหรับการเลี้ยงกวาง (Rizzo *et al.*, 2020) เพื่อแก้ปัญหาด้านติดตามข้อมูลด้านสุขภาพของกวาง เช่น น้ำหนัก ส่วนสูง สายพันธุ์ ได้อย่างรวดเร็ว

ปัจจุบันการใช้งานระบบอาร์เอฟไอดีมีอยู่แพร่หลาย และอุปกรณ์สำเร็จรูปนั้นสามารถซื้อได้ทั้งร้านค้าออนไลน์ (ThaiEasyElec, 2021) และรูปแบบบริษัท (Smart Identify, 2021) จากการสำรวจพบว่าเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ เครื่องอ่านที่อยู่ในรูปแบบตั้งโต๊ะ (Desktop) (Smart Identify, 2021) แบบประตู (Gate) (IndiaMART InterMESH, 2021) และแบบมือถือ (Handheld) (Focus Technology, 2021) ซึ่งแบบที่เหมาะสมที่สุดกับการนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้

คือ แบบมือถือ เนื่องจากลักษณะการใช้งานกับสัตว์นั้น อาจมีการเคลื่อนไหว ไม่สามารถควบคุมทิศทางได้ อย่างแน่ชัด โดยเครื่องอ่านแบบมือถือนั้นยังสามารถ แบ่งตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 แบบ คือ

1) แบบถ่ายโอนข้อมูลภายหลังการใช้งาน โดยระบบสาย USB (Universal Serial Bus) หรือ เมมโมรีการ์ด (Memory card) ลักษณะแบบนี้ข้อมูลที่มีอยู่ในฐานข้อมูล จะไม่เป็นเวลาจริง (Real time) ข้อมูลจะถูกอัปเดตภายหลัง จากการใช้งานเสร็จสิ้นเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

2) แบบถ่ายโอนข้อมูลทันที ด้วยการเชื่อมต่อ ข้อมูลโดยระบบสาย หรือ ไร้สาย เช่น บลูทูธ (Bluetooth) หรือ ไวไฟ (WiFi) ลักษณะแบบนี้ข้อมูลที่มีอยู่ใน ฐานข้อมูลจะถูกอัปเดตไปในทันทีขณะที่ใช้งาน โดยเป็น เวลาจริงในขณะนั้น

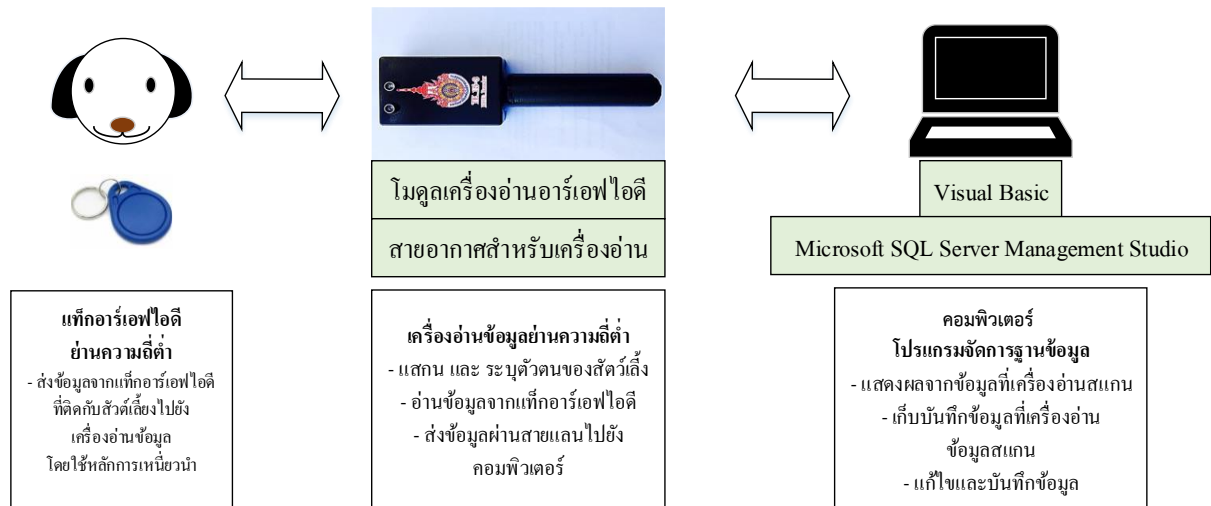
จะเห็นได้ว่าเครื่องอ่านแบบมือถือ แบบที่ 2 จะมีความสะดวกสบายมากกว่าแต่จะมีราคาที่สูง ซึ่งราคาที่ยังไม่รวมค่าใช้จ่ายในการพัฒนาโปรแกรม ให้เหมาะสมต่อการใช้งานนั้นอยู่ที่ราคาประมาณตั้งแต่ 7,000 บาท (SLon Technology, 2021) ถึง 13,000 บาท (FAREAD, 2021) เมื่อเทียบกับเครื่องอ่านแบบตั้งโต๊ะแต่ ที่มีราคาอยู่ที่ประมาณ 180 บาท (Cytron (Thailand), 2021) ถึง 900 บาท (THEMESWP, 2021) (ไม่รวมภาษา และ โปรแกรมพัฒนา) โดยโปรแกรมสำเร็จรูปที่มากับ เครื่องนั้นก็ไม่ได้เป็นโปรแกรมที่มีความเหมาะสมกับ การนำไปประยุกต์ใช้สำหรับคลินิกรักษาสัตว์โดยตรง ดังนั้นการพัฒนาเครื่องต้นแบบที่สามารถนำไป ประยุกต์ใช้ในสถานพยาบาลขนาดเล็กที่มีราคาไม่แพง จึงเป็นสิ่งที่มีความท้าทายและมีความจำเป็น

โดยการทำงานวิจัยที่ได้นำเสนอมีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี (RFID: Radio Frequency Identification) ย่านความถี่ต่ำ (LF: Low frequency) (Pumpoung *et al.*, 2016b) สำหรับ ใช้งานกับระบบจัดการฐานข้อมูลภายในคลินิกรักษาสัตว์ที่ถูกจัดทำขึ้นมาใหม่ในรูปแบบไฟล์อิเล็กทรอนิกส์

เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้คล่องตัวมากยิ่งขึ้น โดยงานวิจัยที่ได้นำเสนอในบทความนี้ได้ทำออกแบบ และพัฒนา 2 ส่วน คือ 1) เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีย่านความถี่ต่ำแบบมือถือ (Handheld) ที่ใช้ชิพวงจรรวมเบอร์ ID-2LA (Digi-Key Electronics, 2019) และสายอากาศเครื่องอ่านแบบลูปีสี่เหลี่ยม 2) ระบบจัดการฐานข้อมูลคลินิกรักษาสัตว์ด้วยโปรแกรม Visual Basic 2013 (Vathin, 2013) สำหรับแสดงข้อมูลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ และการทำฐานข้อมูลด้วยภาษา SQL (Suwanasiri, 2018) เพื่อเขียนฐานข้อมูลของสัตว์ ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดไว้ในลำดับถัดไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การติดต่อสื่อสารของระบบอาร์เอฟไอดีของ สัตว์ที่นำมารักษาระบบฐานข้อมูลของคลินิก เมื่อสัตว์เลี้ยงนำมาที่คลินิกเจ้าหน้าที่จะทำการสแกน แท็กที่ติดที่ปลอกคอกคือฝั่กที่ตัวของสัตว์โดยใช้เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี ข้อมูลจากแท็กจะถูกส่งผ่านไปยังเครื่องอ่านโดยใช้หลักการคัปปลิง ในส่วนต่อมาข้อมูล จากเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีจะถูกส่งไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์ทำการแสดงผลข้อมูลที่ อ่านได้มากจากเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี และเมื่อทำการ รักษาเรียบร้อยแล้วสามารถบันทึกข้อมูลใหม่ในฐานข้อมูล ได้โดยเมื่อนำสัตว์มารักษากลับอีกจะสามารถดึงประวัติ การรักษาล่าสุดมาใช้งานได้ โดยแผนภาพแสดงในภาพที่ 1 วิธีการดำเนินการวิจัยเริ่มต้นจากการศึกษาถึง งานวิจัยที่มีมาก่อน จากนั้นทำการออกแบบเครื่องอ่าน อาร์เอฟไอดีพร้อมทำการสร้างสายอากาศเครื่องอ่าน จากนั้นทำการออกแบบระบบจัดการฐานข้อมูลคลินิกรักษาสัตว์ และทำการทดสอบโดยการนำไปใช้งานใน คลินิกรักษาสัตว์ขนาดเล็กเพื่อทดสอบประสิทธิภาพ การทำงานของระบบ โดยการเก็บข้อมูลทางสถิติจาก กลุ่มตัวอย่างผู้มาใช้บริการในคลินิก จากนั้นนำมา วิเคราะห์ผลความพึงพอใจในการใช้งาน



ภาพที่ 1 แผนภาพรวมของระบบ

1. การออกแบบเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีย่านความถี่ต่ำ



ภาพที่ 2 เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีที่ได้นำเสนอ

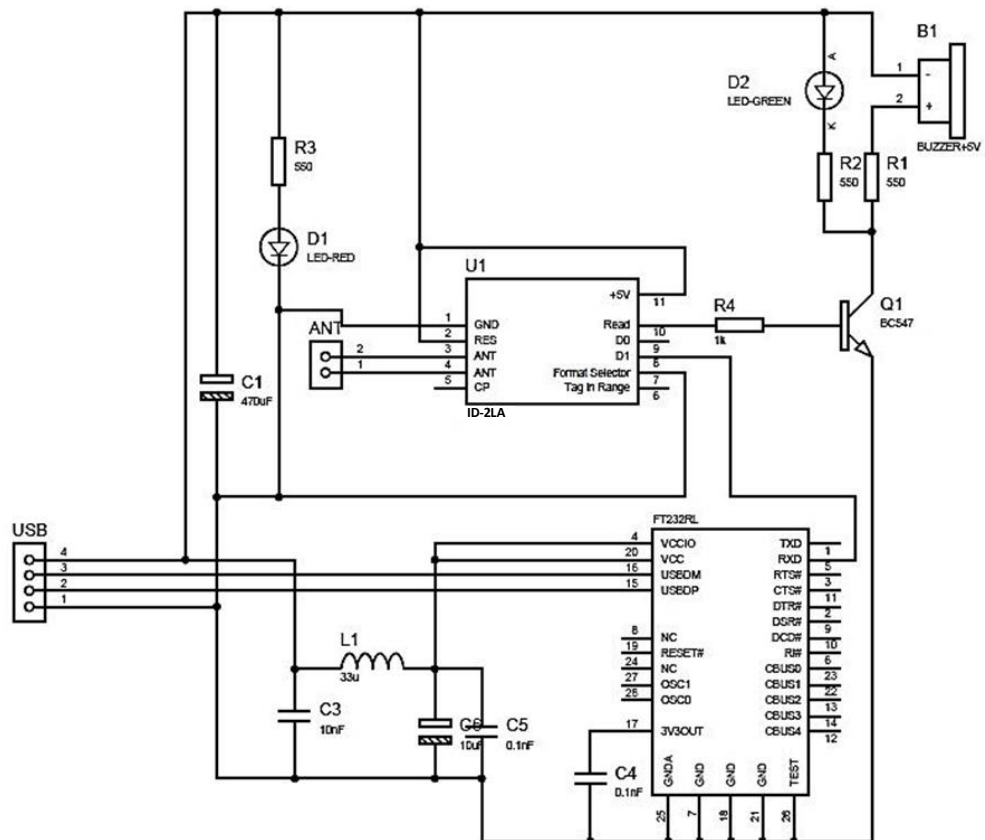
ในการออกแบบเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีย่านความถี่ต่ำที่จะถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้จะถูกออกแบบมาในลักษณะแบบมือถือดังแสดงในภาพที่ 2 (Konthien *et al.*, 2014) โดยภายในกล่องเครื่องอ่านจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ

1.1 วงจรโมดูลเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีที่ทำ
การออกแบบร่วมกับชิพวงจรรวม 2 ตัว ได้แก่

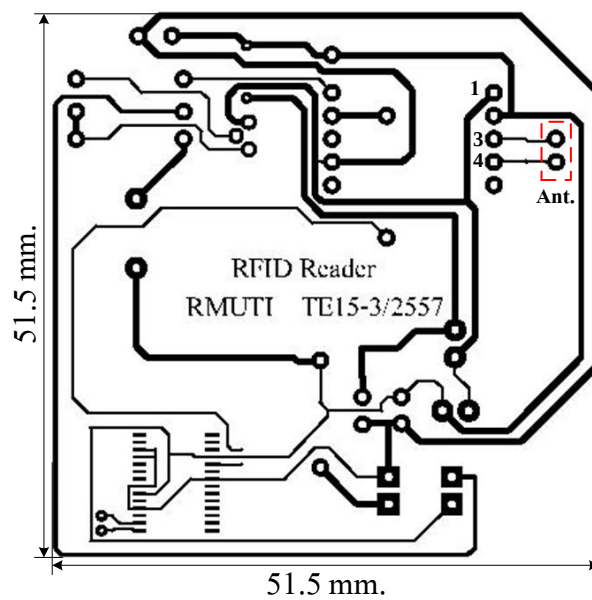
- ชิปวงจรรวมของบริษัท id-innovations รุ่น ID-2LA ทำหน้าที่เป็น โมดูลเครื่องอ่านที่รองรับ

รูปแบบข้อมูล ASCII Wiegand 26 และ Magnetic ABA Track 2 สามารถใช้งานได้กับย่านความถี่ 125 kHz และ

- ชิปวงจรรวมของบริษัท FTDI รุ่น FT232RL (FTDI Chip, 2020) ทำหน้าที่เป็นอินเทอร์เฟซ USB (Universal serial bus) กับ UART (Universal asynchronous receiver and transmitter) แบบอนุกรม ดังที่แสดงแผนภาพผังงานและลายวงจร (Schematic diagram) ในภาพที่ 3 และ 4 ตามลำดับ (Konthien *et al.*, 2014)



ภาพที่ 3 แผนภาพพลังงานที่ได้นำเสนอ



ภาพที่ 4 ลายวงจรที่ออกแบบบนแผ่นวงจรพิมพ์

1.2 สายอากาศสำหรับเครื่องอ่านจะถูกออกแบบให้เชื่อมต่อเข้ากับขาที่ 3 และ 4 ของชิพวงจรรวม ID-2LA บนแผ่นวงจรพิมพ์ ดังแผนภาพผังงานในภาพที่ 3 ซึ่งในการออกแบบนั้น สายอากาศจำเป็นต้องถูกออกแบบให้ค่าความเหนี่ยวนำ (L) มีค่าเท่ากับ 1.337 mH หรือใกล้เคียงที่สุด ซึ่งเป็นค่าความเหนี่ยวนำของสายอากาศตามคำแนะนำของแผ่นข้อมูล (Datasheet) ของชิพวงจรรวมที่ได้ให้ไว้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและระยะการอ่านแท็กที่สูงที่สุด โดยโครงสร้างของสายอากาศที่เหมาะสมกับการทำให้เกิดค่าความเหนี่ยวนำจากการศึกษาโดยหนังสือทฤษฎีการออกแบบสายอากาศ (Balanis, 2016) คือ โครงสร้างสายอากาศแบบบ่วง (Loop antenna) ซึ่งในงานวิจัยนี้ให้ความสนใจไปที่สายอากาศแบบบ่วงรูปทรงสี่เหลี่ยม (Rectangular loop antenna) เนื่องจากมีความสอดคล้องกับพื้นที่ของแผ่นวงจรพิมพ์ที่ได้ทำการออกแบบ

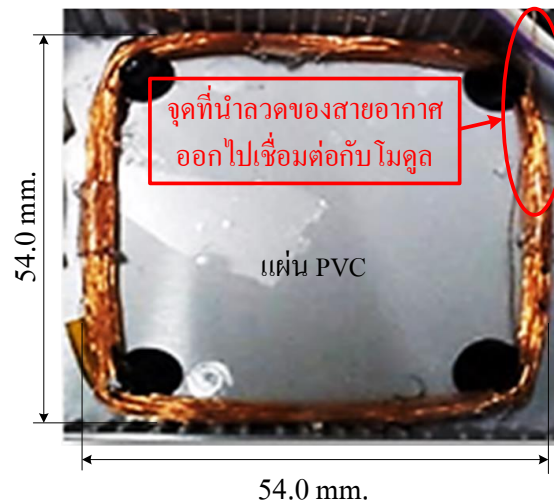
จากภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่าแผ่นวงจรพิมพ์ของโมดูลที่ได้ทำการออกแบบไว้นั้นมีขนาด 51.5×51.5 ตร.มม.² ดังนั้นในการออกแบบสายอากาศในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการออกแบบให้สายอากาศมีขนาดใหญ่กว่าแผ่นวงจรพิมพ์เล็กน้อย เพื่อลดผลกระทบของ

สนามแม่เหล็กที่อาจก่อให้เกิดการรบกวนซึ่งกันและกันระหว่างวงจรโมดูลกับสายอากาศ หรือสภาวะความเหนี่ยวนำร่วม (Mutual inductance) โดยสายอากาศที่ได้นำเสนอจะมีลักษณะเป็นบ่วงสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีขนาดทั้งความกว้าง (w) และยาว (h) 54 มม. ดังแสดงในภาพที่ 5 สร้างขึ้นจากขดลวดทองแดง SWG (Standard wire gauge) เบอร์ 35 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.21 มม. พันวนสกรูพลาสติก 4 แกน เป็นจำนวนรอบ (N) 75 รอบ โดยสายอากาศถูกจัดวางไว้เหนือแผ่นวงจรพิมพ์ในภาพที่ 3 โดยมีแผ่น PVC คั่นไว้ระหว่างกลางดังแสดงในภาพที่ 5 และสายอากาศจะอยู่ด้านเดียวกันกับไฟแสดงสถานะการอ่านดังภาพที่ 2 ซึ่งจำนวนรอบที่ใช้ในการพันรอบสกรูพลาสติก 4 แกน นั้นคำนวณได้จากสมการที่ 1 (Grover, 2004) เมื่อ L_{rec} คือค่าความเหนี่ยวนำของสายอากาศบ่วงรูปทรงสี่เหลี่ยมซึ่งกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1.337 mH μ_0 คือ ความซึมซาบได้ของสุญญากาศ มีค่าเท่ากับ $4\pi \times 10^{-7}$ เฮนรี/เมตร และ μ คือ ความซึมซาบได้สัมพัทธ์ มีค่าเท่ากับ 1 (ดังนั้น N จะคำนวณได้ประมาณ 75.23 รอบ เพื่อให้ง่ายต่อการสร้างจึงปัดเศษลดลงเหลือ 75 รอบ โดย

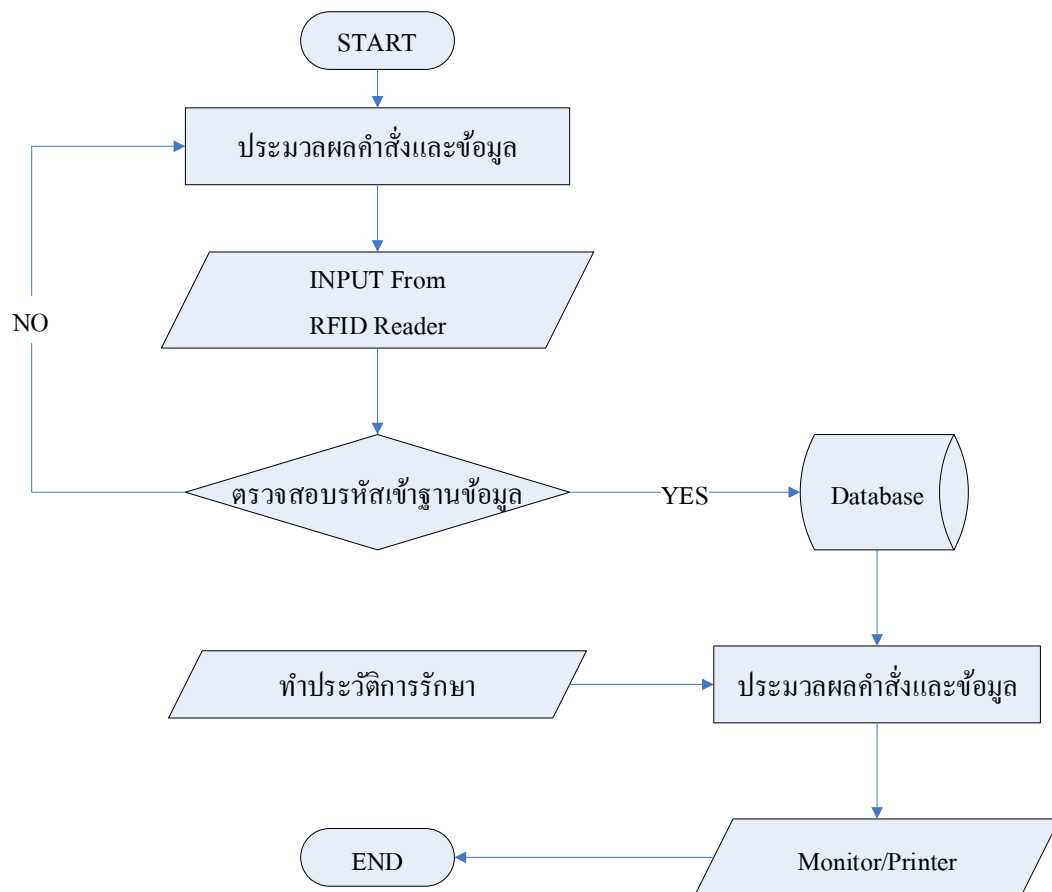
$$N \approx \sqrt{\frac{L_{rec}}{\mu_0 \mu_r \left[\frac{-2(w+h) + 2\sqrt{h^2 + w^2}}{+T} \right]}} \quad (1)$$

และ

$$T = -h \ln \left(\frac{h + \sqrt{h^2 + w^2}}{w^2} \right) - w \ln \left(\frac{w + \sqrt{h^2 + w^2}}{h^2} \right) + h \ln \left(\frac{2h}{d} \right) + w \ln \left(\frac{2w}{d} \right) \quad (2)$$



ภาพที่ 5 สายอากาศเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีย่านความถี่ต่ำแบบบ่วงรูปทรงสี่เหลี่ยมที่ฉับแบบ



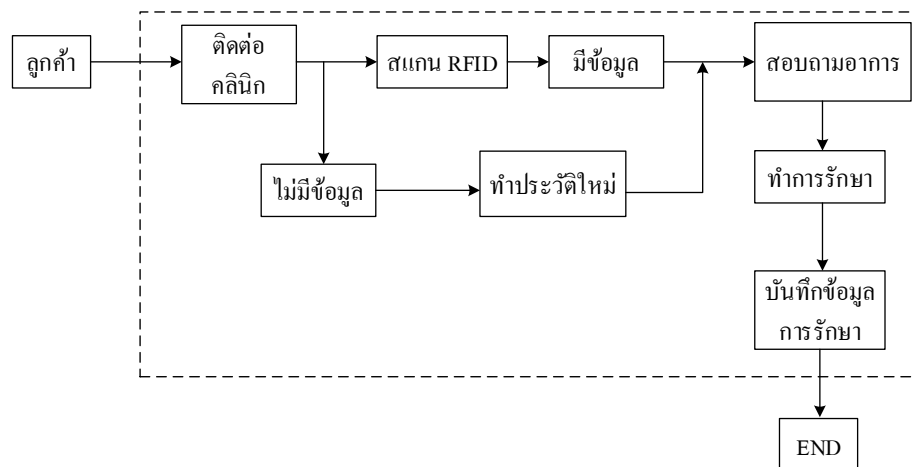
ภาพที่ 6 ผังงานการทำงานของโปรแกรมระบบจัดการฐานข้อมูลคลินิกกรักษาสัตว์ที่ได้นำเสนอ

2. การออกแบบระบบจัดการฐานข้อมูลคลินิกรักษาสัตว์

2.1 ฟังงาน (Flow chart) ที่ถูกแสดงไว้ในภาพที่ 6 อธิบายภาพรวมการทำงานของโปรแกรมระบบจัดการฐานข้อมูลคลินิกรักษาสัตว์ที่ได้ทำการออกแบบ

โดยเริ่มจากการประมวลผลคำสั่งและข้อมูลเพื่อตรวจสอบการทำงานของ ฮาร์ดแวร์ในแต่ละส่วนว่ายังสามารถทำงานได้ปกติหรือไม่ จากนั้นโปรแกรมจะทำการตรวจสอบข้อมูลอินพุตของเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีว่ามีรหัสที่ได้จากเครื่องอ่าน (รหัสของแท็กที่แขวนไว้กับคอของสัตว์) เข้ามาหรือไม่ หากไม่มีอินพุตเข้ามากระบวนการก็จะเริ่มกลับไปทำงานที่ขั้นตอนแรกใหม่อีกครั้ง แต่หากมีอินพุตเข้ามา รหัสของแท็กจะถูกส่งไปตรวจสอบเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลที่ได้เขียนไว้ หาก

รหัสของแท็กที่อ่านได้ตรงกับฐานข้อมูล ข้อมูลก็จะถูกส่งต่อเพื่อนำไปใช้ในการประมวลผลคำสั่งและข้อมูลต่อไปในลำดับถัดไป ในขั้นตอนการประมวลผลคำสั่งและข้อมูล ข้อมูลส่วนหนึ่งจะถูกนำไปแสดงผลบนจอมอนิเตอร์ (Monitor) เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถบันทึกหรือดูประวัติของสัตว์ตัวนั้นได้ ในขณะที่เดียวกันหากสัตว์แพทย์ต้องการบันทึกประวัติการรักษาในปัจจุบัน เช่น ประวัติการให้ยา หรือว่าตารางการนัดหมายในครั้งต่อไป ก็สามารถดำเนินการได้ในขั้นตอนนี้เช่นเดียวกัน โดยข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำไปจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลที่ได้จัดเตรียมไว้ ซึ่งที่อยู่ปลายทางของการจัดเก็บจะมีความสัมพันธ์กับรหัสประจำตัวจากแท็กที่อ่านได้ทีละตัว (1 รหัสต่อสัตว์ 1 ชนิด)



ภาพที่ 7 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของคลินิกรักษาสัตว์ด้วยเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี



ภาพที่ 8 การใช้เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีที่ได้ทำการออกแบบเพื่ออ่านแท็กที่ติดกับตัวสัตว์เลี้ยง

2.2 การทำงานของคลินิกรักษาสัตว์ด้วยเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีที่ถูกแสดงเป็นภาพโดยรวมในบล็อกไดอะแกรมดังภาพที่ 7 แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการทำงานของกระบวนการตรวจรักษาสัตว์เลี้ยงภายในคลินิกโดยเริ่มต้นจาก

เมื่อลูกค้านำสัตว์เลี้ยงเข้ามาติดต่อกับคลินิก เจ้าหน้าที่จะทำการสแกนแท็กที่ติดอยู่กับตัวของสัตว์หรือห้อยไว้กับปลอกคอ (กรณีลูกค้าเก่า) ดังแสดงในภาพที่ 8 เพื่อตรวจสอบทะเบียนประวัติ โดยแท็กจะเปรียบเสมือนบัตรประจำตัวของสัตว์

แต่หากว่าเป็นลูกค้าใหม่ที่ไม่มีแท็ก เจ้าหน้าที่จะทำการซักประวัติเจ้าของ และสัตว์ เพื่อเก็บประวัติเบื้องต้น แล้วจะทำการสร้างรหัสประจำตัวสัตว์ขึ้นมาใหม่ จากนั้นจึงนำแท็กอันใหม่มาเสกนเพื่อจับคู่ข้อมูลระหว่างแท็กกับรหัสประจำตัวของสัตว์ และทำ

การบันทึกลงในฐานข้อมูล จากนั้นจึงทำการติดแท็กเข้ากับตัวสัตว์

ข้อมูลของสัตว์ที่ถูกตรวจสอบในขั้นตอนก่อนหน้านี้ สัตวแพทย์ผู้รักษจะสามารถทราบได้ทันทีเมื่อนำเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีมาสแกน และสามารถนำข้อมูลมาประกอบรวมกับการวินิจฉัยอาการเบื้องต้นของสัตว์ได้ว่าจะต้องดำเนินการรักษาอย่างไรในลำดับถัดไป โดยข้อมูลการวินิจฉัยโรคของสัตว์นั้น สัตวแพทย์สามารถทำการบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูลได้ทันที และส่วนงานที่เกี่ยวข้องสามารถดึงข้อมูลส่วนนี้ออกมาใช้ได้ เพื่อออกใบนัดและคิดค่าใช้จ่ายในลำดับถัดไปได้ โดยทั้งหมดที่กล่าวมานี้สามารถทำการบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูลได้ และสามารถเรียกข้อมูลกลับขึ้นมาดูได้ทุกครั้งที่สัตว์เข้ามารับรักษาโดยการสแกนแท็กอาร์เอฟไอดีที่ติดอยู่กับสัตว์เพียงเท่านั้น

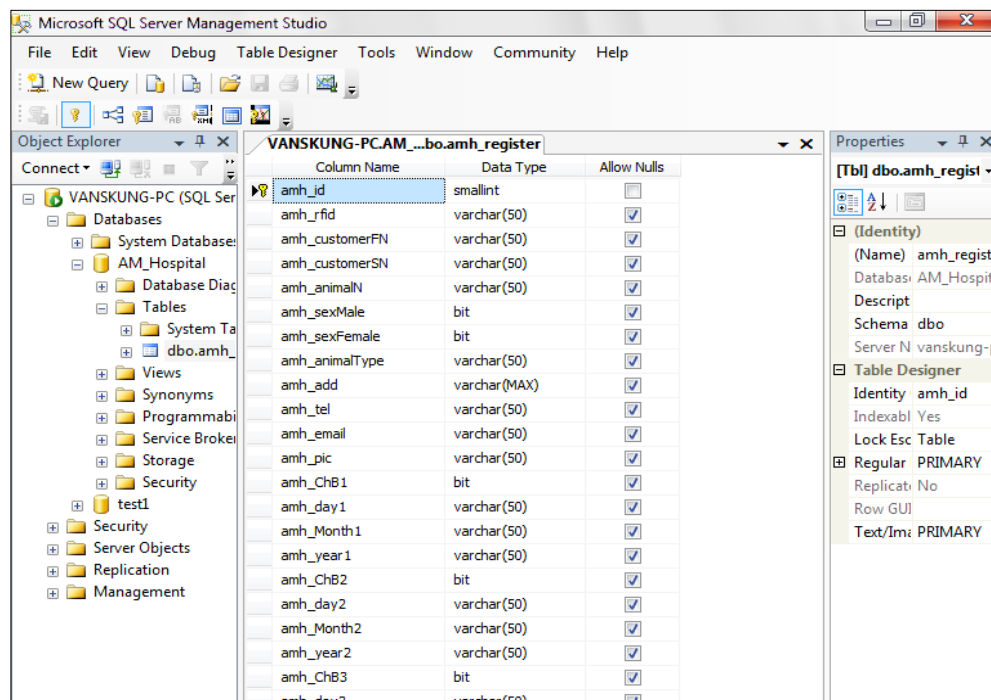
ภาพที่ 9 หน้าต่างโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลในโรงพยาบาลสัตว์หน้าแรก

โดยปุ่มค้นหาจะค้นหาข้อมูลของสัตว์ ปุ่มเพิ่มข้อมูลใช้เพิ่มข้อมูลในการลงประวัติการรักษา ปุ่มบันทึกและแก้ไขใช้ในการบันทึกข้อมูลที่มีการแก้ไขใหม่ ปุ่มลบข้อมูลใช้ในการกรณีที่การกรอกข้อมูลผิดพลาด ปุ่มประวัติการรักษาใช้ในการเรียกดูข้อมูลประวัติการรักษา ปุ่มเลือกรูปภาพใช้ในการเลือกรูปภาพของสัตว์เพื่อนำมาทำประวัติ ปุ่มออกโปรแกรม คือ ปุ่มที่ใช้ในการออกจากโปรแกรม

2.3 ระบบจัดการฐานข้อมูลในคลินิกสัตว์ที่ได้นำเสนอในบทความนี้ใช้โปรแกรม Visual Basic 2013 ในการออกแบบหน้าต่างโปรแกรมการใช้งาน ซึ่งการเข้าใช้งานของระบบบนหน้าจอคอมพิวเตอร์จะถูกออกแบบขึ้นเป็น 2 หน้าต่างดังแสดงในภาพที่ 9 เมื่อผู้ใช้งานเปิดโปรแกรมเพื่อใช้งานเริ่มต้นก็จะพบกับหน้าต่างนี้เป็นหน้าแรกซึ่งเป็นหน้าต่างของข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการแจ้งข้อมูลหรือลงทะเบียนสัตว์โดยภาพภายหลังการกรอกข้อมูลแสดงในภาพที่ 14 หลักการออกแบบหน้าต่างโปรแกรมนี้ได้อ้างอิงข้อมูล

จากสถิติการใช้บริการของลูกค้า เช่น การให้วัคซีน การอาบน้ำ ตัดขน หรือ การรับฝากสัตว์ โดยบริการดังกล่าวได้ออกแบบให้เป็นหัวข้อหลักที่จะแสดงไว้บนหน้าจอ ทั้งยังมีบล็อกสำหรับพิมพ์บันทึกการรักษา ในบริเวณด้านล่างของหน้าต่างโปรแกรม ที่นอกเหนือจากหัวข้อหลักไว้อีกด้วย เพื่อความสะดวกในการให้บริการ ซึ่งในอนาคตหากมีการเพิ่มรายการวัคซีนหรือมีการแก้ไขรายการที่ต่างที่ต่างออกไปสามารถปรับปรุงได้โดยการปรับปรุงข้อมูลในโปรแกรม Visual Basic หรือ Microsoft SQL Server Management Studio และ ในภาพที่ 10 จะเป็นหน้าต่างที่สองซึ่งเป็นหน้าต่างสำหรับบันทึกประวัติการรักษา เช่นการให้วัคซีน การอาบน้ำ ตัดขน หรือ การรับฝากสัตว์ โดยข้อมูลที่เจ้าหน้าที่ต้องเป็นผู้กรอกข้อมูลเบื้องต้นได้แก่ ชื่อเจ้าของ วันเข้ารักษา ชื่อสัตว์ สายพันธุ์ น้ำหนัก รูปถ่าย ประวัติการรักษา อย่างไรก็ตามระบบที่นำเสนอยังไม่มีการคำนวณค่าใช้จ่ายในการรักษา

ภาพที่ 10 หน้าต่างโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลในโรงพยาบาลสัตว์หน้าต่างที่สอง



ภาพที่ 11 ฐานข้อมูลประวัติการรักษา

ตารางที่ 1 การทดสอบการอ่านของเครื่อง RFID Reader กับแท็ก

ระยะ	แท็กที่ 1	แท็กที่ 2	แท็กที่ 3	แท็กที่ 4	แท็กที่ 5	เปอร์เซ็นต์
การอ่าน (เซนติเมตร)	รหัสของแท็ก					ความถูกต้อง
	400073FFCC00	4000742DC8D1	400073E969B3	400073F05F9C	4000741B0926	
1	☺	☺	☺	☺	☺	100 %
2	☺	☺	☺	☺	☺	100 %
3	☺	☺	☺	☺	☺	100 %
4	☺	☺	☺	☺	☺	100 %
5	☺	☺	☺	☺	☺	100 %
6	☺	☺	☺	☺	☺	100 %
7	☺	☺	☺	☺	☺	100 %
8	☺	☺	☺	☺	☺	100 %
9	☺	☺	☺	☺	☺	100 %
10	☺	☺	☺	☺	☺	100 %
11	☺	☺	☺	☺	☺	100 %
12	☹	☹	☹	☹	☹	0 %
13	☹	☹	☹	☹	☹	0 %

หมายเหตุ ☺ หมายถึง เครื่องอ่านข้อมูลสามารถอ่านข้อมูลจากแท็กได้ และ ☹ หมายถึง เครื่องอ่านข้อมูลไม่สามารถอ่านข้อมูลจากแท็กได้

2.4 การสร้างฐานข้อมูลในงานวิจัยฉบับนี้สร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการจัดเก็บข้อมูลประวัติการรักษาสัตว์ภายในคลินิกที่เข้ามาทำการรักษา โดยใช้โปรแกรม Microsoft.SQL.Server Management Studio โดยใช้ภาษา SQL ในการเขียนฐานข้อมูล ดังแสดงหน้าตาฐานข้อมูลของระบบในภาพที่ 11 ซึ่งเป็นฐานข้อมูลส่วนหนึ่งของประวัติการรักษา โดยที่มาของการออกแบบหน้าตาโปรแกรมหน้านี้ใช้การอ้างอิงข้อมูลมาจากสถิติการใช้บริการของลูกค้าทั่วไปในโรงพยาบาลสัตว์โพธิ์กลาง โดยผลสำรวจพบว่าบริการที่ได้รับความนิยมมากที่สุดได้แก่ การฉีดวัคซีนประจำปี วัคซีนป้องกันเห็บหมัด วัคซีนยาคุม วัคซีนป้องกันโรคผิวหนัง การอาบน้ำ ตัดขน และฝากเลี้ยง โดยบริการดังกล่าวได้ออกแบบให้เป็นหัวข้อหลักที่จะแสดงไว้บนหน้าจอ และยังมีบล็อกสำหรับพิมพ์บันทึกการรักษาที่นอกเหนือจากหัวข้อหลักไว้อีกด้วย เพื่อความสะดวกในการให้บริการดังที่ได้แสดงในภาพที่ 9 และ 10 ไปแล้ว

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. การทดสอบและวิจารณ์ผลระยะการอ่านของเครื่องกับแท็ก

ภาพที่ 12 แสดงลักษณะการทดสอบระยะการอ่านสูงสุดระหว่างเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีที่ได้ทำการออกแบบกับแท็กที่ใช้ติดกับปลอกคอสัตว์ (Thesprucepets, 2022) โดยทำการทดลองจากแท็ก 10 ตัว และกำหนดให้แต่ละตัวมีรหัสที่แตกต่างกัน และปรับเปลี่ยนระยะการอ่านทดสอบเป็น 10 ระยะ จาก 1 ถึง 10 ซม.ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 1

ผลจากการสอบพบว่าเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีย่านความถี่ต่ำ (Noothong *et al.*, 2004) ที่ได้ทำการออกแบบในงานวิจัยนี้สามารถอ่านแท็กได้อย่างทั้ง 10 ตัว ได้ระยะสูงสุดคือ 11 ซม. โดยผลจากการอ่านทั้งหมดที่กล่าวมาคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ถ้าวางแท็กไว้ห่างจากเครื่องอ่านมากกว่า 11 ซม. เครื่องอ่านจะไม่สามารถอ่านแท็กได้ดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 1



ภาพที่ 12 การทดสอบระยะการอ่านได้สูงสุด

2. การทดสอบและวิจารณ์ผลระบบจัดการฐานข้อมูล คลินิกกรักษาสัตว์ที่เชื่อมต่อกับเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี

ภาพที่ 13 แสดงการทดสอบการอ่านแท็กที่ติดอยู่กับปลอกคอสุนัขสายพันธุ์ ชิววา (น้องแฮปปี้) (Konthien *et al.*, 2014) เพื่อทดสอบการเข้าใช้งานโปรแกรมในขณะเริ่มต้น โดยระยะห่างระหว่างเครื่อง

คอมพิวเตอร์กับเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีย่านความถี่ต่ำชนิดมือถือที่ได้แนะนำเสนอนั้นจะมีระยะห่างกันประมาณ 1 เมตร เพื่อให้สามารถใช้งานได้สะดวก โดยความเป็นจริงนั้นสามารถใช้งานได้ห่างมากกว่าขึ้นอยู่กับคุณภาพสาย USB ที่ใช้งาน (Wang *et al.*, 2013)



ภาพที่ 13 การทดสอบการอ่านแท็กที่ติดกับตัวสัตว์ (สุนัข)

ระบบจัดการฐานข้อมูลในโรงพยาบาลสัตว์

ลงทะเบียนสัตว์เลี้ยง

รหัสลูกค้า	400073	เลขที่ RFID	400073FFCC00
ชื่อลูกค้า	ค.ญ. จันทร์เจ้า	นามสกุล	สิมมา
ชื่อสัตว์เลี้ยง	แฮปปี้	เพศ	☐ เพศผู้ ☒ เพศเมีย
ชนิดสัตว์เลี้ยง	หมา		
เบอร์โทรศัพท์	089-6911393	E-mail	aaa@bbb.com
ที่อยู่	355-359 ก.โพธิ์กลาง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000		

RFID Reader by TE15-3@RMUTI

ค้นหาด้วย RFID เพิ่มข้อมูล บันทึก/แก้ไข ลบข้อมูล ประวัติการรักษาสัตว์ ออกจาก

ภาพที่ 14 หน้าต่างโปรแกรมแสดงฐานข้อมูลของสัตว์เริ่มต้นเมื่อมีการอ่านค่าแท็ก

จากการทดสอบและบันทึกผล สังเกตได้ว่าลักษณะของหน้าต่างโปรแกรมเมื่อมีการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลการรักษาของสัตว์ที่ได้ถูกเขียนไว้แล้วนั้น จะมีลักษณะหน้าต่างแรกดังภาพที่ 14 สอดคล้องและเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้ และเมื่อต้องการเข้าถึงประวัติการรักษาของสัตว์ก็สามารถคลิกเข้าไปได้ที่ปุ่ม “ประวัติการรักษา” จากนั้นภาพหน้าต่างประวัติการรักษาที่ปรากฏจะแสดงดังภาพที่ 15 และหาก

ต้องการบันทึกประวัติการรักษาก็สามารถทำการคลิกเข้าไปได้ที่ปุ่ม “บันทึก” โดยการนำระบบอาร์เอฟไอดีร่วมกับระบบจัดการฐานข้อมูลคลินิกรักษาสัตว์ที่นำเสนอสามารถลดความผิดพลาดจากการให้บริการร้อยละ 0.25 เหลือ ร้อยละ 0.05 และเพิ่มความพึงพอใจในการให้บริการของผู้ที่มาใช้บริการจากร้อยละ 3.24 เป็น ร้อยละ 3.5 ระยะเวลาในการจัดการข้อมูลในการให้บริการจาก 5 นาที โดยเฉลี่ยเหลือเพียง 0.5 นาที

ลำดับ	โรค/อาการ	วันที่	เดือน	ปี
1.	โรคฉี่รดที่นอน	☐	วัน/เดือน/ปี	ค.ศ.
2.	โรคไม่หัดสุ่น	☐	วัน/เดือน/ปี	ค.ศ.
3.	โรคหวัดและหลอดลมอักเสบ	☐	วัน/เดือน/ปี	ค.ศ.
4.	โรคตับอักเสบ	☐	วัน/เดือน/ปี	ค.ศ.
5.	โรคพิษสุนัขบ้า	☒	วัน/เดือน/ปี	ค.ศ.
6.	ฉีดพิษสุนัขบ้า	☒	วัน/เดือน/ปี	ค.ศ.
7.	ฉีดยาคุม	☐	วัน/เดือน/ปี	ค.ศ.
8.	ฉีดวัคซีนป้องกัน	☐	วัน/เดือน/ปี	ค.ศ.

บันทึกการรักษา

RFID Reader by TE15-3@RMUTI

บันทึก จบการทำงาน

ภาพที่ 15 หน้าต่างโปรแกรมประวัติการรักษาของสัตว์

สรุป

ผลการดำเนินงานจากการออกแบบและสร้างระบบจัดการฐานข้อมูลในคลินิกสัตว์ด้วยเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีอำนวยความสะดวกที่ได้นำเสนอนั้น สามารถนำเครื่องอ่านต้นแบบนี้ไปใช้งานได้จริง และสามารถช่วยให้ระบบการจัดการฐานข้อมูลในคลินิกสัตว์มีความสะดวกรวดเร็วต่อการจัดเก็บและบันทึกข้อมูลได้ ถึงแม้ข้อมูลประวัติการรักษาของแต่ละที่อาจมีความแตกต่างกันบ้าง แต่อยู่บนพื้นฐานการพัฒนา

ฐานข้อมูล และหน้าต่างการเข้าใช้แบบเดียวกัน ดังนั้นจึงสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมการใช้งานในอนาคต ซึ่งระยะเวลาใช้งานที่เหมาะสมระหว่างเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีที่ได้ทำการสร้างขึ้นกับแท็กคือระยะ 0 ถึง 11 ซม. ซึ่งความพิเศษของระบบที่ได้นำเสนอ คือ การนำเอาเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีซึ่งเป็นเทคโนโลยีแบบไร้สายมาใช้ จึงทำให้ลดการสัมผัสในขณะที่ใช้งาน การทำงานไม่จำเป็นต้องทำงานอยู่ในระบบสายตาเสมอ (ถ้าเทียบกับบาร์โค้ด) ทำให้สะดวกและสบายต่อการใช้งาน แต่เนื่องจากการพัฒนา

ต้นแบบรุ่นแรกจึงยังมีข้อจำกัด และสิ่งที่ต้องแก้ไขในอนาคตคือ ณ ปัจจุบันระบบจัดการฐานข้อมูลในคลินิกสัตว์ด้วยเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีที่ได้นำเสนอยังไม่สามารถดึงข้อมูลประวัติการรักษาขึ้นมาให้สัตวแพทย์หรือผู้ใช้งานเข้าดูได้ทันทีแบบเรียลไทม์ (Real-time) แต่สามารถเก็บประวัติการรักษาได้ทั้งหมดตามที่เขียนหน้าตาการใช้งานไว้ ซึ่งปัจจุบันหากต้องดูข้อมูลประวัติการรักษาย้อนหลัง สามารถทำได้โดยการนำข้อมูลดิบมาแปลงเป็นผล หรือปรี้นข้อมูลออกมาดู ดังนั้น สิ่งที่จะต้องพัฒนาต่อไปในอนาคตคือการเขียนหน้าตาโปรแกรมการใช้งานเพิ่มเติมเพื่อเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลและแสดงข้อมูลออกมายังหน้าจอแบบเรียลไทม์เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถค้นหาข้อมูลย้อนหลังได้ทันที

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ตามสัญญาเลขที่ ENG13/63

ขอขอบคุณ นางสาวเพชรภรณ์ เสนอกกลาง และ นางสาวนวลละหงส์ ดีแก่ สำหรับการช่วยเก็บข้อมูลให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

และขอขอบคุณ โรงพยาบาลสัตว์โพธิ์กลาง ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการเก็บข้อมูลและทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Balanis, C.A. 2016. **Antenna theory: analysis and design**. 4th ed. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Chavananikul, V. 2013. **Case Study: Implementation of RFID for animal production of**

Thailand. Available Source: <https://www.vincithai.com/Files/Name2/CONTENT588871df26f5341500b3cf63556203873648455.pdf>, October 6, 2023. (in Thai)

Cytron (Thailand). 2021. **125KHz USB RFID Smart Card Reader EM4100**. Available Source: <https://th.cytron.io/p-125khz-usb-rfid-smart-card-reader-em4100>, February 21, 2021. (in Thai)

Dear friend of different species. 2020. **The bond between humans and dogs**. Human vs dog. Available Source: <https://sites.google.com/site/dearfriendifferentspecies/khwam-phukphan-rahwang-mnusy-kab-sunakh>, October 13, 2020. (in Thai)

Digi-Key Electronics. 2019. **ID-2LA, ID-12LA, ID-20LA Low Voltage Series Reader Modules**. ID-2LA, ID-12LA, ID-20LA Datasheet by SparkFun Electronics. Available Source: <https://www.digkey.com/htmldatasheets/production/2365338/0/0/1/id-2la-id-12la-id-20la.html>, October 13, 2020.

Dogan, H., Çaglar, M.F., Yavuz, M. and Gözel, M.A. 2016. Use of radio frequency identification systems on animal monitoring. **SDU International Journal of Technological Science** 8(2): 38-53.

FAREAD. 2021. **FRD420F Animal Stick Reader**. Animal Reader. Available Source: <http://www.faread.com/product/readers/reader/frd420f-animal-stick-reader-4661.html>, February 14, 2021.

Focus Technology. 2021. **Animal RFID Handheld Reader Tag Reader Scanner**. Available Source: <https://hiprove.en.made-in-china.com/product/>

- pBNvaboHkrJ/China-Animal-RFID-Handheld-Reader-Tag-Reader-Scanner.html, February 14, 2021.
- FTDI Chip. 2020. **Future Technology Devices International Ltd. FT232R USB UART IC Datasheet.** FT232R USB UART IC Datasheet Version 2.16. Available Source: https://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS_FT232R.pdf, May 21, 2020.
- Grover, F.W. 2004. **Inductance calculations: working formulas and tables.** Courier Corporation, New York.
- IndiaMART InterMESH. 2021. **STL991 Wireless Walk-IN RFID Reader.** RFID Readers. Available Source: <https://www.indiamart.com/siliconwirelessystems/rfid-readers.html>, February 21, 2021.
- Kantha, P. 2017. Ontological Pluralism in the Parallelism between Animal and Human. **Journal of Social Sciences, Naresuan University: JSSNU** 13(2): 5-20. (in Thai)
- Konthien, S., Sanerklang, P. and Deekae, D. 2014. Database Management System with RFID Reader in an animal hospital. Bachelor Thesis of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan. (in Thai)
- Ministry of Agriculture and Cooperatives. 2015. Re: Rules, procedures, and conditions of veterinary sanatoriums which are not subject to the law on veterinary sanatoriums as must be operated under the law on veterinary sanatoriums (December 23, 2015) Government Gazette vol. 132(Special episode 399 D), pp. 18-22. (in Thai)
- Noothong, W., Noimai, A. and Wansawang, P. 2004. RFID, Versatile technology. **Nectec** 11(60): 15-22. (in Thai)
- Promkot, A.N., Srihard, N. and Wongsupa, U. 2015. System development for veterinary clinic management. **SNRU Journal of Science and Technology** 7(2): 71-83. (in Thai)
- Pumpoung, T., Nuangwongsa, K., Kupimai, M., and Suripol, U. 2016a. Radio Frequency Identification Tag. **Journal of Industrial Technology Rambhai Barni** 6(2): 52-56. (in Thai)
- Pumpoung, T., Nuangwongsa, K., Kupimai, M. and Suripol, U. 2016b. Radio Frequency Identification Systems: RFID. **Journal of Industrial Technology Rambhai Barni** 6(2): 39-51. (in Thai)
- Rizzo, M.A.R., Murizah, K.N.Y.C. and Roslina, M. 2020. RFID Monitoring System and Management on Deer Husbandry, pp. 1-14. **In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science** 540 (2020).
- SLon Technology. 2021. **LF RFID reader Livestock RFID Handheld Reader device for animal management (EMID/ FDX-B(ISO11784/785)/ EDX-A).** RFID Handheld Readers. Available Source: <http://www.slonrfid.com/pid15369177/LF-RFID-reader-Livestock-RFID-Handheld-Reader-device-for-animal-managerment-EMID-FDX-B-ISO11784-785-EDX-A.htm>, February 21, 2021.

Smart Identify. 2021. **We are RFID Hardware**

Provider. Available Source: <https://www.smartiden.com>, February 21, 2021. (in Thai)

Suwanasiri, S. 2018. **What is a SQL.** Database

system. Available Source: <https://sites.google.com/site/supatrasuwannasiri25/sql-khux-xari>, February 2, 2018. (in Thai)

ThaiEasyElec. 2021. **RFID / NFC.** Available Source:

<https://www.thaieasyelec.com/category/19/rfid-nfc>, February 21, 2021. (in Thai)

THEMESWP. 2021. **Read head PROXIMITY**

125KHZ RFID READER for android mobile phone. Articles. Available Source: <https://www.fuyashop.com/product/หัวอ่าน-proximity-125khz-rfid-reader-สำหรับมือถือแอนดรอย/>, February 21, 2021. (in Thai)

Thesprucepets. 2022. **8 Different Types of Dog**

Collars. Pet news. Available Source: <https://www.thesprucepets.com/different-types-of-dog-collars-1118613>, March 21, 2022.

Vathin, L. 2013. **History of Visual Basic.**

Aj.Luxsana Classroom. Available Source: <https://sites.google.com/site/luxsanavathin/gui/xngkh-prakxb-phun-than>, June 10, 2013. (in Thai)

Wang, A., Li, Z., Yang, X. and Feng, B. 2013. A new

security problem of USB: Monitoring cable attack and countermeasures, pp. 129-137. *In*

Proceedings of the 2012 International Conference on Information Technology and Software Engineering. Springer, Berlin, Heidelberg.