

Spycar : 스마트폰으로 제어하는 무선 통신 자동차

이홍식, 백인식, 황석중, 김종국
 고려대학교 전기전자전파공학부
 e-mail: HongSik.Lee86@gmail.com, bispro89@gmail.com, nzthing@korea.ac.kr,
 jongkook@korea.ac.kr

Spycar : A car controlled by smartphone using wireless communication

Hong-Sik Lee, In-Sik Baek, Seok Joong Hwang and Jong-Kook Kim
 School of Electrical Engineering, Korea University

요 약

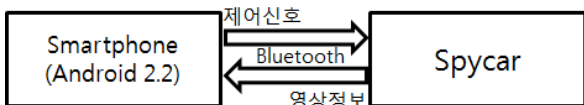
본 논문에서는 스마트폰으로 원격제어하고, 카메라 영상을 전송하는 소형 자동차인 Spycar에 대해 소개한다. Spycar의 특징은 원격조정 단말기를 특수 제작된 전용장비나 PC등을 이용하지 않고 안드로이드 기반의 스마트폰을 이용한다는 것에 있다. 이와 같은 시스템의 구성은 원격조정 시스템 구성을 위한 비용을 절감할 수 있을 뿐만 아니라, 사용의 편리성을 극대화하기 때문에 무인로봇의 활용영역을 일반 가전분야에도 확대하는 것에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

1. 서론

원격조정 시스템을 갖춘 무인로봇은 사람이 직접 작업하기 곤란한 작업 현장에 투입되어 큰 효과를 발휘하는 장점이 있어 하수관 이상탐지, 폭발물 탐지 및 제거, 감시 정찰 등 다양한 분야에서 활용되고 있다.

본 논문에서 소개하고자 하는 Spycar는 원격 제어를 통해 사람이 직접 탐색할 수 없는 곳에 도달하여 해당 영상을 찍어 전송하는 자동차 로봇과 원격제어 단말기로 구성된 시스템이다. Spycar의 특징은 원격조정 단말기를 특수 제작된 전용장비나 PC등이 아닌 안드로이드 기반의 스마트폰을 이용하고, 스마트폰에 내장된 센서를 카메라의 조작에 이용한다는 것에 있다. 이와 같은 시스템의 구성은 원격조정 시스템 구성을 위한 비용을 절감할 수 있을 뿐만 아니라, 사용의 편리성을 극대화하기 때문에 무인로봇의 활용영역을 일반 가전분야에도 확대하는 것에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

그림 1은 Spycar 시스템 구성을 나타내며, 단말기로는 안드로이드[1] 운영체제 기반의 스마트폰을 사용하고 자동차 로봇과는 Bluetooth 2.0[2] 방식으로 통신한다.

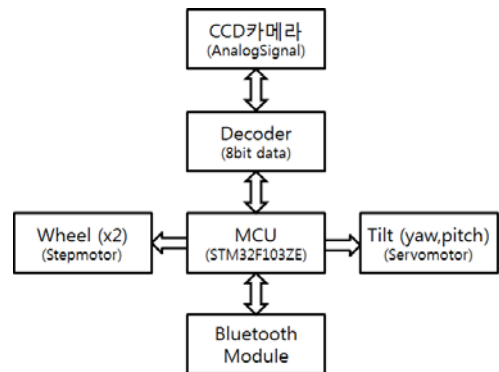


(그림 1) Spycar 시스템의 구성

영상 획득, 바퀴 구동, 카메라 tilt와 통신부로 구성된다.



(그림 2) 자동차 로봇



(그림 3) 자동차 로봇의 구성

2. 자동차 로봇

그림 2는 최종 구현한 자동차 로봇이며 그림 3과 같이

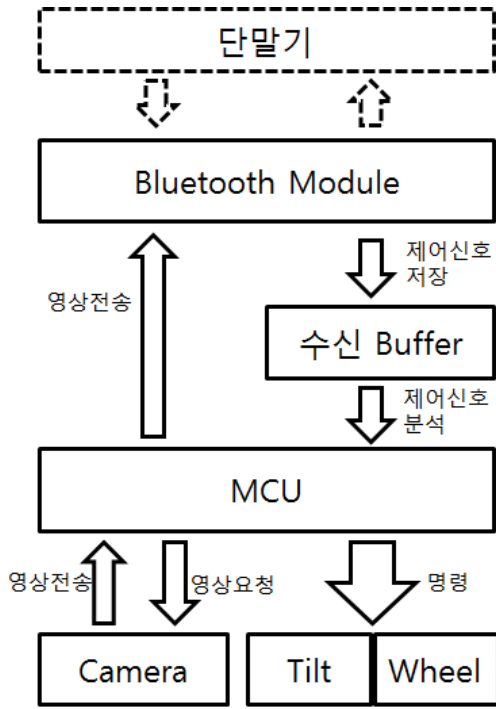


그림 4 자동차 로봇의 Control Flow

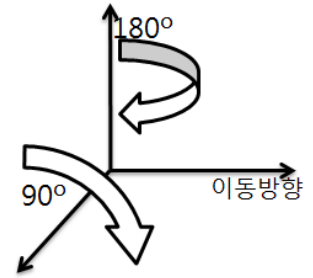
영상은 아날로그 방식의 CCD(charge-coupled device) 카메라를 이용하여 촬영하며 MCU(microcontroller unit)에서 처리하기 적합한 디지털 신호로 변환하기 위해 decoder 모듈을 장착하였다. 사용한 decoder module은 아날로그 영상을 디지털 신호로 변환하는 decoder, 영상의 크기를 조절하기 위한 FPGA(field-programmable gate array), 영상 데이터를 저장하기 위한 FIFO(first-in first-out) queue로 이루어진다. MCU는 decoder 모듈을 I²C 프로토콜을 이용하여 제어하고, 영상 데이터는 GPIO(general purpose input/output) 포트를 통해 1 byte씩 입력 받는다. MCU는 영상의 크기, 명도 등 여러 가지 제어 값을 I²C로 보내어 decoder 모듈을 초기화한다. 초기화 이후에 MCU에서 GPIO로 1 클럭 신호를 넣어주면 주면 decoder 모듈은 미리 촬영한 영상을 FIFO queue에서 꺼내어 1 byte씩 보낸다.

바퀴 구동 부분은 4 상(phase) stepping 모터로 구현하였다. 일정 시간 간격으로 여러 가지 상을 순환 반복시켜 구동하는 stepping 모터는, 이동 속도는 느리지만 이동, 정지, 이동을 수시로 반복하는 민첩한 움직임에 유리하다. MCU에서의 제어는 타이머 인터럽트를 사용하여 구현하였다.

카메라 tilt 부분은 그림 4와 같이 servo 모터로 구현했으며 MCU에서는 타이머를 이용한 PWM(pulse-width modulation) 신호로 각을 조절한다. 카메라 tilt 이동 범위는 그림 5과 같다.



(그림 4) 카메라 tilt



(그림 5) 카메라 tilt 이동 범위

단말기와와의 통신은 Bluetooth 모듈을 통해 이루어진다. MCU와 Bluetooth 모듈 간의 통신은 USART((universal synchronous/asynchronous receiver/transmitter) 방식을 사용하며 TTL(transistor-transistor logic) 신호를 서로 교환한다.

단말기에서 제어신호를 받으면 USART 인터럽트에 의해 버퍼에 저장되고 버퍼에서 데이터를 꺼내 제어신호를 분석하고 카메라 tilt 제어, 바퀴구동, 영상 획득 등을 위한 명령을 내린다. 각 제어신호의 길이는 8 byte이며 그림 6과 같이 구성된다.

처음에 나타나는 문자열 'STA'는 제어신호를 검출하기 위한 Header로 쓰인다. Header가 검출되면 각 값을 읽어 나가는데 Pitch는 0~90, Yaw는 0~180, wheel은 0~8까지의 값을 갖는다. 다음 byte는 영상 요청에 대한 부분으로 1일 때 영상 요청, 0일 때 영상 중단을 의미한다. 마지막 byte는 카메라가 정면을 보도록 할 때 쓰인다.

'S'	'T'	'A'	Pitch	Yaw	Wheel	Request for Video	Reserved
-----	-----	-----	-------	-----	-------	-------------------	----------

(그림 6) 제어신호의 구성

제어 신호에 의해 카메라 영상을 요청 받으면 Spycar는 단말기로 카메라 영상을 보낸다. 이때 USART 통신의 Baud rate는 115200 bps로 Spycar에서 전송하는 영상인 180x120x1byte(256 gray level)의 이미지를 단말기에서 받는데 다음 수식에 따라 1.5초의 시간이 소요된다.

$$\frac{180 \times 120 \times 1}{115200 / 8} = 1.5\text{sec}$$

MCU가 카메라 단말기로부터 영상 요청 신호를 수신 받으면 Spycar는 단말기로 카메라 영상을 송신한다. 그런데 영상을 한 프레임 단위로 받으면 영상을 보내는 1.5초 동안 MCU에서는 Bluetooth와 관련하여 영상 버퍼를 읽어내는 이외의 동작이 불가능하다. 새로운 조작신호가 도착하여도 버퍼 뒤에 쌓이기 때문에 최대 1.5초의 조작 공백이 생긴다.

따라서 단말기로부터 영상신호를 받는 간격을 줄이고 조작 공백을 줄이기 위해 영상을 10개로 쪼개어 보내고 각 부분의 전송이 끝날 때마다 단말기로부터 제어패킷을 받는다. 이 때의 최대 조작 공백은 0.15초로, 조작성이 개선되었다.

3. 단말기

Spycar 자동차 로봇은 안드로이드 2.2 기반의 스마트폰으로 원격 제어한다. Bluetooth 통신을 지원하는 스마트폰이라면 본 논문에서 소개하는 원격제어 어플리케이션을 다운 받아 Spycar 자동차 로봇을 제어할 수 있다. 단말기는 Bluetooth 통신을 통해 Spycar로 제어신호를 보내고 영상을 받는다. 2장에서 기술한바와 같이 이 때 받는 영상은 10개의 조각으로 나뉘어 수신되고 영상의 각 조각이 들어올 때 그 사이마다 제어신호를 전송한다.

그림 7는 Spycar 원격제어를 위해 만들어진 어플리케이션의 초기화면이다. 초기화면에서 Spycar와 연결하고 영상시작 버튼을 누르면 영상전송이 시작됨과 동시에 제어신호가 전달된다.



(그림 7) 원격제어 어플리케이션의 초기화면

그림 8은 단말기에서 자동차 로봇으로부터 영상을 전송 받는 모습이며, 영상을 보는 것과 동시에 터치 스크린을 이용하여 자동차 로봇을 제어할 수 있다. 자동차 로봇의 이동방향은 화면 터치 및 드래그를 이용하여 결정하는데 총 8종류의 방향으로 나뉜다. 카메라 각도는 단말기가 보는 방향에 의해 결정된다. 단말기가 보는 방향은 초기 구동시의 단말기의 방향 혹은 정면보기 버튼을 눌렀을 때의 방향을 기준으로 결정된다. 정면을 기준으로 좌우는 각각 90도씩, 상하는 정면으로부터 위쪽 방향으로 90도까지 움직일 수 있다.



(그림 8) 원격제어 어플리케이션의 영상수신화면

Spycar 어플리케이션은 여러 개의 쓰레드로 동작한다. 그림9는 어플리케이션의 동작을 보여준다.

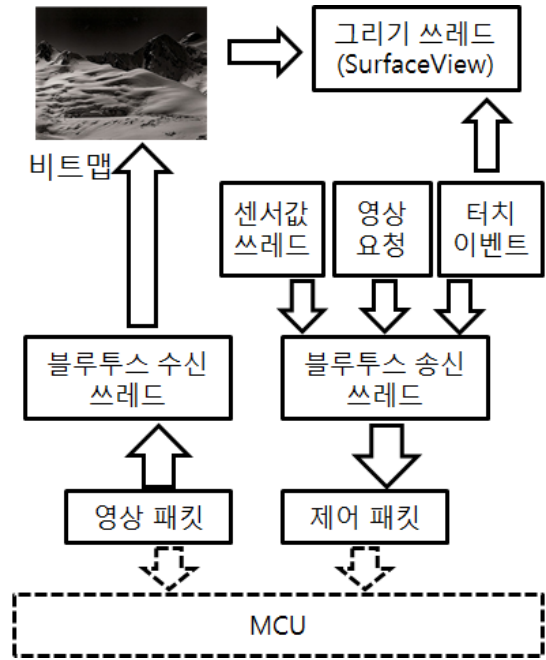


그림 10 어플리케이션 플로우 다이어그램

가장 주가 되는 쓰레드는 블루투스 송신/수신 쓰레드이다. 송신 쓰레드는 여러 정보를 취합하여 블루투스 소켓에 전송한다. 수신 쓰레드는 블루투스 소켓으로부터 InputStream을 생성하고 버퍼에서 값을 받아온다. 받아온 값은 비트맵으로 저장한다.

안드로이드에서는 View클래스의 onDraw를 상속하여 화면을 그리는 것이 일반적이다. 하지만 이 경우는 비교적 느린 방법에 속하고 일정 시간 간격으로 실행되는 것을 보장하지 못한다. 따라서 쓰레드를 사용해야 하지만 안드로이드는 쓰레드에서 UI를 변경하는 것을 금하고 있다.

위 제약사항 때문에 SurfaceView를 상속하였다. SurfaceView는 화면의 최 외곽 레이어로, 버튼 등의 UI를 전혀 사용할 수 없지만 화면 자체를 제어하는 것이므로 속도가 보장된다.

그리기 쓰레드는 영상 수신여부와 관계없이 일정 시간 간격으로 호출되어 비트맵을 읽고 화면에 출력한다. 그리기 쓰레드가 수신 쓰레드와 같은 비트맵을 읽고 쓰기 때문에 멀티쓰레드 환경에서의 Pipeline Hazard를 방지하기 위해 synchronized 속성을 부여하여 원자성을 보장하였다.

센서값 쓰레드와 터치 이벤트는 독자적으로 실행되며 기울기 값, 이동방향 값을 저장한다. 저장된 값은 송신 쓰레드에서 사용된다.

터치 이벤트에서 생성된 이동방향값은 그리기 쓰레드에서 컨트롤러 UI를 직접 그리는 데 사용된다.

3. 결론 및 향후 연구방안

본 논문에서는 Bluetooth 통신 기반에서 안드로이드 스마트폰으로 제어하는 자동차 로봇에 대해 기술하였다. 스마트폰으로 제어하고 영상을 전송받는 부분에 있어서 기능이 구현을 완료하였지만, Bluetooth의 특성상 통신 환경이 짧아 제어할 수 있는 거리가 가까워야 하고,

Bluetooth 모듈과 MCU를 USART를 이용하여 연결함에 따라 연결하는 통신 속도가 느려 영상의 화질, 프레임이 떨어지는 제약이 있었다. 향후 Spycar라는 목적에 부합하도록 자동차 로봇을 더욱 소형화하고 다양한 지형에 적응할 수 있도록 보완하고 통신 속도를 높이고, 통신 거리를 늘리며, 영상 화질을 개선하는 과제가 남아있다.

참고문헌

- [1] 김상형 "안드로이드 프로그래밍 정복" 한빛미디어
- [2] Bluetooth SIG. "BLUETOOTH SPECIFICATION Version 2.0 + EDR" November 2004