

DOI:10.22144/ctu.jvn.2023.026

THIẾT KẾ THẺ RFID TÍCH HỢP CẢM BIẾN CÔNG SUẤT THẤP ỨNG DỤNG THEO DÕI HOẠT ĐỘNG CÁ THỂ BÒ SỮA

Trần Minh Nhật^{1*}, Nguyễn Chí Ngôn² và Trần Việt Thắng³

¹Khoa Điện tử Viễn thông, Trường Đại học Sài Gòn

²Trường Bách khoa, Trường Đại học Cần Thơ

³Phòng Khoa học Công nghệ, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Trần Minh Nhật (email: tranminhnhat@yahoo.com)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 27/10/2022

Ngày nhận bài sửa: 15/11/2022

Ngày duyệt đăng: 28/11/2022

Title:

Design of RFID Tag integrated low-power sensor for tracking the activities of milk cow

Từ khóa:

Cảm biến gia tốc, hành vi của bò, RFID

Keywords:

Accelerometer sensor, cow behavior, RFID

ABSTRACT

Cow's milk and its products provide many nutrients that contribute to the healthy growth of the body. In addition, milk production brings great benefits to producers and ensures household livelihoods, food security and nutrition. However, the ability to exploit milk may be limited due to poor quality feed, diseases and capacity of conventional farms. To improve dairy farming efficiency, we have proposed a dairy cow monitoring system based on motion recognition and wireless communication. The core of our system is a sensor card equipped with an accelerometer sensor. To evaluate the feasibility of the proposed system, experiments were conducted to identify three behaviors, usually dairy cows, for a week with the help of camera and observer systems. These behaviors include standing, walking, and grazing. Our achievements can pave the way for the development of smart and precise farm systems.

TÓM TẮT

Sữa bò và các sản phẩm của nó cung cấp nhiều chất dinh dưỡng góp phần vào sự phát triển khỏe mạnh của cơ thể. Ngoài ra, sản xuất sữa mang lại lợi ích to lớn cho người sản xuất và đảm bảo sinh kế hộ gia đình, an ninh lương thực và dinh dưỡng. Tuy nhiên, khả năng khai thác sữa có thể bị hạn chế do thức ăn kém chất lượng, dịch bệnh và năng suất của các trang trại truyền thống. Để nâng cao hiệu quả chăn nuôi bò sữa, chúng tôi đã đề xuất một hệ thống giám sát bò sữa dựa trên nhận dạng chuyển động và giao tiếp không dây. Cốt lõi của hệ thống là một thẻ cảm biến tích hợp cảm biến gia tốc. Để đánh giá tính khả thi của hệ thống được đề xuất, các thí nghiệm đã được tiến hành để xác định ba hành vi của bò sữa trong một tuần với sự trợ giúp của hệ thống camera và thiết bị quan sát. Những hành vi này bao gồm đứng yên, đi bộ và ăn cỏ. Những kết quả đạt được của chúng tôi có thể mở đường cho sự phát triển các hệ thống trang trại thông minh và chính xác.

1. GIỚI THIỆU

Ngày nay, có một số thách thức mà ngành nông nghiệp đang phải đối mặt, bao gồm lãng phí lương thực, nhân khẩu học và sự khan hiếm tài nguyên thiên nhiên (Mhatre et al., 2020). Theo một báo cáo

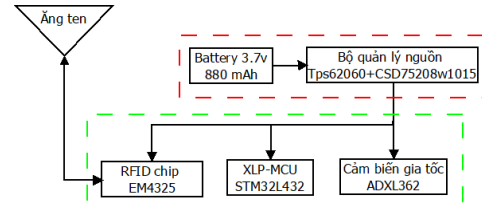
trong Hội nghị Thượng đỉnh Chính phủ Thế giới, khoảng 660 triệu người trên thế giới được dự đoán sẽ bị đói và suy dinh dưỡng vào năm 2030 (FAO, 2021). Báo cáo chỉ ra rằng nhân loại sẽ phải sản xuất thêm 70% lương thực để đáp ứng nhu cầu vào năm

2050. Để giải quyết vấn đề nghiêm trọng này, nhiều giải pháp bổ sung phải được xem xét. Ngoài ra, các phương pháp nông nghiệp và trang trại thông thường phải được thay đổi và hỗ trợ bởi những tiến bộ mới trong công nghệ, chẳng hạn như rô bốt, cảm biến thông minh và hệ thống thông tin & liên lạc (Mhatre et al., 2020). Trong quá trình chăn nuôi, việc xác định dịch bệnh vật nuôi là vô cùng quan trọng vì dịch bệnh làm giảm năng suất, tăng chi phí, hao hụt thương phẩm, giảm giá trị thị trường, mất an toàn vệ sinh thực phẩm. Tác động của dịch bệnh gia súc đến kinh tế và xã hội đã được chứng minh trên toàn cầu, ở cả các nước phát triển và đang phát triển (Perry & Grace, 2009). Ví dụ, bệnh lở mồm long móng là một bệnh do vi rút rất dễ lây lan ảnh hưởng đến các loại gia súc nhai lại, bao gồm: bò, lợn và cừu (World Organisation for Animal Health, 2020). Theo thống kê, căn bệnh này ước tính gây thiệt hại cho các quốc gia có dịch bệnh từ 6,5 tỷ đô la đến 21 tỷ đô la hàng năm. Các nước trước đây không có dịch bệnh phải chịu chi phí từ 0,5 tỷ đô la đến 10 tỷ đô la sau khi dịch bùng phát (Knight-Jones & Rushton, 2013). Do đó, việc phát hiện sớm dịch bệnh vật nuôi kết hợp với hành động kịp thời giúp ngăn ngừa sự xuất hiện các vấn đề sức khỏe cho vật nuôi, từ đó giảm thiểu thiệt hại kinh tế và nâng cao chất lượng sản phẩm. Tuy nhiên, việc theo dõi sức khỏe của động vật hàng ngày là rất khó, đặc biệt là ở những trang trại lớn, nơi nhân viên không có đủ thời gian để quan sát và nhận thấy một số triệu chứng bệnh của động vật (Mhatre et al., 2020). Trong chăn nuôi bò sữa, có những dấu hiệu khác nhau cho thấy bò bị nhiễm bệnh. Những dấu hiệu này bắt nguồn từ những tổn thương đối với các cơ quan của bò như cơ, xương và dạ dày (SWAZILAND DAIRY BORD, 2020). Chúng có thể được nhận ra bởi sự thay đổi trong các hành vi vận động của bò, thói quen ăn uống, nhiệt độ cơ thể và thậm chí cả chất thải từ hệ tiêu hóa (Mayer, 2020). Do đó, việc phát hiện những thay đổi trong hành vi của bò đối với căn bệnh này là một vấn đề quan trọng. Có nhiều cách thực hiện để theo dõi hành vi của bò. Trong các nghiên cứu ban đầu, quan sát trực tiếp hoặc ghi video đã được sử dụng để xác định thời gian của các hành vi gặm cỏ và nhai lại (Nielsen, 2013). Tuy nhiên, cách tiếp cận này phải đối mặt với những thách thức lớn là tốn nhiều thời gian và công sức, nó trở nên không thực tế trên quy mô lớn ở các trang trại hiện đại. Với sự phát triển của công nghệ cảm biến, có rất nhiều thiết bị dựa trên cảm biến để nhận biết các hành vi của bò. Hi-Tag được phát triển để ghi lại âm thanh nhai của bò dựa trên tín hiệu âm thanh (Burfeind et al., 2011). Mặc dù thiết bị Hi-Tag này cung cấp độ chính xác

cao nhưng nó có thể bị ảnh hưởng mạnh bởi các nguồn nhiễu bên ngoài. Một phương pháp khác dựa trên phép đo áp suất đã được thực hiện (Zehner et al., 2017), nhưng ống áp suất silicone được sử dụng trong phương pháp này có ảnh hưởng lớn đến sự thoải mái của bò. Cảm biến gia tốc có chi phí thấp và không dễ bị can thiệp. Thiết bị có cảm biến gia tốc tích hợp sẽ không ảnh hưởng đến sự thoải mái của bò do kích thước nhỏ và trọng lượng nhẹ (Shen et al., 2020). Vì những lý do đó, chúng tôi tìm cách nhận biết hành vi di chuyển của bò sữa dựa trên cảm biến gia tốc. Mặt khác, trong những thập kỷ gần đây sự phát triển nhanh chóng của mạng cảm biến không dây đã khiến chúng có thể được áp dụng cho các lĩnh vực nghiên cứu mới nổi như IoT (Internet of Things) và các thiết bị đeo để theo dõi sức khỏe (Pantelopoulous & Bourbakis, 2010).

2. THIẾT KẾ PHẦN CỨNG VÀ ỨNG DỤNG

Hình 1 mô tả về thiết kế thẻ cảm biến công suất thấp ứng dụng theo dõi hoạt động của các cá thể bò sữa, thiết kế này được phát triển dựa trên cơ sở của thẻ cảm biến không dây đã được nghiên cứu cùng với nhóm nghiên cứu của Hàn Quốc (Dang, 2022). Thiết kế có hai mô-đun: mô-đun cung cấp năng lượng và mô-đun cảm biến.



Hình 1. Sơ đồ khối của thiết kế thẻ cảm biến

Bảng 1. Công suất tiêu thụ của các thành phần thiết bị chính trong mạch

STT	Tên thiết bị	Dòng tiêu thụ (µA)
1	Quản lý nguồn cds75208w1015	~0
2	Ổn áp DC-DC Tps6260	18
3	RFID (Radio Frequency Identification) tag	0
4	Cảm biến gia tốc ADX362	3 400Hz
5	MCU STM32L432	672(8MHz)
Công suất tiêu thụ (theo thiết kế)		693
Công suất thực tế (đo bằng thiết bị Fluke-87c)		1027

Với pin 880mAh, thiết bị cảm biến thiết kế có khả năng sử dụng trong 800h, đủ dùng trong thử nghiệm.

2.1. Khối quản lý nguồn (Power manager)

Khối quản lý nguồn sử dụng cặp MOSFET kênh P cho phép bật hoặc tắt tải hệ thống. Thiết bị CSD75208W1015 MOSFET có kích thước rất nhỏ được chọn để thiết kế khối này. MOSFET được điều khiển bởi bộ điều khiển trung tâm nhằm cung cấp nguồn từ pin đến các khối chức năng của hệ thống. Khối chức năng này đảm bảo nguồn cấp luôn ổn định. Điện áp đầu ra của MOSFET được đưa đến mạch ổn áp công suất thấp TPS62060 để duy trì điện áp ổn định cho các thiết bị. Dòng tiêu thụ trung bình của thiết bị ổn áp này chỉ ở mức 18 μ A, nhưng có khả năng cung cấp một dòng điện ra lên đến 1.6A (Texas Instruments, 2015).

2.2. Cảm biến gia tốc (Accelerometer sensor)

Do nhu cầu tối ưu hóa trong thiết kế mô-đun cảm biến về kích thước và năng lượng tiêu thụ, cảm biến gia tốc được chọn là ADXL362. Cảm biến này là một cảm biến gia tốc ba trục hoạt động ở mức tiêu thụ điện năng cực kỳ thấp. Nó đo cả gia tốc động, chẳng hạn như chuyển động và gia tốc tĩnh, bắt nguồn từ độ nghiêng. Dữ liệu tăng tốc được gửi đến máy chủ lưu trữ thông qua giao thức SPI (Serial Peripheral Interface). Một số tính năng ưu việt của ADXL362 có thể kể đến như sau:

- Giao tiếp SPI.
- Dải điện áp cung cấp rộng: 1,6 - 3,5 V.
- 1,8 μ A ở tốc độ dữ liệu đầu ra 100 Hz, nguồn cung cấp 2.0 V.
- Dòng điện chờ 10 nA.
- Độ phân giải cao: 1 mg / LSB.
- Kích thước thiết bị: 3 mm x 3,25 mm x 1,06 mm.

2.3. Bộ thu phát RF (Transceiver)

Bộ thu phát RF không chỉ cho phép thẻ cảm biến nhận yêu cầu từ bộ đọc mà còn truyền dữ liệu ID (*identification*) bỏ sửa và gia tốc trở lại bộ đọc. Để xử lý những tác vụ này, chúng tôi khai thác giá trị của công nghệ tán xạ ngược. Một chip thẻ RFID được sử dụng để phục vụ giao tiếp với bộ đọc. Thiết bị này tuân thủ chuẩn ISO / IEC 18000-63 và EPC Class-1 Generation-2. Hơn nữa, EM4325 có thể được sử dụng ở chế độ chủ động hoặc chế độ thụ

động có hỗ trợ kéo dài thời gian sống của cảm biến với tần số hoạt động từ 860 MHz đến 960 MHz. Một số tính năng tiêu biểu của EM 4325 được tóm tắt như sau:

- Giao tiếp SPI.
- Dải điện áp vào: 1,25 V đến 3,6 V.
- Tích hợp cảm biến nhiệt độ: -400C đến 600C với độ chính xác \pm 1.00C.
- 352 bit cho mã hóa UII / EPC.
- 3072 bit cho dữ liệu Người dùng.
- Tốc độ dữ liệu liên kết chuyển tiếp: 26,7 kbps đến 128 kbps.
- Tốc độ dữ liệu liên kết trả về: 40 kbps đến 640 kbps.

2.4. Bộ vi điều khiển (Microcontroller)

Bộ vi điều khiển được lựa chọn trong thiết kế này với số lượng chân GPIO (General Purpose Input Output) và ngoại vi đủ đáp ứng với yêu cầu của hệ thống và được liệt kê trong Bảng 2.

Theo Bảng 2, bộ vi điều khiển có 10 chân GPIO và 2 ngoại vi SPI. Ngoài ra, bộ điều khiển tiêu thụ điện năng rất thấp để đáp ứng nhu cầu cho thiết kế. Do đó, thiết bị STM32L432KC được đưa vào trong thiết kế thẻ cảm biến. Thiết bị STM32L4 bao gồm các bộ vi điều khiển công suất thấp dựa trên lõi ARM Cortex-M4 32-bit RISC (*reduced instruction set computer*) hiệu năng cao. STM32L432KC sở hữu bộ nhớ tốc độ cao, bao gồm 256 Kbyte bộ nhớ Flash và 64 Kbyte SRAM. Hơn nữa, thiết bị này thực hiện một số cơ chế bảo vệ để truy cập vào bộ nhớ Flash và SRAM: cơ chế bảo vệ đọc, ghi và tường lửa (STMicroelectronics Hungarian Branch, 2022). Một số tính năng quan trọng của chip STM32L432KC như sau:

- Điện áp nguồn từ 1,71 V đến 3,6 V.
- Mức tiêu thụ hiện tại là 84 μ A / MHz cho chế độ hoạt động, 28 nA cho chế độ chờ, và 8 nA cho chế độ tắt máy.
- Tần số xung nhịp lên đến 80 MHz.
- Chân IO lên đến 26 chân, hầu hết các chân 5V.
- Ngoại vi phong phú, chẳng hạn như 2x SPI, 2x I2C FM +, SMBus / PMBus, 3x USART, 1x SAI và 1x USB 2.0 tốc độ đầy đủ.

Bảng 2. Chân GPIO và ngoại vi trong thiết kế thẻ cảm biến

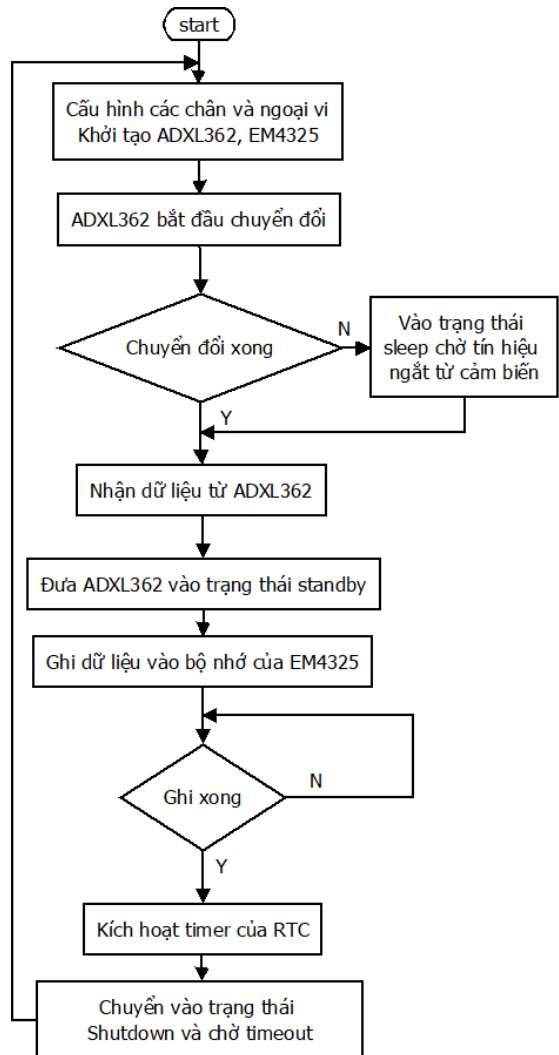
Khối	Ngoại vi	Số chân GPIO
Cảm biến gia tốc	SPI	5
Bộ truyền nhận không dây	SPI	4
Bộ nguồn	không	1

3. THIẾT KẾ CHƯƠNG TRÌNH ĐIỀU KHIỂN

3.1. Phần mềm cho cảm biến (Firmware for Sensor)

Khi thiết kế chương trình để điều khiển hoạt động của thẻ cảm biến, điều cần cân nhắc nhất là chương trình nạp vào MCU (microcontroller unit) phải chạy sao cho công suất tiêu thụ của mạch càng thấp càng tốt. Để làm được điều đó, cảm biến gia tốc, bộ thu phát RF và MCU cần dành phần lớn thời gian của chúng ở chế độ tiêu thụ điện năng thấp nhất mà chúng có. Quay trở lại Phần 2, dòng điện tối thiểu xảy ra ở chế độ chờ của cảm biến gia tốc, chế độ ngủ của bộ thu phát RF tiêu thụ ít điện năng nhất từ nguồn điện và thậm chí cả MCU khi ở chế độ tắt máy sẽ sử dụng ít năng lượng hơn cảm biến gia tốc ở chế độ chờ. Lưu đồ của chương trình cho thẻ cảm biến được trình bày trong Hình 2.

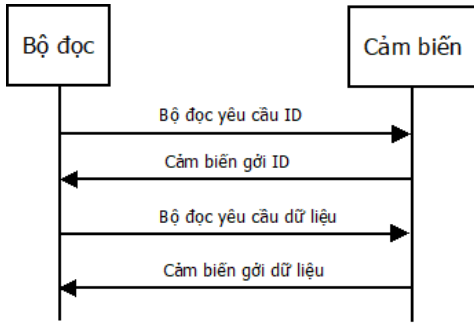
Khởi đầu, STM32L432KC được cấu hình, bao gồm việc khởi tạo các chân GPIO và ngoại vi, ADXL362 và EM4325 cũng được khởi tạo. Trong bước tiếp theo, cảm biến gia tốc bắt đầu đo và truyền dữ liệu. Sau khi kết thúc quá trình truyền, cảm biến này sẽ gửi tín hiệu ngắt đến MCU. MCU quan sát tín hiệu ngắt được tạo ra từ tín hiệu hoàn thành chuyển đổi của ADXL362 để quyết định xem nó có chuyển sang chế độ ngủ hay không. Nếu tín hiệu ngắt xuất hiện, MCU sẽ được chuyển sang chế độ hoạt động và lấy dữ liệu gia tốc. Sau đó, dữ liệu gia tốc được đưa vào chế độ chờ để giảm tiêu thụ điện năng và MCU chuyển sang ghi dữ liệu vào bộ nhớ người dùng của EM4325. Vì EM4325 cho phép ghi dữ liệu ở chế độ ngủ, bộ thu phát này không cần đánh thức để bảo toàn năng lượng. Khi dữ liệu được ghi lại đầy trong bộ nhớ này, MCU sẽ kích hoạt đồng hồ thời gian thực để tự đánh thức định kỳ 10 giây một lần. Cuối cùng, STM32L432KC vào chế độ tắt và sau khi thoát khỏi chế độ tắt, nó cần phải cấu hình lại tất cả các chân GPIO và ngoại vi vì dữ liệu định cấu hình cho chúng sẽ bị mất trong chế độ này.



Hình 2. Lưu đồ xử lý của thẻ cảm biến

3.2. Phần mềm cơ sở cho bộ đọc (Reader)

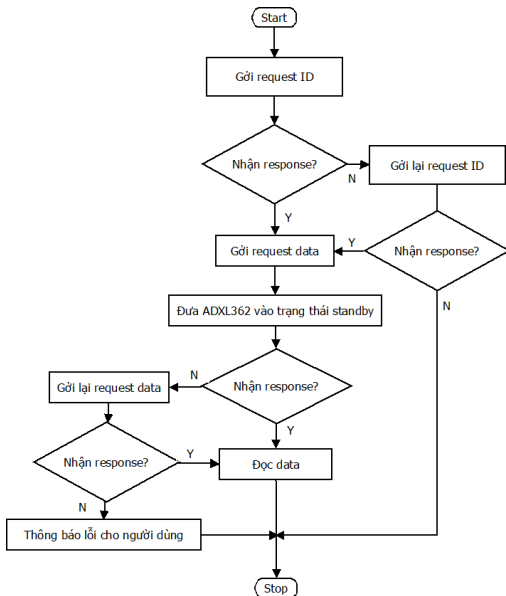
Bộ đọc RFID giao tiếp với thẻ cảm biến bằng cách sử dụng cơ chế được gọi là cơ chế “phản hồi yêu cầu”. Đầu tiên, bộ đọc gửi yêu cầu xác định ID của thẻ và đợi phản hồi từ thẻ cảm biến. Sau khi nhận được yêu cầu này, thẻ gửi lại ID của nó. Tiếp theo, bộ đọc xác minh ID này và đưa ra yêu cầu thứ hai để thu thập dữ liệu trên thẻ. Cuối cùng, thẻ cảm biến chuyển dữ liệu gia tốc của nó tới bộ đọc và quá trình giao tiếp giữa bộ đọc và thẻ cảm biến hoàn tất. Toàn bộ quá trình giao tiếp được quan sát trong Hình 3.



Hình 3. Cơ chế phản hồi yêu cầu

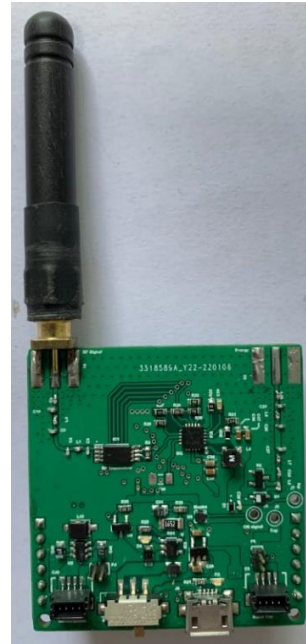
Ngoài ra, để đảm bảo dữ liệu gia tốc được thu thập chính xác, bộ đọc sẽ giao tiếp với thẻ cảm biến sau khi thẻ này chuyển sang chế độ ngủ. Trong chế độ này, cảm biến gia tốc không hoạt động, vì vậy không có dữ liệu mới nào được thêm vào bộ nhớ người dùng của EM4325. Nhờ đó, bộ đọc có thể truy cập bộ nhớ này để đọc dữ liệu mà không gặp bất kỳ trở ngại nào.

Hơn nữa, chương trình chi tiết của bộ đọc được thể hiện bằng một lưu đồ trong Hình 4. Sau khi gửi yêu cầu (**request**) xác nhận ID của thẻ, nếu bộ đọc không nhận được bất kỳ phản hồi (**response**) nào, nó sẽ gửi yêu cầu này một lần nữa. Nếu bộ đọc vẫn không nhận được phản hồi, nó sẽ kết thúc chu kỳ đọc này và chờ chu kỳ tiếp theo. Quy trình tương tự được áp dụng khi bộ đọc yêu cầu thẻ cảm biến trả về dữ liệu (**data**) gia tốc của nó.



Hình 4. Lưu đồ xử lý của bộ đọc

Hình 5 mạch RFID tích hợp cảm biến đo trên cổ để giám sát hành vi của bò.



(a) Mặt trước



(b) Mặt sau

Hình 5. Mạch RFID tích hợp cảm biến đo hành vi của bò sữa

4. ĐO LƯỜNG HÀNH VI CỦA BÒ

4.1. Thiết lập thử nghiệm

4.1.1. Vị trí lắp đặt thiết bị

Thí nghiệm của chúng tôi được thực hiện tại trang trại bò sữa Tân Tài Lộc, xã Đại Tâm, huyện

Mỹ Xuyên, tỉnh Sóc Trăng. Đây là một trang trại tư nhân với diện tích dành cho thử nghiệm hệ thống khoảng 60 m² (4m*15m). Hình 6 mô tả cách bố trí của trang trại bò sữa này.

Ta có:

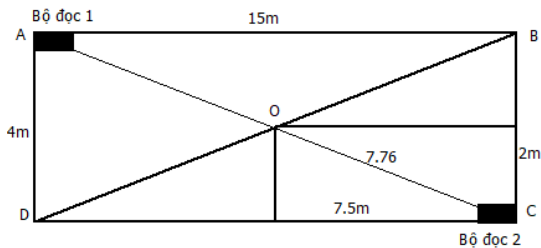
BC~4m

DC~15m

$OC \sim \sqrt{7.5^2 + 2^2}m$

OC~7.76m

Vậy với khoảng cách xa nhất OC (7.76m) hoàn toàn nằm trong vùng hoạt động của bộ đọc (khả năng đọc của bộ đọc đạt 8-12m khi sử dụng ăng-ten 12 dBi).



Hình 6. Sơ đồ trang trại bò sữa

4.1.2. Bộ đọc RFID

Bộ đọc được sử dụng để đánh giá hiệu suất của thẻ cảm biến và đầu đọc Speedway R220 đã được chọn cho thử nghiệm này. Speedway R220 sở hữu hiệu suất cao và là một sản phẩm thương mại. Ngoài ra, một ăng-ten phân cực tròn 12 dBi đã được đưa vào để truyền công suất RF từ bộ đọc. Bảng 3 mô tả các tính năng quan trọng của đầu đọc Speedway R220.

Bảng 3. Đặc điểm kỹ thuật của đầu đọc speedway R220

Tham số	Giá trị
Số cổng ăng-ten	2
Tốc độ đọc	hơn 200 thẻ/giây
Giao thức truyền thông	GS1/EPC global UHF Gen-2
Độ nhạy cực đại	-84 dBm
Công suất truyền	32.5 dBm AC/ 31.5 dBm PoE
Nguồn cung cấp	24 VDC/ 2.1 A (AC-DC) or 802.3af PoE

Ngoài ra, trong thử nghiệm này, công suất đầu ra của bộ đọc được định cấu hình ở mức 30 dBm để đạt khoảng cách ~4m trong chuồng nuôi và độ nhạy đạt tới giá trị lớn nhất. Hình 7 mô tả vị trí lắp đặt bộ đọc và ăng-ten tại trang trại bò sữa.



Hình 7. Vị trí của ăng-ten và bộ đọc trong kho

4.1.3. Đối tượng thử nghiệm

Bảng 4 là danh sách 05 con bò cái thử nghiệm, những con bò này lớn hơn ba năm tuổi. Đó là giống bò Holstein Friesians, một giống bò sữa có nguồn gốc từ các tỉnh Bắc Hà Lan và Friesland của Hà Lan, và Schleswig-Holstein ở Bắc Đức (Simonyan & Zisserman, 2015). Những con bò này không mang thai, không động dục, sức khỏe tốt, không có biểu hiện bệnh.

Bảng 4. Danh sách bò thử nghiệm

ID	Khối lượng (Kg)	Tình trạng
1	495	Khỏe mạnh
2	485	Khỏe mạnh
3	479	Khỏe mạnh
4	499	Khỏe mạnh
5	501	Khỏe mạnh

Vị trí của thẻ cảm biến được minh họa trong Hình 8.



Hình 8. Thiết bị cố định trên cổ bò và ba trục tọa độ chỉ thị của cảm biến gia tốc cho 2 bò có mã 1 và 2

4.1.4. Quy trình thí nghiệm

Chúng tôi đã quan sát ba hành vi của bò sữa, đó là hành vi ăn cỏ, đứng yên và đi bộ. Tất cả chúng được xác định trong Bảng 5.

Bảng 5. Định nghĩa các hành vi khác nhau của bò

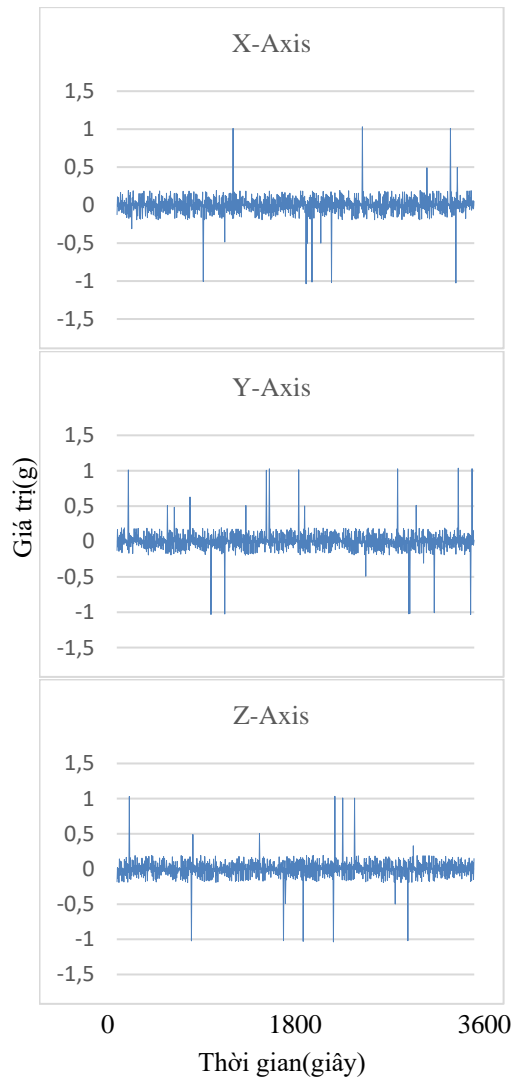
Hành Vi	Mô Tả
Ăn cỏ	Cuộn cỏ và gặm thường xuyên mà không cần nâng đầu lên
Đứng yên	Không di chuyển đến vị trí khác
Đi bộ	Di chuyển từ vị trí này sang vị trí khác

Thời gian ăn của bò vào buổi sáng, buổi trưa và buổi chiều lần lượt là 6:30 sáng, 12:30 trưa và 4:30 chiều. Dữ liệu gia tốc được lấy mẫu hai lần một ngày, mỗi lần 60 phút và liên tục trong 7 ngày với tần số lấy mẫu là 50 Hz. Lần lấy mẫu thứ nhất và thứ hai được thực hiện vào buổi sáng và buổi chiều sau khi bò ăn xong. Ngoài ra, chúng tôi đã quan sát từng hành vi trong vòng một giờ. Máy ảnh đã được sử dụng để ghi lại các hành vi của bò để đồng bộ hóa với dữ liệu cảm biến và dữ liệu ghi nhận sau này. Hơn nữa, trong quá trình thí nghiệm, tất cả các hành vi của bò cũng được quan sát viên theo dõi để đảm bảo độ chính xác cao.

4.2. Phép đo hành vi bò sữa

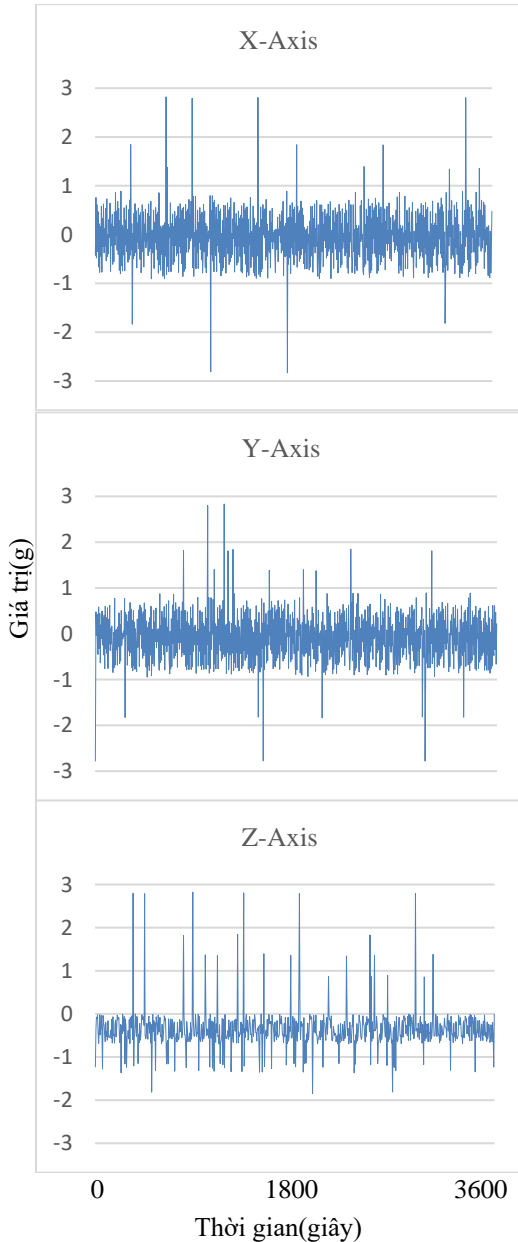
4.2.1. Mối quan hệ giữa tín hiệu cảm biến và hành vi của bò sữa

Dữ liệu gia tốc ba trục của 05 con bò thí nghiệm đã được thu thập thành công. Qua quá trình phân tích thấy hành vi của 5 con bò gần tương tự nhau nên lấy đại diện bò có ID là 1 để vẽ biểu đồ dạng sóng gia tốc ba trục của mỗi hành vi. Hình 9 trình bày các dạng sóng từ dữ liệu gia tốc của hành vi đứng yên. Các giá trị độ lớn trên mỗi trục tương đối ổn định theo thời gian, ngoại trừ một vài khoảng thời gian dữ liệu dao động, nhưng không đáng kể.



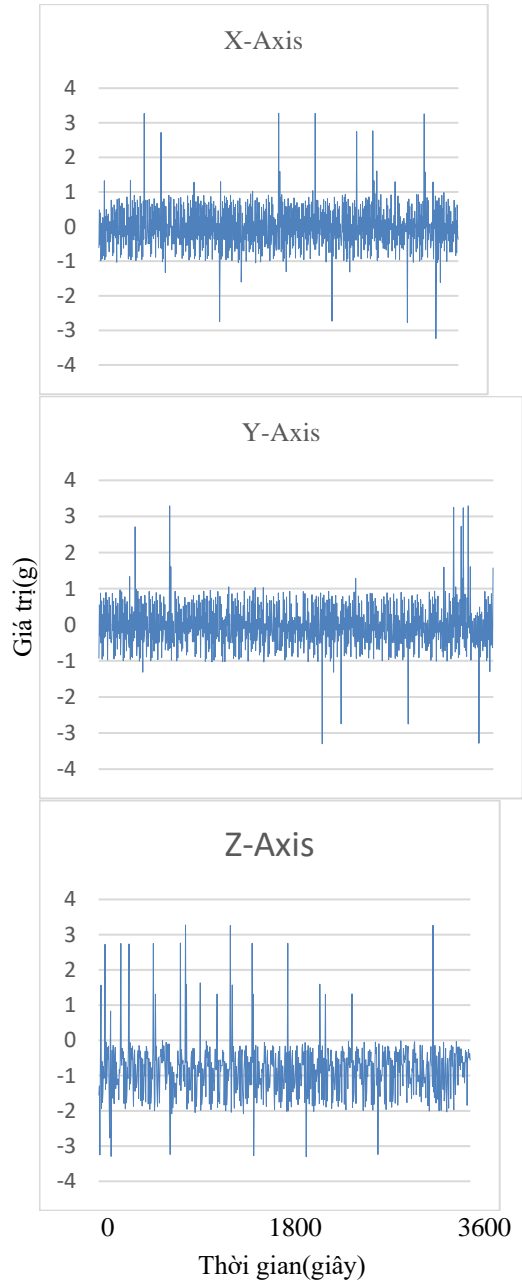
Hình 9. Các dạng sóng gia tốc cho hành vi đứng yên

Có một sự thay đổi nhỏ trong biên độ của hành vi gặm cỏ. Đặc biệt, trên trục X và trục Y, dữ liệu gia tốc chủ yếu dao động trong khoảng -1 g đến 1 g, trong khi dữ liệu này trên trục Z chủ yếu dao động trong khoảng -1 g đến 0 g. Dữ liệu gia tốc ba trục của hành vi ăn cỏ được mô tả trong Hình 10.



Hình 10. Các dạng sóng gia tốc cho hành vi ăn cỏ

Các dạng sóng gia tốc của hành vi đi bộ được trình bày trong Hình 11, nó có thể được thấy rõ ràng các tín hiệu gia tốc có biên độ lớn và biến thiên mạnh. Giá trị độ lớn của trục X và trục Y nằm trong khoảng từ -1 g đến 1 g trong khi giá trị độ lớn của trục Z thay đổi trong khoảng từ -2 g đến 0 g. Đặc biệt, một số điểm dữ liệu trên cả ba trục đều có giá trị tuyệt đối lớn hơn 3 g.



Hình 11. Các dạng sóng gia tốc cho hành vi đi bộ

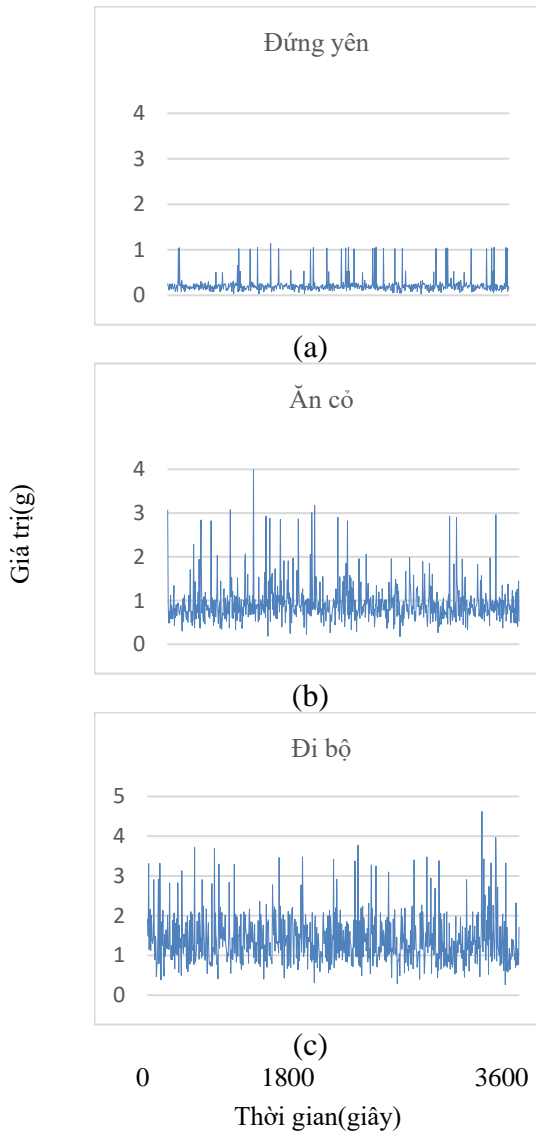
4.2.2. Giá trị độ lớn tín hiệu

Để trực quan hơn trong việc quan sát sự thay đổi biên độ của dữ liệu gia tốc ba trục trong quan hệ với các hành vi của bò, chúng tôi tính giá trị độ lớn tín hiệu (Shen et al., 2020) như sau:

$$a_{mag} = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

trong đó a_{mag} đại diện cho giá trị độ lớn tín hiệu. a_x , a_y và a_z lần lượt là gia tốc theo trục X, trục Y và

trục Z. Các giá trị cường độ tín hiệu của tất cả các hành vi được vẽ trong Hình 12.



Hình 12. Các dạng sóng độ lớn tín hiệu của ba hành vi: (a) Đứng yên, (b) Ăn cỏ, (c) Đi bộ

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Mayer, K., Ellis, K., & Taylor, K. (2004, November). Cattle health monitoring using wireless sensor networks. In *Proceedings of the Communication and Computer Networks Conference (CCN 2004)* (pp. 8-10). Calgary, AB, Canada: ACTA Press.

Burfeind, O., Schirmann, K., von Keyserlingk, M. A. G., Veira, D. M., Weary, D. M., & Heuwieser, W. (2011). Technical note: Evaluation of a system for monitoring rumination in heifers and

calves. *Journal of Dairy Science*, 94(1), 426–430. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3239>

Dang, N.H. (2022). *A wearable self-powered sensor tag for deep learning-based cow monitoring system*. [https://repository.pknu.ac.kr:8443/bitstream/2021.0ak/32661/2/A Wearable Self-Powered Sensor Tag for Deep Learning-Based Cow Monitoring System.pdf](https://repository.pknu.ac.kr:8443/bitstream/2021.0ak/32661/2/A%20Wearable%20Self-Powered%20Sensor%20Tag%20for%20Deep%20Learning-Based%20Cow%20Monitoring%20System.pdf)

FAO & I. U. W. (2021). The State of Food Security and Nutrition in the World 2021. In *The State of Food Security and Nutrition in the World 2021*.

5. KẾT LUẬN

Đặc điểm nổi bật của thẻ cảm biến là nhỏ gọn, trọng lượng nhẹ, dễ dàng đeo vào cổ bò sữa. Ngoài ra, thiết bị còn được tích hợp cảm biến gia tốc cho phép ghi lại các hành vi của bò dưới dạng giá trị số. Một bộ đọc được sử dụng để đọc dữ liệu thu thập được từ thẻ cảm biến và gửi dữ liệu này đến máy tính trung tâm để xử lý. Thiết bị thiết kế đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật đặt ra cho ứng dụng. Hơn nữa, thiết bị này đạt được những con số hiệu suất tương đối ấn tượng. Đặc biệt, khoảng cách hoạt động hiệu quả lên đến 4 m, dòng điện tiêu thụ cực kỳ thấp, chỉ khoảng 160 μ A. Mặc dù thiết kế đề xuất đã đạt được những kết quả nhất định nhưng vẫn còn nhiều vấn đề cần tiếp tục hoàn thiện để có kết quả tốt hơn cũng như đẩy mạnh các hướng nghiên cứu mới trong tương lai.

- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO.
<https://doi.org/10.4060/cb4474en>
- Knight-Jones, T. J. D., & Rushton, J. (2013). The economic impacts of foot and mouth disease - What are they, how big are they and where do they occur? In *Preventive Veterinary Medicine* (Vol. 112, Issues 3–4, pp. 161–173). Elsevier B.V.
<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2013.07.013>
- Simonyan, K., & Zisserman, A. (2014). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. *arXiv preprint arXiv:1409.1556*.
- Mhatre, V., Vispute, V., Mishra, N., & Khandagle, K. (2020). IoT based health monitoring system for dairy cows. *Proceedings of the 3rd International Conference on Smart Systems and Inventive Technology, ICSSIT 2020*, 820–825.
<https://doi.org/10.1109/ICSSIT48917.2020.9214244>
- Nielsen, P. P. (2013). Automatic registration of grazing behaviour in dairy cows using 3D activity loggers. *Applied Animal Behaviour Science*, 148(3–4), 179–184.
<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2013.09.001>
- Pantelopoulos, A., & Bourbakis, N. G. (2010). A survey on wearable sensor-based systems for health monitoring and prognosis. In *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part C: Applications and Reviews* (Vol. 40, Issue 1, pp. 1–12).
<https://doi.org/10.1109/TSMCC.2009.2032660>
- Perry, B., & Grace, D. (2009). The impacts of livestock diseases and their control on growth and development processes that are pro-poor. In *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* (Vol. 364, Issue 1530, pp. 2643–2655). Royal Society.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0097>
- Shen, W., Cheng, F., Zhang, Y., Wei, X., Fu, Q., & Zhang, Y. (2020). Automatic recognition of ingestive-related behaviors of dairy cows based on triaxial acceleration. *Information Processing in Agriculture*, 7(3), 427–443.
<https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.10.004>
- STMicroelectronics Hungarian Branch. (2022). *Ultra-low-power Arm Cortex-M4 32-bit MCU+FPU, 100DMIPS, up to 256KB Flash, 64KB SRAM, USB FS, analog, audio*. Online.
<https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm321432kc.pdf>
- SWAZILAND DAIRY BORD. (2020). *Cattle diseases*. ONLINE.
<http://www.dairyboard.co.sz/download/Dairy%20Cattle%20Diseases.pdf>
- Texas Instruments (2015). Datasheet của hãng Texas Instrument.
<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps62060.pdf>
- World Organisation for Animal Health. (2020). *Foot and mouth disease*. Online.
<https://www.oie.int/en/disease/foot-and-mouth-disease>
- Zehner, N., Umstätter, C., Niederhauser, J. J., & Schick, M. (2017). System specification and validation of a noseband pressure sensor for measurement of ruminating and eating behavior in stable-fed cows. *Computers and Electronics in Agriculture*, 136, 31–41. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.02.021>