



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)  
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0032645

(51)<sup>2020.01</sup> A01K 29/00; G06F 17/00; A61D 17/00; (13) B  
A01K 11/00

(21) 1-2020-06462

(22) 06/11/2020

(45) 25/07/2022 412

(43) 25/12/2020 393

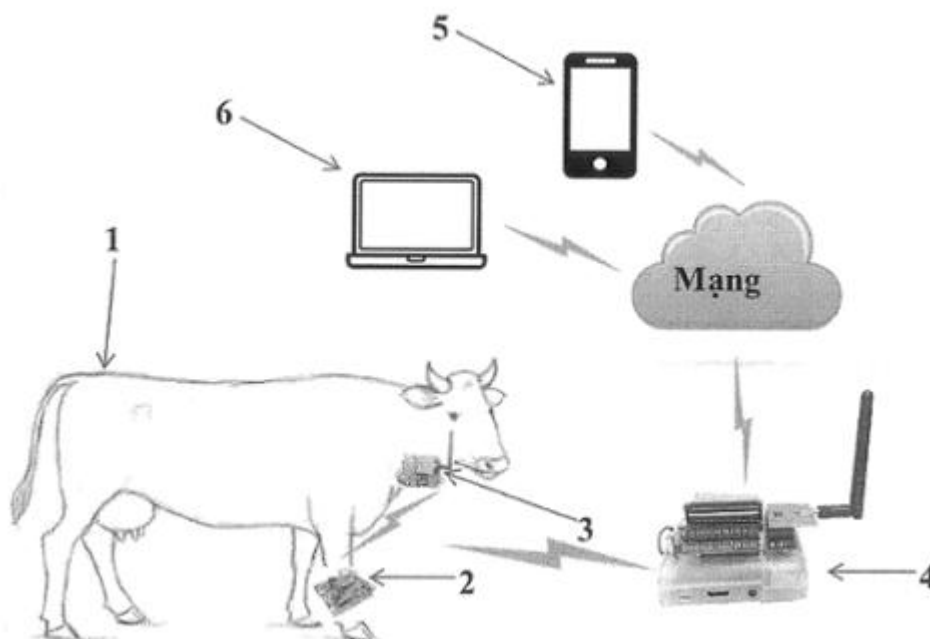
(73) Trường đại học Phenikaa (VN)

Phường Yên Nghĩa, Quận Hà Đông, Thành Phố Hà Nội

(72) Trần Đức Tân (VN); Trần Đức Nghĩa (VN); Phùng Công Phi Khanh (VN).

(54) HỆ THỐNG PHÂN LOẠI HÀNH VI BÒ SỬ DỤNG CẢM BIẾN GIA TỐC BA TRỤC GẮN TRÊN CHÂN VÀ CỔ BÒ

(57) Sáng chế đề xuất Hệ thống giám sát hành vi bò sử dụng các cảm biến gia tốc ba trục (3-DoF) đồng thời gắn trên chân và cổ bò, hệ thống gồm được chia thành hai phần chính: (i) phần một gồm các thiết bị được gắn trên bò nhằm đo đạc chuyển động tại vị trí chân và cổ bò, thiết bị ở chân gửi dữ liệu gia tốc lên thiết bị trên cổ, dữ liệu gia tốc ở chân và cổ được đồng bộ và gửi về máy trạm thông qua giao thức không dây LoRa, thiết bị trên mỗi con bò sẽ là một nút mạng; và (ii) phần hai gồm thiết bị đóng vai trò là nút trung tâm, nhận dữ liệu từ các nút mạng (gắn lên bò) và truyền về máy tính, trên máy tính lưu dữ liệu thành các bản ghi phục vụ cho việc xử lý và đưa ra phân tích về tình trạng sức khỏe của bò.



### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập đến hệ thống hỗ trợ theo dõi, giám sát hành vi bò; và cụ thể là đến phân loại hành vi bò sử dụng 02 cảm biến gia tốc ba trục có đồng bộ dữ liệu với nhau (gắn trên chân và cổ của bò cần giám sát).

### **Tình trạng kỹ thuật của sáng chế**

Việc tự động phát hiện các thay đổi trong hành vi của bò có thể được áp dụng làm đầu vào cho các hệ thống cảnh báo cảnh báo cho người nông dân khi gặp một số vấn đề về sức khỏe (ví dụ, thương tật) hoặc tình trạng dữ liệu chuyển động của bò và phân loại hành vi của bò sử dụng cảm biến gia tốc gắn trên bò.

Hệ thống giám sát hành vi trên bò thông qua sinh lý cụ thể (ví dụ: động dục). Một số nghiên cứu đã được thực hiện để nhận ra hành vi của bò bằng cách phát triển các hệ thống hỗ trợ chăn nuôi không sử dụng cảm biến. Tuy nhiên, một số hệ thống chỉ hỗ trợ phân biệt một số ít hành vi hoặc trạng thái hoạt động, số khác thì tính ứng dụng thương mại hạn chế vì việc phân tích dữ liệu rất tốn công. Điển hình như trong nghiên cứu hành vi chăn thả, máy ghi hành vi được sử dụng rất nhiều trong các nghiên cứu khác nhau. Tuy nhiên, công nghệ và thu thập dữ liệu này đã lỗi thời và việc sản xuất các bộ thu thập dữ liệu này đã bị ngừng.

Một số hệ thống hiện có dựa trên công nghệ cảm biến đã được phát triển để phân tích hành vi bò một cách tự động. Với ưu điểm là kích thước nhỏ, trọng lượng nhẹ và tiêu thụ điện năng thấp, cảm biến gia tốc đã được sử dụng rộng rãi để theo dõi và phân loại hành vi của bò. Cảm biến gia tốc ba chiều cung cấp một phương pháp không xâm lấn và khách quan để đo lường hành vi của bò trong điều kiện nuôi trang trại. Cách tiếp cận này tập trung nhiều hơn vào sức khỏe và hiệu suất của từng cá nhân hơn là cách tiếp cận dựa trên bầy đàn truyền thống. Tuy nhiên, việc sử dụng dữ liệu được thu thập bởi các cảm biến như vậy khi phân loại hành vi vẫn mang có những thách thức lớn cho các nhà phát triển, liên quan đến độ phức tạp của hoạt động (nghĩa là một số

hành vi nhất định có các cử chỉ tương tự), trích xuất các tính năng có liên quan cho phép phân biệt hành vi, hay việc mất dữ liệu đặc trưng và việc xử lý dữ liệu phức tạp khi có nhiễu. Điều này đã dẫn đến nhu cầu về các phương pháp hiệu quả và chính xác hơn để phân tích số lượng lớn dữ liệu chuyển động và hành vi đang được thu thập.

Tại Việt Nam vẫn chưa có nghiên cứu nào về hệ thống theo dõi, giám sát hành vi bò sử dụng đồng thời hai cảm biến gia tốc ba trục X,Y, Z (gắn trên chân và cổ của vật nuôi), dữ liệu từ hai cảm biến này phải được đồng bộ.

### **Bản chất kỹ thuật của sáng chế**

Mục đích của sáng chế là đề xuất thông hỗ trợ theo dõi, giám sát hành vi bò, hệ thống này phân loại hành vi bò sử dụng 02 cảm biến gia tốc ba trục có đồng bộ dữ liệu với nhau. Hệ thống được đề xuất khắc phục được các nhược điểm nêu trên của các giải pháp đã biết.

Sáng chế đề xuất thiết bị và hệ thống nhằm thu thập dữ liệu chuyển động của bò và phân loại hành vi sử dụng mạng cảm biến không dây, mỗi nút mạng sẽ là sự kết hợp của hai thiết bị giám sát chuyển động trên cổ bò và chân bò, được kết nối không dây và đồng bộ với nhau. Cảm biến sử dụng là cảm biến gia tốc ba trục giúp việc xác định trạng thái được chính xác hơn.

Hệ thống gồm được chia thành hai phần chính: phần một là các thiết bị được gắn trên bò nhằm đo đạc chuyển động tại vị trí chân và cổ bò, phần hai là phần thu tín hiệu, lưu trữ và xử lý dữ liệu thu được:

(i) Phần một gồm hai thiết bị là: thiết bị đo để đo chuyển động tại chân và thiết bị đo chuyển động tại cổ bò: thiết bị ở chân gửi dữ liệu gia tốc lên thiết bị trên cổ; dữ liệu gia tốc ở chân và cổ được đồng bộ và gửi về máy trạm thông qua giao thức không dây LoRa. Thiết bị trên mỗi con bò sẽ là một nút mạng. Vì con bò có thể di chuyển được nên nút mạng này sẽ không có vị trí cố định.

(ii) Phần hai gồm thiết bị đóng vai trò là nút trung tâm, nhận dữ liệu từ các nút mạng (gắn lên bò) và truyền về máy tính. Trên máy tính lưu dữ liệu thành các bản ghi phục vụ cho việc xử lý và đưa ra phân tích về tình trạng sức khỏe của bò. Truyền thông không dây trong phần một là truyền thông RF với tần số 2,4GHz, truyền thông

từ phần 1 về phần 2 là truyền thông không dây ở dải tần 433MHz (chuẩn truyền thông LoRa). Sáng chế này tập trung vào việc xây dựng hai thiết bị đo chuyển động trên cổ bò và chân bò và việc đồng bộ truyền thông trên hai thiết bị này.

Theo một phương án ưu tiên, sáng chế đề xuất hệ thống giám sát hành vi bò sử dụng các cảm biến gia tốc ba trục (3-DoF) đồng thời gắn trên chân và cổ bò, hệ thống gồm được chia thành hai phần chính:

- (i) phần một gồm các thiết bị được gắn trên bò nhằm đo đặc chuyển động tại vị trí chân và cổ bò, thiết bị ở chân gửi dữ liệu gia tốc lên thiết bị trên cổ, dữ liệu gia tốc ở chân và cổ được đồng bộ và gửi về máy trạm thông qua giao thức không dây LoRa, thiết bị trên mỗi con bò sẽ là một nút mạng,
- (ii) phần hai gồm thiết bị đóng vai trò là nút trung tâm, nhận dữ liệu từ các nút mạng (gắn lên bò) và truyền về máy tính, trên máy tính lưu dữ liệu thành các bản ghi phục vụ cho việc xử lý và đưa ra phân tích về tình trạng sức khỏe của bò, trong đó:

thiết bị được gắn vào chân bò (2) có cảm biến gia tốc thứ nhất (7), thiết bị được gắn vào cổ bò (3) có cảm biến gia tốc thứ hai (12), cả hai cảm biến gia tốc này là cảm biến gia tốc ba trục, có thể đo đồng thời đo được gia tốc theo ba trục X, Y, Z của hệ tọa độ vật thể gắn vào chân/cổ, các cảm biến gia tốc này đo lường chuyển động của bò khi bò thực hiện các hành vi khác nhau, những chuyển động của bò tại chân và cổ thông qua các cảm biến gia tốc này sẽ được biến đổi thành tín hiệu điện, lần lượt được đưa tới vi điều khiển thứ nhất (8) ở chân và vi điều khiển thứ hai (13) ở cổ của bò (1);

trong khung dữ liệu gửi về trung tâm giám sát có thông tin về dung lượng pin còn lại;

khác biệt ở chỗ:

trên thiết bị gắn vào chân bò (2), trong một giây cảm biến gia tốc thứ nhất (7) sẽ thu nhận được  $n$  ( $2 \leq n \leq 100$ ) mẫu dữ liệu mỗi giây trên mỗi trục và gửi về vi điều khiển thứ nhất (8), trong mỗi giây sẽ có  $n$  mẫu dữ liệu gia tốc được thu thập, vi điều khiển thứ nhất (8) thu nhận tín hiệu gia tốc, gán thông tin thời gian thực, phần trăm còn lại của pin (10) vào khung dữ liệu và đưa đến bộ truyền thông vô tuyến tầm gần (9) để truyền khung dữ liệu lên thiết bị gắn vào cổ bò (3) thông qua môđun truyền thông tầm gần (15), sau đó dữ liệu này được đưa tới vi

điều khiển thứ hai (13), toàn bộ thiết bị gắn vào chân bò (2) được cấp nguồn nuôi từ pin (10);

trên thiết bị gắn vào cổ bò (3), trong một giây cảm biến gia tốc thứ hai (12) sẽ thu nhận được  $n$  ( $2 \leq n \leq 100$ ) mẫu dữ liệu mỗi giây trên mỗi trục và gửi về vi điều khiển thứ hai (13), trong mỗi giây sẽ có  $3n$  mẫu dữ liệu gia tốc được thu thập, vi điều khiển thứ hai (13) cũng thu nhận dữ liệu về vị trí (kinh độ, vĩ độ) của bò được gửi về từ bộ thu định vị toàn cầu GPS (14), và dữ liệu vị trí, dữ liệu gia tốc, phần trăm còn lại của pin (16) được gắn thông tin thời gian thực và đưa vào khung dữ liệu, toàn bộ thiết bị được cấp nguồn nuôi từ pin Lithium (16), khi pin xuống dưới 20% thì thiết bị có thể được sạc thông qua mạch sạc (18) tích hợp trên thiết bị (3);

dữ liệu giữa hai thiết bị thiết bị gắn vào chân bò (2) và thiết bị gắn vào cổ bò (3) được đồng bộ,  $n$  khung dữ liệu chân sẽ được lấy trung bình để thu được một khung dữ liệu chân có tốc độ cập nhật là một khung/giây, và  $n$  khung dữ liệu cổ sẽ được lấy trung bình để thu được một khung dữ liệu cổ có tốc độ cập nhật là một khung/giây để làm trơn dữ liệu, loại bỏ thành phần nhiễu tần số cao, trong trường hợp có xảy ra dữ liệu bị mất trong quá trình thu thập dữ liệu, và/hoặc dữ liệu bị mất trong quá trình truyền dữ liệu từ thiết bị gắn vào chân bò (2) đến thiết bị gắn vào cổ bò (3) thì vi điều khiển thứ hai (13) sẽ thực hiện:

thu nhận số mẫu gia tốc từ chân bò nhận được trong một giây, gọi là  $N$ ,  $N$  sẽ có giá trị nhỏ hơn  $n$ , lấy trung bình giá trị gia tốc của  $N$  mẫu thu nhận được trên từng trục  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ,

thu nhận số mẫu gia tốc từ cổ bò nhận được trong một giây, gọi là  $M$ ,  $M$  sẽ có giá trị nhỏ hơn  $n$ , lấy trung bình giá trị gia tốc của  $M$  mẫu thu nhận được trên từng trục  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ,

xoá các mẫu giá trị trung bình chỉ có ở chân hoặc cổ, ghi nhận các mẫu giá trị trung bình mà thông tin thời gian (theo giây) tồn tại ở cả chân và cổ,

dữ liệu cổ và chân được đồng bộ theo từng giây và được đóng gói thành một siêu khung gồm ít nhất các thành phần sau: mã nhận dạng (ID) của con bò, thời gian theo từng giây, vị trí của bò đang được giám sát, phần

trăm pin còn lại ở các thiết bị gắn ở cổ bò và chân bò, gia tốc ba trục X, Y, Z đo ở chân bò, gia tốc ba trục X, Y, Z đo ở cổ bò, sau đó

dữ liệu được đồng bộ nêu trên được đóng gói được gửi tới nút trung tâm thông qua môđun truyền thông tầm xa (17), tại nút trung tâm, môđun truyền thông tầm xa (19) sẽ thu nhận dữ liệu và gửi tới vi điều khiển (20), dữ liệu sau đó được gửi tới máy tính (22) thông qua giao thức truyền thông nối tiếp, việc phân loại các hành vi bò được thực thi trên máy tính, kết quả phân loại được cập nhật lên dữ liệu đám mây qua internet, điện thoại (5) hoặc máy tính (6) có thể truy cập và giám sát trạng thái của từng con bò theo thời gian thực.

Theo một khía cạnh của phương án trên, khi điện năng ở mỗi pin xuống dưới 20% thì mỗi thiết bị gắn vào chân bò (2), thiết bị gắn vào cổ bò (3) có thể được sạc thông qua mạch sạc tích hợp trên mỗi thiết bị tương ứng.

### **Mô tả vắn tắt các hình vẽ**

Hình 1 là hình vẽ sơ đồ nguyên lý của hệ thống, trong đó:

- 1: Bò cần giám sát và phân loại hành vi,
- 2: Thiết bị gắn vào chân bò có cảm biến gia tốc thứ nhất (7),
- 3: Thiết bị gắn vào cổ bò có cảm biến gia tốc thứ hai (12),
- 4: Nút trung tâm được kết nối máy tính (5) và đưa lên mạng internet,
- 5: Máy tính mà người dùng có thể truy cập thông tin hành vi của các con bò trong trang trại,
- 6: Thiết bị di động (điện thoại, máy tính bảng) mà người dùng có thể truy cập thông tin hành vi của bò trong trang trại.

Hình 2 là sơ đồ chi tiết của thiết bị gắn vào chân bò (2), thiết bị gắn vào cổ bò (3), và máy tính (5), trong đó:

- 7: Cảm biến gia tốc thứ nhất được gắn vào chân bò, dữ liệu sẽ gửi tới (8),
- 8: Vi điều khiển thứ nhất trong thiết bị gắn vào chân bò (2),
- 9: Môđun truyền thông tầm gần giữa thiết bị gắn chân (2) với thiết bị gắn vào cổ bò (3),
- 10: Pin Lithium cho thiết bị gắn vào chân bò (2),

- 11: Mạch sạc pin cho Pin Lithium (10) trên thiết bị gắn vào chân bò (2),
- 12: Cảm biến gia tốc thứ hai được gắn vào cổ bò, dữ liệu sẽ gửi tới (13),
- 13: Vi điều khiển thứ hai trong thiết bị gắn vào cổ bò (3),
- 14: Bộ thu GPS để xác định vị trí bò (1),
- 15: Môđun truyền thông tầm gần giữa thiết bị gắn cổ (3) với thiết bị gắn vào chân bò (2),
- 16: Pin Lithium cho thiết bị gắn vào cổ bò (3),
- 17: Môđun truyền thông tầm xa tới nút mạng trung tâm (4),
- 18: Mạch sạc pin cho Pin Lithium (16) trên thiết bị gắn vào cổ bò (3),
- 19: Môđun truyền thông tầm xa từ nút mạng trung tâm (4) tới các nút khác trong mạng,
- 20: Vi điều khiển ở nút trung tâm (4),
- 21: Môđun truyền thông kết nối máy tính trung tâm (22) với vi điều khiển ở nút trung tâm (20),
- 22 Máy tính trung tâm để có thể giám sát hành vi bò ngay tại trang trại.

### **Mô tả chi tiết sáng chế**

Sau đây, giải pháp theo sáng chế sẽ được mô tả chi tiết dựa vào các hình vẽ kèm theo. Trong đó, các số chỉ dẫn giống nhau sẽ chỉ dẫn các chi tiết giống hoặc tương tự nhau. Các hình vẽ nhằm giúp làm rõ khái niệm về giải pháp của sáng chế, và giải pháp của sáng chế không chỉ bị giới hạn như vậy.

Hệ thống thu thập dữ liệu chuyển động và phân loại hành vi của bò sử dụng cảm biến gia tốc gắn trên bò cho phép đưa ra được các thông số theo thời gian thực về hành vi của các con bò trong một (hoặc nhiều) trang trại.

Mấu chốt của việc theo dõi hành vi của mỗi con bò là việc sử dụng là việc gắn cảm biến gia tốc 7 vào chân và cảm biến gia tốc 12 vào cổ của con bò 1. Cảm biến gia tốc được sử dụng là cảm biến gia tốc ba trục, nghĩa là có thể đo đồng thời đo được gia tốc theo ba trục X, Y, Z của hệ tọa độ vật thể gắn vào chân/cổ. Những chuyển động của bò tại chân và cổ thông qua cảm biến gia tốc sẽ được biến đổi thành tín hiệu điện, được đưa tới vi điều khiển thứ nhất 8 ở chân và vi điều khiển thứ hai 13 ở cổ của con bò 1.

Cụ thể, với thiết bị gắn vào chân bò 2: toàn bộ thiết bị được cấp nguồn nuôi từ pin Lithium 10. Trong khung dữ liệu gửi về trung tâm giám sát có thông tin về dung lượng pin còn lại. Khi pin xuống dưới 20% thì thiết bị có thể được sạc thông qua mạch sạc 11 tích hợp trên thiết bị 2. Thành phần chính trong thiết bị 2 chính là cảm biến gia tốc thứ nhất 7. Cảm biến gia tốc này có nhiệm vụ đo lường chuyển động của chân bò khi bò thực hiện các hành vi khác nhau (đi, đứng, ăn, nằm,...). Đây là cảm biến ba trục nên có thể đo gia tốc theo cả ba trục X, Y, Z. Theo một phương án thực hiện ưu tiên, trong một giây cảm biến sẽ thu nhận được 10 mẫu dữ liệu trên mỗi trục và gửi về vi điều khiển 8. Như vậy trong mỗi giây sẽ có 30 mẫu dữ liệu gia tốc được thu thập. Vi điều khiển 8 thu nhận tín hiệu gia tốc, gán thông tin thời gian thực, phần trăm còn lại của pin 10 vào khung dữ liệu và đưa đến môđun truyền thông vô tuyến tầm gần 9 với mục đích truyền khung dữ liệu lên thiết bị 3 gắn trên cổ bò.

Dữ liệu được gửi từ thiết bị gắn vào chân bò 2 đến thiết bị gắn ở cổ bò 3 thông qua môđun truyền thông tầm gần 9 tới bộ nhận 15. Dữ liệu này được đưa tới vi điều khiển thứ hai 13. Ngay trên thiết bị gắn vào cổ bò 3 cũng có một cảm biến gia tốc thứ hai 12. Cảm biến gia tốc này có nhiệm vụ đo lường chuyển động của cổ bò khi bò thực hiện các hành vi khác nhau (đi, đứng, ăn, nằm,...). Đây là cảm biến ba trục nên có thể đo gia tốc theo cả ba trục X, Y, Z. Theo một phương án thực hiện ưu tiên, trong một giây cảm biến sẽ thu nhận được 10 mẫu dữ liệu trên mỗi trục và gửi về vi điều khiển thứ hai 13. Như vậy trong mỗi giây sẽ có 30 mẫu dữ liệu gia tốc được thu thập. Vi điều khiển thứ hai 13 cũng thu nhận dữ liệu về vị trí (kinh độ, vĩ độ) của bò được gửi về từ bộ thu định vị toàn cầu GPS 14. Tại vi điều khiển thứ hai 13, dữ liệu vị trí, dữ liệu gia tốc, phần trăm còn lại của pin 16 được gán thông tin thời gian thực và đưa vào khung dữ liệu. Toàn bộ thiết bị được cấp nguồn nuôi từ pin Lithium 16. Khi pin xuống dưới 20% thì thiết bị có thể được sạc thông qua mạch sạc 18 tích hợp trên thiết bị 3.

Ngoài ra, một điểm mấu chốt nữa của sáng chế đó là đồng bộ được dữ liệu giữa hai thiết bị 2 và 3. Trong trường hợp tốt nhất, dữ liệu không bị mất trong quá trình thu thập dữ liệu, và dữ liệu không bị mất trong quá trình truyền dữ liệu từ thiết bị gắn vào chân bò 2 đến thiết bị gắn vào cổ bò 3. Khi đó mỗi một phần mười giây thì vi điều khiển thứ hai 13 sẽ nhận được hai khung dữ liệu có thời gian được đồng bộ với nhau. 10 khung dữ liệu chân sẽ được lấy trung bình để thu được một khung dữ liệu chân có

tốc độ cập nhật là một khung/giây. Tương tự như vậy, 10 khung dữ liệu cổ sẽ được lấy trung bình để thu được một khung dữ liệu cổ có tốc độ cập nhật là một khung/giây. Mục đích của việc lấy trung bình là làm trơn dữ liệu, loại bỏ thành phần nhiễu tần số cao. Trong trường hợp có xảy ra dữ liệu bị mất trong quá trình thu thập dữ liệu, và/hoặc dữ liệu không bị mất trong quá trình truyền dữ liệu từ thiết bị gắn vào chân bò 2 đến thiết bị gắn vào cổ bò 3 thì vi điều khiển thứ hai 13 sẽ thực hiện như sau:

- + Thu nhận số mẫu gia tốc từ chân bò nhận được trong một giây, gọi là  $N$ ,  $N$  sẽ có giá trị nhỏ hơn 10, lấy trung bình giá trị gia tốc của  $N$  mẫu thu nhận được trên từng trục  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ;
- + Thu nhận số mẫu gia tốc từ cổ bò nhận được trong một giây, gọi là  $M$ ,  $M$  sẽ có giá trị nhỏ hơn 10, lấy trung bình giá trị gia tốc của  $M$  mẫu thu nhận được trên từng trục  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ .
- + Xoá những mẫu trị trung bình chỉ có ở chân hoặc cổ; ghi nhận những trị trung bình mà thông tin thời gian (theo giây) tồn tại ở cả chân và cổ.

Tại vi điều khiển thứ hai 13, dữ liệu cổ và chân được đồng bộ theo từng giây và được đóng gói thành một siêu khung gồm các thành phần sau:

- + Mã nhận dạng (ID) của con bò;
- + Thời gian theo từng giây;
- + Vị trí của bò đang được giám sát;
- + Phần trăm pin còn lại ở thiết bị cổ và chân;
- + Gia tốc ba trục  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  đo ở chân bò;
- + Gia tốc ba trục  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  đo ở cổ bò.

Dữ liệu đóng gói được gửi tới nút trung tâm thông qua môđun truyền thông tầm xa 17. Tại nút trung tâm, môđun truyền thông tầm xa 19 sẽ thu nhận dữ liệu và gửi tới vi điều khiển 20. Dữ liệu sau đó được gửi tới máy tính 22 thông qua giao thức truyền thông nối tiếp. Việc phân loại các hành vi bò được thực thi trên máy tính. Kết quả phân loại được cập nhật lên dữ liệu đám mây. Những thiết bị có hỗ trợ internet như điện thoại 5 hay máy tính 6 có thể truy cập và giám sát trạng thái của từng con bò theo thời gian thực. Số hành vi phân loại là 8 gồm: đứng / nằm/ ăn / đi nhanh/ đi chậm/ nhai lại / đứng lên / nằm xuống.

Theo một khía cạnh của sáng chế, tốc độ lấy mẫu dữ liệu hay số mẫu dữ liệu được lấy trong mỗi s trên mỗi cảm biến gia tốc thứ nhất 7, và cảm biến gia tốc thứ hai 12 là  $n$ ,  $n$  có thể thay đổi trong khoảng  $2 \leq n \leq 100$  mẫu dữ liệu trên mỗi trục, và được gửi về các vi điều khiển tương ứng. Tốc độ lấy mẫu dữ liệu quá thấp thì sẽ dẫn đến dữ liệu có thể không phản ánh chính xác vận động của bò trong thời gian thực, ngược lại tốc độ lấy mẫu dữ liệu quá cao sẽ dẫn đến lãng phí năng lượng để đo, truyền dữ liệu. Qua quá trình nghiên cứu thử nghiệm, tác giả nhận thấy rằng số lượng lấy mẫu dữ liệu là 10 mẫu/s là tương đối phù hợp để phân loại hành vi của bò, do phù hợp với tốc độ vận động thông thường của bò.

### Ví dụ thực hiện sáng chế

Bảng 1 minh họa dữ liệu gia tốc thu được khi bò đang ăn. Bảng có 6 cột trong đó 3 cột đầu là dữ liệu gia tốc thu từ chân và 3 cột sau là dữ liệu gia tốc thu từ cổ. Như vậy, tại mỗi hàng có 6 dữ liệu gia tốc và các dữ liệu này đã được đồng bộ trong cùng một giây. Giá trị biểu diễn theo  $mg$  (ở đó  $1\text{ mg} = 10^{-3}\text{ g}$ ,  $1\text{ g} = 9,8\text{ m/s}^2$ ).

Bảng 1. Minh họa 1 bản ghi dữ liệu của hành vi ăn đã được đồng bộ

| Dữ liệu chân    |                 |                 | Dữ liệu cổ      |                 |                 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $x\text{ (mg)}$ | $y\text{ (mg)}$ | $z\text{ (mg)}$ | $x\text{ (mg)}$ | $y\text{ (mg)}$ | $z\text{ (mg)}$ |
| -990,571        | -47,571         | -32,714         | -561,818        | 408,818         | -763,273        |
| -987,667        | -9,758          | -10,833         | -506,000        | 449,818         | -767,636        |
| -984,583        | 35,833          | 24,167          | -550,545        | 461,455         | -761,727        |
| -984,500        | 41,500          | 34,583          | -552,250        | 409,250         | -770,167        |
| -980,833        | 45,333          | 37,167          | -605,727        | 337,182         | -744,364        |
| -988,273        | 16,909          | 43,182          | -620,727        | 373,273         | -738,364        |
| -983,417        | 8,583           | 40,167          | -595,273        | 383,909         | -743,182        |
| -984,750        | -0,583          | 34,417          | -629,667        | 352,833         | -749,667        |
| -983,692        | -1,308          | 27,769          | -622,091        | 332,182         | -751,364        |
| -984,364        | 4,091           | 25,909          | -631,455        | 335,273         | -745,818        |
| -984,500        | 13,583          | 26,750          | -644,000        | 335,818         | -714,000        |

|          |        |        |          |         |          |
|----------|--------|--------|----------|---------|----------|
| -983,583 | 27,500 | 26,083 | -646,364 | 292,273 | -746,000 |
| -983,154 | 19,308 | 23,923 | -692,667 | 283,750 | -693,167 |
| -982,182 | 12,182 | 17,273 | -593,364 | 412,364 | -747,000 |
| -986,077 | 15,077 | 9,154  | -518,818 | 488,636 | -731,273 |
| -986,417 | 11,000 | 3,083  | -520,455 | 481,364 | -742,091 |

Với việc sử dụng thuật toán học máy (machine learning - ML), máy tính có thể học và phân tích dữ liệu, từ đó thực hiện công việc được định sẵn bởi người lập trình. Trong trường hợp này là từ dữ liệu cảm biến gia tốc thu được, nhận định xem dữ liệu đó thu được khi động vật thực hiện hành vi gì. Chúng tôi đề xuất áp dụng một quy trình phân loại hành vi sử dụng học máy, với mấu chốt là việc sử dụng dữ liệu đã đồng bộ từ cảm biến gia tốc ba trục từ chân và cổ.

Dữ liệu ban đầu sẽ được huấn luyện để xây dựng mô hình phân loại hành vi. Dựa trên những quan sát trực tiếp về hành vi, chúng tôi đã gắn nhãn dữ liệu (ghi nhận một cách thủ công dữ liệu được thu thập tại thời điểm đó liên quan đến hành vi nào) của mình thành các lớp (đại diện cho các hành vi). Sau đó, dữ liệu được phân chia thành các bản ghi 16 giây (bản ghi thứ  $i$  có 16 mẫu, bao gồm 10 mẫu cuối cùng của bản ghi thứ  $i-1$ ), với mỗi bản ghi các đặc trưng của dữ liệu sẽ được tính toán. Đặc trưng trong trường hợp này là các thuộc tính mà ta có thể tính toán được từ dữ liệu của mỗi bản ghi, các hành vi có thể được phân biệt nhờ những đặc trưng này (mỗi hành vi khác nhau sẽ có giá trị các đặc trưng khác nhau). Các thuật toán học máy có khả năng phân tích, tìm ra các giá trị của đặc trưng tương ứng với các lớp dữ liệu (tương đương với các hành vi trong thực tế), xây dựng lên mô hình phân loại hành vi. Sau đó mỗi khi có dữ liệu mới, đối chiếu với mô hình phân loại hành vi đã có, thuật toán học máy có thể nhận ra dữ liệu đó liên quan đến hành vi nào, nhờ vào việc tính toán các giá trị đặc trưng. Chúng tôi sử dụng các đặc trưng toán học cho dữ liệu dạng số thu được từ cảm biến, bao gồm trung bình, độ lệch chuẩn (SD), giá trị hiệu dụng (RMS).

Hiệu suất của mô hình chúng tôi xây dựng được đánh giá bởi các chỉ số cơ bản như độ chính xác, độ nhạy với kết quả rất tốt (nhiều hành vi đạt mức xấp xỉ 100%), những hành vi khó phân biệt mà các hệ thống đã có phân loại không hiệu quả như

đứng và ăn cũng được phân loại với hiệu suất rất cao. Kết quả cho thấy các hành vi của bò có thể được phân loại thành công với hiệu suất tuyệt vời bằng cách đạt được độ chính xác 0,95 và độ nhạy 0,95 khi sử dụng hệ thống đề xuất của chúng tôi. So với các kết quả từ các công trình đã công bố, phương pháp kết hợp cảm biến gia tốc gắn trên chân và gắn trên cổ của chúng tôi được áp dụng ở đây có thể được coi là đạt được hiệu suất phân loại hành vi rất tốt.

Các nghiên cứu khoa học trước đây chủ yếu sử dụng một cảm biến gia tốc (gắn chân hoặc cổ), điều này dẫn đến một số hành vi bị phân loại nhầm lẫn với nhau, chẳng hạn như đứng và ăn trong trường hợp dữ liệu gia tốc gắn trên chân: các hành vi này có nhiều sự tương đồng với nhau. Sự khác biệt và giới hạn của các công bố này thường đến từ chính dữ liệu. Nó cho thấy rằng để xử lý bài toán phân loại hành vi bò, dữ liệu quan trọng hơn các phương pháp ML. Do đó, chúng tôi đề xuất một cách tiếp cận mới tập trung vào việc cải thiện chất lượng dữ liệu. Trong tất cả các nghiên cứu trước đây, không có công trình nào về hệ thống phân loại sử dụng đồng thời hai gia tốc kế 3DoF (một gắn trên chân và một trên cổ) có sử dụng kỹ thuật đồng bộ dữ liệu.

Đối với một bài toán thời gian thực, phải có một thuật toán nhanh và đơn giản. Xét rằng dữ liệu gia tốc không phức tạp chỉ với các giá trị số, RF, GBDT và AdaBoost (thuật toán dựa trên cây quyết định) là phù hợp. Chúng tôi nhận thấy rằng hiệu suất khác biệt nhất giữa các nghiên cứu này không đến từ thuật toán ML. Vì vậy, cải thiện dữ liệu là mấu chốt của hệ thống đề xuất. Trong các vấn đề ML, dữ liệu tốt hơn sẽ mang lại hiệu suất tốt hơn. Dữ liệu gia tốc được đồng bộ hóa từ cảm biến chân và cảm biến cổ là đóng góp nổi bật của chúng tôi. Hệ thống dự kiến có thể phân loại hầu hết các hành vi của bò, áp dụng cho cả bò chăn thả và nuôi nhốt trong chuồng.

Ngoài ra, hệ thống theo sáng chế giám sát hành vi bò và việc thu thập dữ liệu hành vi “theo thời gian thực”. Để có thể thực hiện được dấu hiệu này cần đảm bảo, một khi bò thực hiện hành vi, hệ thống có thể ghi nhận các giá trị gia tốc của hành vi đó, từ đó tiến hành xác định hành vi nhờ thuật toán học máy được cài đặt sẵn trên máy tính, kết quả của quá trình này được gửi đến thiết bị của người sử dụng để phản ánh chính xác những hành vi của bò “theo thời gian thực”. Để thử nghiệm dấu hiệu này, việc giám sát hành vi bò được thực hiện vào các ngày khác nhau, vào các thời điểm trong ngày khác nhau với các điều kiện thời tiết khác nhau và đối tượng giám sát khác

nhau (các con bò khác nhau). Các kết quả kiểm chứng thực nghiệm đã cho thấy ít nhất 85% các hành vi đã được ghi nhận và xác định chính xác, với tất cả đối tượng giám sát trong thực nghiệm. Lưu ý là số lượng các hành vi, độ chính xác khi phân loại mỗi hành vi của các con bò khác nhau là khác nhau, ví dụ, bò ít tuổi sẽ đi lại nhiều hơn bò nhiều tuổi (ảnh hưởng đến số lượng hành vi), những con bò tăng động dao động nhiều khi đứng im hơn so với bò bình thường (ảnh hưởng đến kết quả xác định hành vi). Các kết quả thực sự phản ánh các hành vi được thực hiện của bò “theo thời gian thực” trên bãi chăn thả.

### **Hiệu quả kỹ thuật đạt được**

Hệ thống giám sát hành vi bò sử dụng cảm biến gia tốc 3-DoF gắn trên chân và cổ bò có các ưu điểm sau:

- + Hệ thống được thiết kế hoàn chỉnh để giám sát hành vi động vật, cụ thể là trên bò. Tất cả các hành vi có thể thu được giá trị từ cảm biến gia tốc 3-DoF gắn trên chân và cổ vật nuôi đều có thể được ghi nhận và phân loại phục vụ giám sát.
- + Hệ thống được thiết kế theo mô hình mạng cảm biến không dây, có thể mở rộng về số lượng nút mạng (tăng số lượng vật nuôi cần giám sát).
- + Mô hình thực thi hiệu quả trong việc kết hợp hai thông số trạng thái từ chân và cổ bò để đưa ra quyết định nhận biết chính xác hơn tình trạng, hành vi của bò được giám sát.
- + Hệ thống hỗ trợ việc xác định hành vi vật nuôi theo thời gian thực và trả kết quả trực tiếp về thiết bị của người sử dụng.

### Yêu cầu bảo hộ

1. Hệ thống giám sát hành vi bò sử dụng các cảm biến gia tốc ba trục (3-DoF) đồng thời gắn trên chân và cổ bò, hệ thống gồm được chia thành hai phần chính:

(i) phần một gồm các thiết bị được gắn trên bò nhằm đo đặc chuyển động tại vị trí chân và cổ bò, thiết bị ở chân gửi dữ liệu gia tốc lên thiết bị trên cổ, dữ liệu gia tốc ở chân và cổ được đồng bộ và gửi về máy trạm thông qua giao thức không dây LoRa, thiết bị trên mỗi con bò sẽ là một nút mạng,

(ii) phần hai gồm thiết bị đóng vai trò là nút trung tâm, nhận dữ liệu từ các nút mạng (gắn lên bò) và truyền về máy tính, trên máy tính lưu dữ liệu thành các bản ghi phục vụ cho việc xử lý và đưa ra phân tích về tình trạng sức khỏe của bò, trong đó:

thiết bị được gắn vào chân bò (2) có cảm biến gia tốc thứ nhất (7), thiết bị được gắn vào cổ bò (3) có cảm biến gia tốc thứ hai (12), cả hai cảm biến gia tốc này là cảm biến gia tốc ba trục, có thể đo đồng thời đo được gia tốc theo ba trục X, Y, Z của hệ tọa độ vật thể gắn vào chân/cổ, các cảm biến gia tốc này đo lường chuyển động của bò khi bò thực hiện các hành vi khác nhau, những chuyển động của bò tại chân và cổ thông qua các cảm biến gia tốc này sẽ được biến đổi thành tín hiệu điện, lần lượt được đưa tới vi điều khiển thứ nhất (8) ở chân và vi điều khiển thứ hai (13) ở cổ của bò (1);

trong khung dữ liệu gửi về trung tâm giám sát có thông tin về dung lượng pin còn lại;

khác biệt ở chỗ:

trên thiết bị gắn vào chân bò (2), trong một giây cảm biến gia tốc thứ nhất (7) sẽ thu nhận được  $n$  ( $2 \leq n \leq 100$ ) mẫu dữ liệu mỗi giây trên mỗi trục và gửi về vi điều khiển thứ nhất (8), trong mỗi giây sẽ có  $3n$  mẫu dữ liệu gia tốc được thu thập, vi điều khiển thứ nhất (8) thu nhận tín hiệu gia tốc, gắn thông tin thời gian thực, phần trăm còn lại của pin (10) vào khung dữ liệu và đưa đến bộ truyền thông vô tuyến tầm gần (9) để truyền khung dữ liệu lên thiết bị gắn vào cổ bò (3) thông qua môđun truyền thông tầm gần (15), sau đó dữ liệu này được đưa tới vi điều khiển thứ hai (13), toàn bộ thiết bị gắn vào chân bò (2) được cấp nguồn nuôi từ pin (10);

trên thiết bị gắn vào cổ bò (3), trong một giây cảm biến gia tốc thứ hai (12) sẽ thu nhận được  $n$  ( $2 \leq n \leq 100$ ) mẫu dữ liệu mỗi giây trên mỗi trục và gửi về vi

điều khiển thứ hai (13), trong mỗi giây sẽ có  $3n$  mẫu dữ liệu gia tốc được thu thập, vì điều khiển thứ hai (13) cũng thu nhận dữ liệu về vị trí (kinh độ, vĩ độ) của bò được gửi về từ bộ thu định vị toàn cầu GPS (14), và dữ liệu vị trí, dữ liệu gia tốc, phần trăm còn lại của pin (16) được gắn thông tin thời gian thực và đưa vào khung dữ liệu, toàn bộ thiết bị được cấp nguồn nuôi từ pin Lithium (16), khi pin xuống dưới 20% thì thiết bị có thể được sạc thông qua mạch sạc (18) tích hợp trên thiết bị (3);

dữ liệu giữa hai thiết bị thiết bị gắn vào chân bò (2) và thiết bị gắn vào cổ bò (3) được đồng bộ,  $n$  khung dữ liệu chân sẽ được lấy trung bình để thu được một khung dữ liệu chân có tốc độ cập nhật là một khung/giây, và  $n$  khung dữ liệu cổ sẽ được lấy trung bình để thu được một khung dữ liệu cổ có tốc độ cập nhật là một khung/giây để làm trơn dữ liệu, loại bỏ thành phần nhiễu tần số cao, trong trường hợp có xảy ra dữ liệu bị mất trong quá trình thu thập dữ liệu, và/hoặc dữ liệu bị mất trong quá trình truyền dữ liệu từ thiết bị gắn vào chân bò (2) đến thiết bị gắn vào cổ bò (3) thì vi điều khiển thứ hai (13) sẽ thực hiện:

thu nhận số mẫu gia tốc từ chân bò nhận được trong một giây, gọi là  $N$ ,  $N$  sẽ có giá trị nhỏ hơn  $n$ , lấy trung bình giá trị gia tốc của  $N$  mẫu thu nhận được trên từng trục X, Y, Z,

thu nhận số mẫu gia tốc từ cổ bò nhận được trong một giây, gọi là  $M$ ,  $M$  sẽ có giá trị nhỏ hơn  $n$ , lấy trung bình giá trị gia tốc của  $M$  mẫu thu nhận được trên từng trục X, Y, Z,

xoá các mẫu giá trị trung bình chỉ có ở chân hoặc cổ, ghi nhận các mẫu giá trị trung bình mà thông tin thời gian (theo giây) tồn tại ở cả chân và cổ,

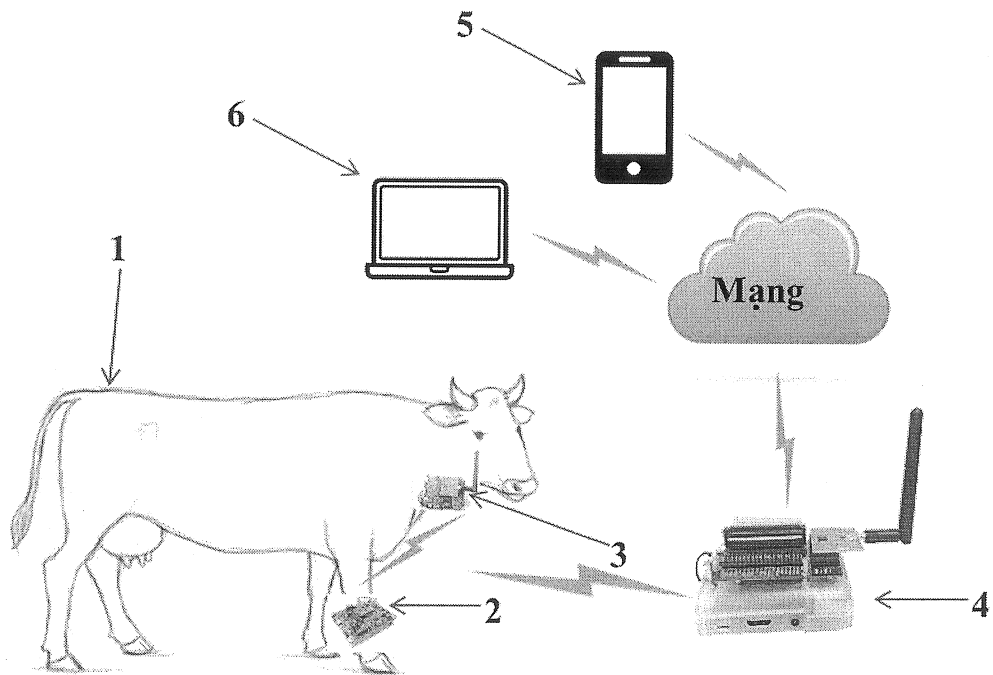
dữ liệu cổ và chân được đồng bộ theo từng giây và được đóng gói thành một siêu khung, sau đó dữ liệu này được gửi tới nút trung tâm (4) thông qua môđun truyền thông tầm xa (17), tại nút trung tâm, môđun truyền thông tầm xa (19) sẽ thu nhận dữ liệu và gửi tới vi điều khiển (20), dữ liệu sau đó được gửi tới máy tính (22) thông qua giao thức truyền thông nối tiếp, việc phân loại các hành vi bò được thực thi trên máy tính, kết quả phân loại được cập nhật lên dữ liệu đám mây qua internet, điện thoại (5) hoặc máy

tính (6) có thể truy cập và giám sát trạng thái của từng con bò theo thời gian thực.

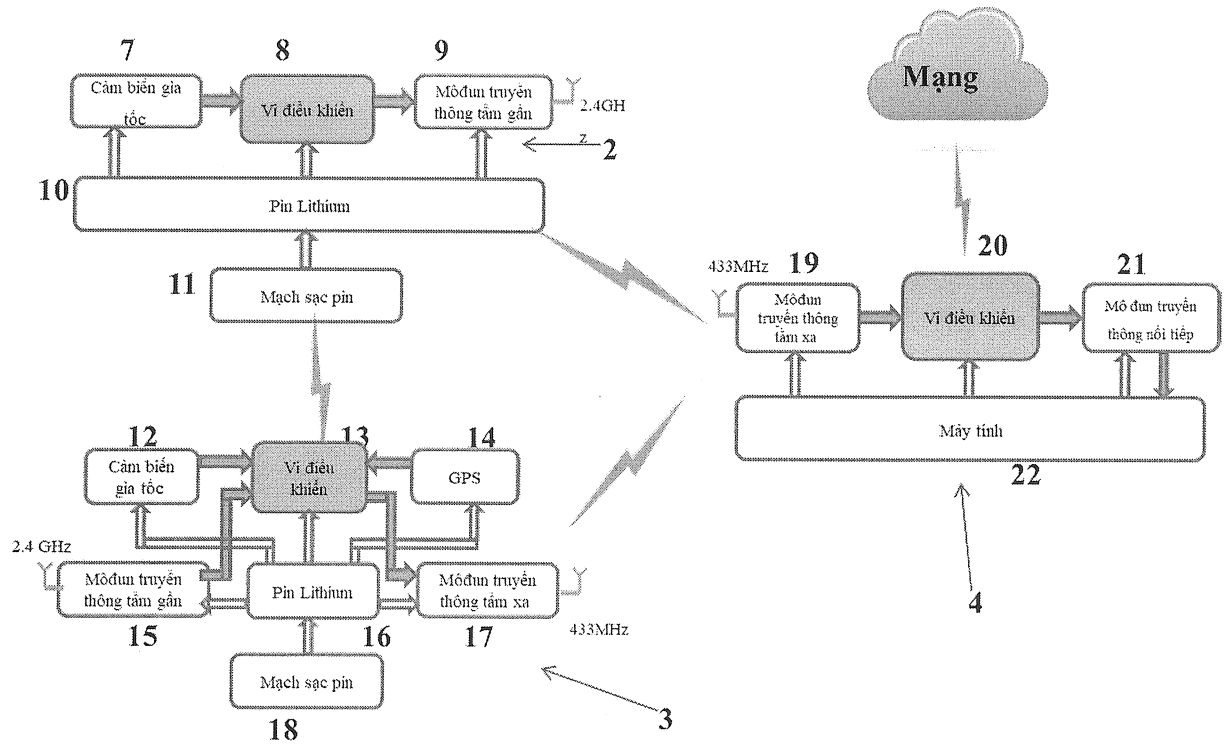
2. Hệ thống theo điểm 1, trong đó, khi điện năng ở mỗi pin xuống dưới 20% thì mỗi thiết bị (2, 3) có thể được sạc thông qua mạch sạc tích hợp trên mỗi thiết bị tương ứng.

3. Hệ thống theo một trong các điểm 1 hoặc 3, trong đó, các thành phần của một siêu khung được gửi từ các nút cảm biến về nút trung tâm (4) gồm ít nhất các thành phần sau: mã nhận dạng (ID) của con bò, thời gian theo từng giây, vị trí của bò đang được giám sát, phần trăm pin còn lại ở các thiết bị gắn ở cổ bò và chân bò, gia tốc ba trục X, Y, Z đo ở chân bò, gia tốc ba trục X, Y, Z đo ở cổ bò.

4. Hệ thống theo một trong các điểm nêu trên, trong đó, giá trị  $n = 10$ .



Hình 1



Hình 2