

논문 2021-16-04

웹캠과 스마트폰 기반의 반려 동물 돌봄 로봇의 구현 및 전원 관리 (Implementation of a Pet Care Robot Based on Webcam and Smartphone and its Power Management)

이윤호, 전주현, 이나은, 장제문, 유신, 주문갑*
(Yoon-Ho Lee, Joo-Hyeon Jeon, Na-Eun Lee, Jea-Moon Jang, Shin Yu, Moon G. Joo)

Abstract : We developed a pet care robot that can be controlled outdoors. Through the smartphone application, the pet owners can watch the situation in the house and manipulate the robot to make their pet happy. The video data in the house is transmitted to the application through the webcam installed at the house. The robot can not only perform user's command but also do six basic macro action. The obstacle avoidance function using the current sensor can be activated if the user want to use. When the robot hits to something, it moves back and rotates by arbitrary angle, and then moves forward.

Keywords : Webcam, Smartphone, Pet, Robot, Wi-Fi, Motor, Sleep mode

1. 서론

최근 1인 가구가 증가함에 따라 외로움을 달래기 위해 반려 동물을 기르는 가구가 많아졌다. 2020년에 반려 동물을 기르는 가구 수는 전체 가구 수의 30%에 육박할 정도이다. 이와 함께 4차 산업 혁명 시대에 맞춰 국내의 기업들은 다양한 펫 비즈니스에 첨단 ICT 기술을 결합한 제품 및 서비스를 출시하고 있으며 이 같은 흐름에 따라 펫 테크(pet-tech) 산업이 부상 중이다 [1, 2].

그러나 주인과 오랜 시간 떨어져 있는 반려 동물은 대부분 극심한 우울증이나 무기력증, 분리 불안 등으로 인한 비정상적인 행동을 하는데 이는 건주가 반려 동물을 유기하는 이유 중 상당 부분을 차지한다. 2019년 농림축산식품부가 집계한 통계에 따르면, 당시의 유기견은 12만 마리로 전년 대비 18%나 증가하였다. 직장 생활로 인하여 반려 동물을 홀로 오랜 시간 집에 남겨 둘 수밖에 없는 반려인들의 격정과 반려 동물의 외로움을 덜어줄 수 있는, 반려인과 반려 동물 간 상호 보완할 수 있는 시스템 개발이 필요하다는 것은 이미 잘 알려져 있다.

현재 시중에는 'GoBone', 'Wickedbone' 등 반려 동물용 제품들이 출시되어 있다 [3, 4]. 하지만 이러한 제품들은 블루투스를 이용한 단거리 무선 제어 방식이기 때문에 제품을 조종하는 사용자의 스마트폰과 제품과의 거리가 멀어지면

블루투스 연결이 끊어지게 된다. 블루투스의 효율적인 전력 소모를 감안하였을 때 전송 범위가 약 10m인 점을 고려하면, 반려인과 반려 동물용 제품은 블루투스 통신 범위 내에 같이 있어야 한다. 즉, 반려인이 반려 동물과 지역적으로 떨어져 있는 동안에는 해당 제품이 반려 동물에게 도움이 되지 못한다.

이러한 문제를 해결하기 위하여, 본 논문은 웹캠과 스마트폰을 이용하여 반려인이 제품과 다른 공간에 있더라도 스마트폰 영상을 보며 제어할 수 있는 IoT 기반의 반려 동물용 로봇의 개발에 대하여 기술한다. 제안된 방식은 블루투스 가 아닌 Wi-Fi를 사용하여 거리의 제한을 극복하고, 가정용 웹캠을 통하여 반려 동물을 관찰하면서 로봇을 제어할 수 있도록 하여, 반려인과 반려 동물이 서로 다른 공간에 있더라도 원거리 제어가 가능하다는 장점을 가진다.

집에 반려 동물을 홀로 남겨 두고 지역적으로 멀리 떨어져 로봇을 제어해야 하는 사용자를 위해서 로봇은 오랜 시간 사용될 수 있어야 한다. 기존 제품들은 블루투스를 이용한 단거리 무선 제어 방식이기 때문에 제품이 동작하다가 배터리가 부족하면 바로 충전해서 사용할 수 있지만, Wi-Fi를 이용한 원거리 무선 제어 방식인 반려 동물 돌봄 로봇은 배터리가 부족하면 바로 충전할 수 없기 때문에 로봇을 제어할 수가 없다. 효율적인 전원 관리를 하지 못하여 로봇을 동작시키지 못한다면 원거리 제어가 가능하다는 장점이 무색해진다. 반려 동물 돌봄 로봇의 동작 시간은 시스템의 전원과 직접적으로 연관되기 때문에 로봇을 동작시킬 수 있는 효율적인 전원 관리의 필요성이 대두된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 반려 동물 돌봄 로봇 시스템에 대해 소개한다. 로봇의 하드웨어 구성과 애플리케이션 구현 및 웹캠 연동에 대해 설명한다. 3장은 시스

*Corresponding Author (gabi@pknu.ac.kr)
Received: Oct. 6, 2020, Revised: Oct. 22, 2020, Accepted: Dec. 22, 2020.
Y. Lee, J. Jeon: Pukyong National University (M.S.)
N. Lee, J. Jang: Pukyong National University (B.S.)
S. Yu: IoT Crew, Co., Ltd (CEO)
M. Joo: Pukyong National University (Prof.)
※ 본 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2019년)에 의하여 연구되었음.

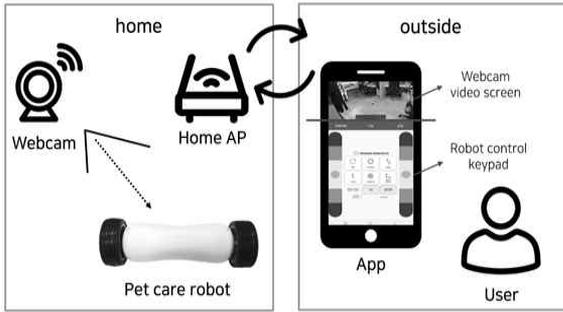


그림 1. 반려 동물 돌봄 로봇과 네트워크 전체 구성도
Fig. 1. The overall structure of a pet care robot and network

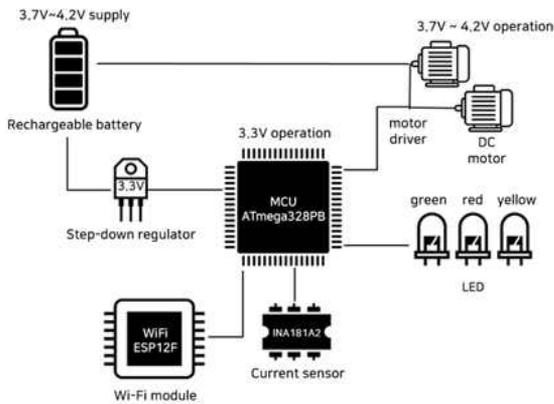


그림 2. 시스템 하드웨어 구성도
Fig. 2. System hardware configuration

템에서 소모되는 전류량을 최소화하는 효율적인 시스템 전원 관리 방법에 대해 기술하고, 마지막 4장에서 결론을 짓는다.

II. 반려 동물 돌봄 로봇 시스템

반려 동물 돌봄 로봇은 Wi-Fi 모듈을 이용하여 가정용 AP와 연결되어 실외에 있는 사용자로부터 전송되는 동작 명령을 수신한다. 웹캠은 실내에 있는 로봇의 영상 데이터를 가정용 AP를 통해 실외에 있는 사용자의 스마트폰 애플리케이션으로 전송한다. 사용자가 웹캠으로부터 수신된 영상을 직접 보면서 동작 명령을 입력하면, 로봇은 연결된 가정용 AP를 통해 명령을 수신하고 동작한다. 그림 1은 반려 동물 돌봄 로봇과 네트워크의 전체 구성도이다.

1. 반려 동물 돌봄 로봇의 하드웨어

반려 동물 돌봄 로봇의 하드웨어는 그림 2와 같이 시스템의 전원을 공급하는 전원부, 로봇의 바퀴를 제어하는 모터 제어부, 스마트폰 애플리케이션과의 신호를 송수신하는 통신부로 나뉜다.

시스템의 전원은 3.7~4.2V를 출력으로 하는 18650 리튬이온배터리를 사용한다. 이 배터리는 시스템 전체에 전원을

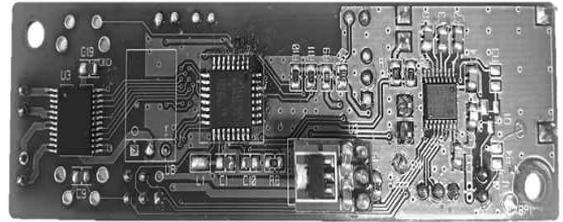
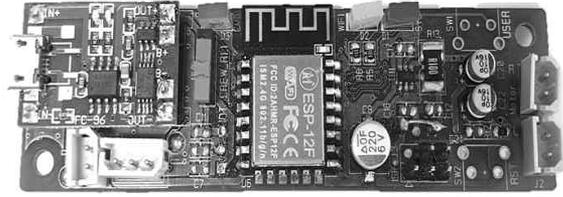


그림 3. 반려 동물 돌봄 로봇의 PCB 기판
Fig. 3. PCB board of a pet care robot



그림 4. 반려 동물 돌봄 로봇의 외형
Fig. 4. The appearance of a pet care robot

공급하며 micro usb 5핀을 사용하여 충전이 가능하다. MCU인 ATmega328PB를 비롯하여 Wi-Fi 모듈, LED에는 3.3V step down 레귤레이터를 이용하여 전원을 공급하고, 모터 드라이버와 전류 센서에는 큰 전류를 전달하기 위하여 레귤레이터를 거치지 않고 배터리에서 바로 전원을 공급한다.

반려 동물 돌봄 로봇의 주행을 담당하는 바퀴는 모터에 의해 구동된다 [5]. 6V 300rpm DC 모터 2개를 제어하기 위해 모터 드라이버를 사용하여 로봇의 속도와 방향을 정해 주며, 이때 발생하는 전류값을 ADC로 받아서 장애물 회피용으로 사용한다. 모터가 구동하다가 장애물에 의하여 멈추게 되면 모터 전류가 급상승하게 되는데, 이 값이 기준값보다 높으면 장애물이 있다고 판단하고 후진 후 임의의 각도만큼 방향을 변경하여 다시 진행하도록 설계되었다.

사용자가 스마트폰의 애플리케이션으로 반려 동물 돌봄 로봇에 동작 명령을 입력하면, 이 명령은 가정용 AP를 통해 로봇에 전달된다. 반려 동물 돌봄 로봇은 esp8266 Wi-Fi 모듈을 통해 가정용 AP와 통신하도록 되어 있는데, 만약 등록된 가정용 AP가 감지되지 않으면 로봇은 자체 AP를 이용하여 스마트폰과 직접 연결을 시도한다. 그러므로, 가정용 AP가 없는 야외에서는 블루투스 기반의 기존 제품처럼 스마트폰과 직접 통신하여 동작된다.

로봇은 사용자에게 수신 준비가 되었음을 알리는 명령을 약 1초마다 전송하고, 스마트폰의 애플리케이션은 매번 이 명령을 받은 후에 사용자의 명령을 로봇에 전달한다.

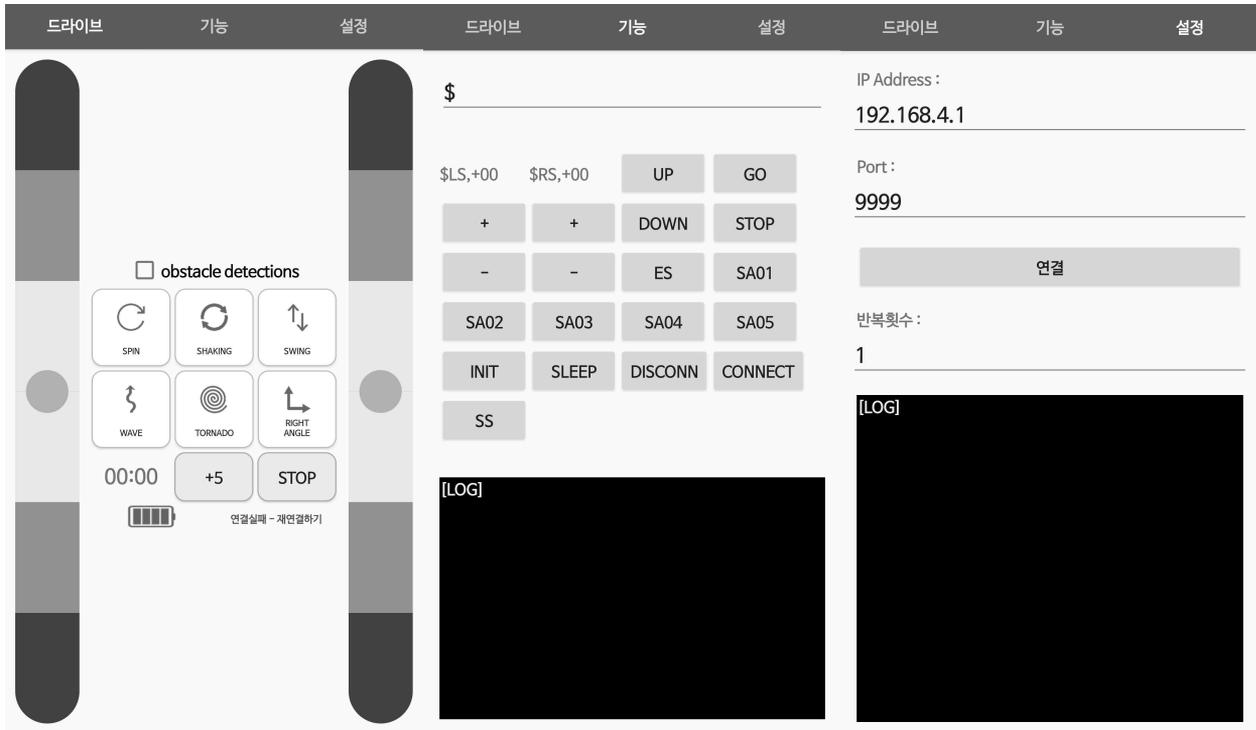


그림 5. 애플리케이션 사용자 화면
Fig. 5. Application user interface

이 밖에도 반려 동물 돌봄 로봇의 상태를 표시해 주는 색이 서로 다른 LED 3개를 달아 시스템 동작 여부 확인용, 배터리 잔량 확인용, Wi-Fi 신호 확인용으로 사용한다. 그림 3은 반려 동물 돌봄 로봇의 PCB 기판으로 OrCAD로 직접 설계한 후 제작하였다. 그림 4는 반려 동물 돌봄 로봇의 외형으로 3D 모델링을 통해 필라멘트로 프린팅하여 제작하였다 [6].

2. 애플리케이션 구현 및 웹캠 연동

그림 5는 반려 동물 돌봄 로봇에 사용자 명령을 송신하는 애플리케이션의 사용자 화면이다. 드라이브, 기능, 설정 총 3개의 탭으로 구성되어 있으며 드라이브와 기능 탭에서는 반려 동물 돌봄 로봇에 사용자 동작 명령을 송신하는 버튼이 있다. 설정 탭은 애플리케이션과 반려 동물 돌봄 로봇과의 연결을 위한 IP 주소와 포트 번호를 입력하는 창이다.

2.1 스마트폰 애플리케이션과 로봇의 연결

먼저 사용자의 스마트폰에 로봇 자체의 AP를 등록하여야 한다. 여기서 로봇 자체 AP의 초기 SSID는 PET으로 시작하는 고유 mac 주소로 이루어진 문자열이고, 초기 암호는 12345678로 설정하였다. 이 과정은 초기 로봇에 각종 설정값들을 저장하기 위하여 스마트폰과 로봇이 직접 연결되기 위한 것이다. 로봇 자체의 AP 정보는 나중에 사용자가 가정용 AP 없이 직접 반려 동물 돌봄 로봇을 제어하는 경우에도 필요하다.

그다음은 스마트폰의 애플리케이션을 이용하여, 로봇이 연결될 가정용 AP의 IP 주소와 암호를 로봇에 알려주고, 로봇은 이것을 비휘발성 메모리에 저장한다. 이제 로봇은 가정용 AP에 하나의 station으로 연결되는데, 이때, 미리 정해진 포트 번호 9999를 사용하여 포트포워딩으로 동작된다.

스마트폰의 애플리케이션은 가정용 AP의 정보를 알고 있으므로, 외부에서도 9999 포트 번호를 사용하여 언제 어디서나 로봇과 연결할 수 있다. 가정용 AP가 없는 야외에서는, 스마트폰에 저장된 로봇 자체의 AP를 이용하여 로봇과의 직접 연결 및 제어가 가능하다.

유동 IP를 일반적으로 사용하는 가정 내 FTTH 서비스의 경우에는 가정용 AP의 DDNS 설정으로 유동 IP를 도메인 이름과 매칭 시켜 IP 주소의 변함과 상관없이 외부에서 바로 접근 가능하다.

2.2 스마트폰 애플리케이션 기능 설명

애플리케이션에는 사용자가 반려 동물 돌봄 로봇에 전송할 수 있는 동작 명령 버튼이 있다. 드라이브 탭에서 양쪽 바퀴를 각각 제어할 수 있는 버튼을 양옆 가장자리에 배치하였고, 그 중간에는 미리 지정된 연속 동작을 수행하는 매크로 동작 버튼을 배치하였다. 매크로 동작에는 SPIN, SHAKING, SWING, WAVE, TORNADO, RIGHT ANGLE 등 총 6개가 있고 해당 동작 상태를 아이콘으로 표시하였다. 장애물 인지 기능은 로봇이 장애물에 부딪혀서 더 이상 진행 방향으로 동작할 수 없는 경우에 후진 후 임의의 각도만



그림 6. 웹캠을 연동한 사용자의 스마트폰 화면
Fig. 6. User's smartphone screen linked with webcam

크 변경하여 다시 동작할 수 있게 한다. 장애물 인지 기능은 사용자 편의에 따라 켜고 끌 수 있는 체크 박스 형태의 버튼으로 구성하였다 [7]. 로봇의 자동 주행 시간을 설정할 수 있는 버튼이 있고 현재 로봇의 배터리 상태를 표시해 준다.

2.3 웹캠 연동

반려 동물 돌봄 로봇을 실내가 아닌 실외에서 조종하기 위해서는 영상 데이터가 필요한데, 이것은 가정용 웹캠을 이용한다. 시중에 나와 있는 웹캠은 VPN 서버가 존재하며, 자체 애플리케이션에서 회원 가입을 통해 사용자 인증 정보를 생성하면 서버와 연동된다. 이후, 사용자 인증 정보를 토대로 웹캠의 연결 정보가 서버로 전송되고 저장된다. 서버에서 웹캠이 가정용 AP에 연결되어 있는 내부 IP 주소와 가정용 AP의 외부 IP 주소를 매핑 테이블로 만들어 자동으로 매핑 시켜준다. 이러한 hole punching 기술로 인하여 실외에서 웹캠에 접속 시 별다른 포트 포워딩 과정이 필요 없게 되고, 사용자는 별다른 설정 없이도 외부에서 가정용 웹캠의 화면을 볼 수 있다.

안드로이드 스마트폰의 화면 분할 기능을 이용하여 웹캠의 화면과 반려 동물 돌봄 로봇의 제어 화면을 동시에 보여 주도록 구현하였다. 그림 6은 사용자의 스마트폰 화면을 나타낸다. 위쪽은 웹캠 화면이고 이를 통하여 반려 동물과 대화하거나 반려 동물의 상태를 확인할 수 있다. 아래쪽은 로봇의 제어 화면을 나타낸다.

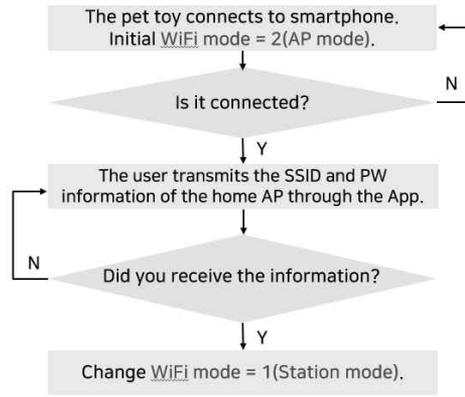


그림 7. Wi-Fi 모드 변경 흐름도
Fig. 7. Wi-Fi mode change flow chart

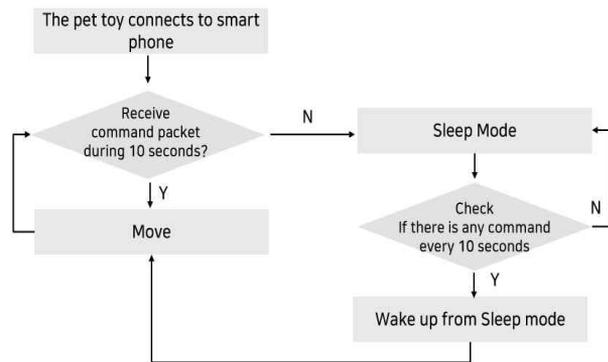


그림 8. 슬립 모드 흐름도
Fig. 8. Sleep mode flow chart

III. 시스템의 전원 관리

본 장에서는 반려 동물 돌봄 로봇의 전원 관리에 대해서 설명한다. 시스템 동작에서 전류를 소모하는 부분은 크게 모터 제어, Wi-Fi 통신, MCU 주변 회로 동작이다. 배터리를 이용한 로봇 시스템에서 로봇의 동작 가능 시간을 예측하는 것은 중요하다. 이를 위하여, 현재 시스템에서 전류 소모를 최소화하기 위한 방안을 제시하고, 실험을 통해 예상 대기 시간을 계산하였다.

1. 모터 속도의 점진적 증가

반려 동물 돌봄 로봇의 모터 속도는 0부터 10까지 단계별로 설정 가능하다. 사용자가 정지해 있는 로봇을 최고 속도로 작동하기 위해서 10이라는 명령을 로봇에 전송하면 급격하게 모터의 속도가 바뀌게 되어 많은 전류가 소비된다. 이를 방지하기 위해서, 사용자가 주는 속도에 현재 로봇의 모터 속도가 단계적으로 쫓아가도록 설계하여 전류 소모를 최소화하였다.

2. Wi-Fi 모듈의 모드 변경

반려 동물 돌봄 로봇에 사용된 Wi-Fi 모듈은 3가지 모드

표 1. 대기 상태일 때 평균 전류
Table 1. Average current when in standby

operation classification	current quantity (mA)	duration (sec)
sleep mode	30	10
wake up	60	1
sum of current per cycle	360	
cycle(sec)	11	
average current(mA)	32.73	

표 2. 상태 구분별 사용 시간
Table 2. Usage time by status classification

status classification	18650 battery (2600 mAh)	usage time
standby	32.73 mAh	79.4 hour
driving	200 mAh	13 hour

로 동작한다. 첫 번째는 Wi-Fi 모듈이 station이 되어 가정용 AP에 연결되는 것이고, 두 번째는 Wi-Fi 모듈이 자체 AP 모드로 동작하는 것이고, 마지막은 자체 AP 기능과 station 기능을 동시에 사용하는 것이다.

로봇이 초기에 애플리케이션과 연결할 때 Wi-Fi 모듈은 AP 모드로 동작하여 사용자로부터 로봇이 연결해야 하는 가정용 AP에 대한 정보를 전달받는다. 정보를 전달받은 후 로봇이 가정용 AP와 연결되면 로봇의 Wi-Fi 모듈은 station 모드로 변경되어 동작한다. 사용된 Wi-Fi 모듈은 자체 AP 기능과 station 기능을 동시에 사용하면 평균 80mA를 소모하고, 각각 단일 모드로 사용하면 평균 60mA를 소모하기 때문에, 대부분의 경우 Wi-Fi 모듈은 단일 모드로 동작하게 하여 전류 소모를 최소화하였다.

사용자가 로봇을 실외에 두거나 로봇이 연결되어 있는 가정용 AP의 IP 주소가 바뀌게 된다면, 로봇은 자체 AP로 동작된다. 그림 7은 Wi-Fi 모드 변경 흐름도를 나타낸다.

3. Sleep mode

반려 동물 돌봄 로봇이 사용자 스마트폰의 애플리케이션에 연결된 후, 10초 동안 아무 명령을 수신하지 못하면 로봇은 sleep mode에 들어가고, 10초마다 깨어나서 사용자의 명령을 확인한다. 사용자의 명령이 10초 안에 수신되었다면 sleep mode에서 깨어나 정상으로 동작한다.

로봇은 wake up 시 평균 60mA를 소모하고, sleep mode에 들어가게 되면 평균 30mA를 소모하기 때문에, sleep

mode에 들어가게 하여 전류 소모를 최소화하였다.

이를 위하여 사용한 MCU의 여러 sleep mode 중 timer가 활성화되는 power save mode를 사용하였다. 그림 8은 반려 동물 돌봄 로봇의 sleep mode 흐름도를 나타낸다.

4. 실험 결과 및 예상 대기 시간

표 1은 반려 동물 돌봄 로봇이 이동하지 않는 대기 상태일 때, 시스템 동작 구분별 전류량과 지속 시간을 나타낸다. Wi-Fi 모듈은 station 모드일 때를 기준으로 측정하였다.

각 동작 구분별 전류량과 지속 시간을 곱해서 더해주면 주기당 전류합이 나온다. 여기서 주기를 나누면 이 시스템의 평균 전류를 구할 수 있다. 반려 동물 돌봄 로봇의 배터리 용량은 2600 mAh로 배터리 용량에서 평균 전류를 나누어주면 로봇의 사용 시간을 구할 수 있다.

표 2는 로봇의 상태 구분별 사용 시간을 나타낸다. 주행 상태는 모터를 구동한 경우인데 모터의 연속 동작 시간과 속도, 바퀴와 지면과의 마찰력에 따라 사용 시간은 크게 변동될 수 있다.

IV. 결론

우리는 가정용 웹캠과 스마트폰을 이용하여 외부에서 제어 가능한 반려 동물 돌봄 로봇을 구현하였다. 기존 시장에 나와 있는 반려 동물 돌봄 제품들의 한계점을 보완하기 위해서 블루투스를 이용한 단거리 무선 제어 방식이 아닌 Wi-Fi를 이용한 원거리 무선 제어 방식을 통해 실외에서도 제어할 수 있게 하였다. 로봇을 집안 내부에 설치된 공유기 및 가정용 웹캠과 연동하여 기기의 단가를 낮추고, 사용자는 시간과 장소에 구애받지 않고 언제 어디서든 스마트폰으로 웹캠 영상을 보면서 로봇을 제어할 수 있다.

또한 모터 속도의 점진적 증가, Wi-Fi 모드 변경, sleep mode 등 다양한 실험을 통해 반려 동물 돌봄 로봇의 시스템에서 소모되는 전류를 최소화하였다. 이는 사용자가 배터리를 자주 충전해 주어야 하는 번거로움을 덜어준다.

앞으로 펫 테크 산업의 규모는 더욱더 커질 것이다. 가정용 웹캠과 스마트폰을 이용하여 외부에서 제어 가능한 반려 동물 돌봄 로봇은 반려 동물 관리의 어려움과 이상 행동 등으로 버려지는 유기견 개체 수 감소로 인한 경제적 손실을 예방하는 데 도움이 될 것이다. 반려 동물로 인한 사회적 문제를 완화하고 반려인들의 걱정을 해소해 줄 수 있는 반려 동물 돌봄 로봇이 될 것이다.

References

[1] H.W. Shin, J.S. Kim, "A Study on the Development of Wearable Products Applied to PetTech Service Using IoT and AI Technology," Journal of the Korean Society of Design Culture, Vol. 26, No. 1, pp. 261-272, 2020 (in Korean).

- [2] K.H. Song, "Development Of Smart Device To Resolve Separation Anxiety Of Pet," Journal of Basic Design & Art, Vol. 21, No. 1, pp. 281-293, 2020 (in Korean).
- [3] <https://mygobone.com/>
- [4] <https://www.kickstarter.com/projects/1847607923/wickedb-one-worlds-first-smart-and-interactive-dog>
- [5] H.R. Jung, "Autonomous Driving Technology for Outdoor Mobile Robots," Journal of The Institute of Control, Robotics and Systems, Vol. 26, No. 1, pp. 24-32, 2020 (in Korean).
- [6] Y.J. Chung, "A Study on the Design of the Dog Care Robot Using Obstacle Protection Algorithm," Journal of The Korea Contents Society, Vol. 18, No. 12, pp. 140-149, 2018 (in Korean).
- [7] I.S. Moon, W.K. Hong, J.T. Ryu, "Design of Ultrasonic Sensor Based Obstacle Recognition Mobile Robot," IEMEK J. Embed. Sys. Appl., Vol. 6, No. 5, pp. 327-333, 2011 (in Korean).

Yoon-Ho Lee (이 윤 호)



2020 Information and Communications Engineering from Pukyong National University (B.S.)
2020~Smart Robot Convergence and Application Engineering at Pukyong National University (M.S.)

Field of Interests: Factory Automation & Embedded System
Email: yoonho5276@naver.com

Joo-Hyeon Jeon (전 주 현)



2020 Information and Communications Engineering from Pukyong National University (B.S.)
2020~Smart Robot Convergence and Application Engineering at Pukyong National University (M.S.)

Field of Interests: Factory Automation & Embedded System
Email: junju1998@naver.com

Na-Eun Lee (이 나 은)



2017~Information and Communications Engineering at Pukyong National University (B.S.)

Field of Interests: Factory Automation & Embedded System
Email: nanaeun98@gmail.com

Jea-Moon Jang (장 제 문)



2015~Information and Communications Engineering at Pukyong National University (B.S.)

Field of Interests: Factory Automation & Embedded System
Email: wkdwpan123@naver.com

Shin Yu (유 신)



2013 Golf System from Jeju International University (B.S.)

Career:
2019 CEO, IoT Crew, Co., Ltd
Field of Interests: Pet care through the Internet of Things
Email: yamajaki4@naver.com

Moon G. Joo (주 문 감)



1992 Electricity and Electronic Engineering from POSTECH (B.S.)
1994 Information Communication Engineering from POSTECH (M.S.)
2001 Electronic Computer Engineering from POSTECH (Ph.D.)
2003~Professor at Pukyong National University

Field of Interests: Intelligent Control & Factory Automation
Email: gabi@pknu.ac.kr