

Análisis y diseño de un módulo de tomas fotográficas, instalable en una plataforma aérea y controlable desde una aplicación móvil

Joel Véliz ⁽¹⁾, Ignacio Marín-García ⁽²⁾
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación.
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
jjveliz@espol.edu.ec ⁽¹⁾, imaringa@espol.edu.ec ⁽²⁾

Resumen

En Ecuador el sector agrícola se encuentra en constante desarrollo, este sector es afectado por factores del medio ambiente como: sequías, inundaciones, plagas, entre otros; por estas causas se disminuye la producción agrícola del país afectando también a la economía. Con la finalidad de localizar los lugares afectados, se realizan inspecciones aéreas utilizando avionetas u otros medios aéreos, que permitan evaluar la proporción de la plantación que ha sido afectada. Los fenómenos climáticos también ponen en riesgo la vida de los habitantes de los sectores afectados, para prevenir más pérdidas se realizan estudios del sector ubicando rutas de evacuación y evaluando los daños producidos por el fenómeno, estos estudios al igual que en el caso anterior requieren tomas fotográficas aéreas, que en la actualidad son obtenidas utilizando avionetas u otro tipo de naves aéreas. Este trabajo se centra en la creación de un módulo de tomas fotográficas que permita la obtención y transmisión de imágenes por medio de un enlace inalámbrico el cual pueda ser instalado en una plataforma de vuelo y mediante una aplicación móvil poder controlar la captura de manera sencilla, ofreciéndonos una solución menos costosa.

Palabras Claves: agricultura; fotografías; enlace inalámbrico; aeronave.

Abstract

In Ecuador the agricultural sector is in constant development, this sector is affected by environmental factors such as drought, floods, pests, among others; for these reasons the country's agricultural production is decreased also affecting the economy. In order to locate the affected areas, aerial inspections using aircraft or other aerial resources that allow to assess the proportion of the plantation that has been affected are performed. Weather events also endanger the lives of people affected sectors, to prevent further losses, sector studies are performed locating evacuation routes and assessing the damage caused by climate phenomenon, these studies as in the previous case is required to have various aerial photographic shots, that are currently obtained using airplanes or other aircraft. This work focuses on creating a module photographs that allows the collection and transmission of images via a wireless link which can be installed on a flying platform and through a mobile application to control capture easily, offering a less expensive solution.

Keywords: agricultura; photographs; wireless link; aircraft.

1. Introducción

Una toma fotográfica con vista superior es de mucha utilidad en diferentes campos, desde la elaboración de documentales donde se necesitan imágenes panorámicas de un territorio, hasta ayudar a contabilizar las pérdidas o territorio afectado debido a catástrofes climáticas. Estas tomas pueden llegar a ser costosas debido a las complicaciones que esto implica, en este trabajo ofrecemos una alternativa menos costosa, mediante la construcción de un módulo de tomas fotográficas que permita la obtención y transmisión de las imágenes mediante enlaces inalámbricos.

Durante el desarrollo del sistema tenemos tres etapas fundamentales: En primer lugar, se analizaron los protocolos y módulos de comunicación que permiten satisfacer las características del sistema, fue seleccionado Zigbee en conjunto con Bluetooth para transmitir las señales de control generados por la aplicación móvil y para el envío de la toma fotográfica; en segundo lugar, se procedió con el diseño del módulo fotográfico, el cual consta de un sensor de monitoreo (cámara fotográfica) y su respectivo controlador, este módulo fue instalado en la góndola de la plataforma de vuelo; como tercera y última etapa se diseñó y desarrolló la aplicación móvil, que permite al usuario accionar la toma fotográfica.

2. Diseño e implementación del módulo de tomas fotográficas

Es importante conocer cuáles son los componentes del sistema; el funcionamiento de cada uno de ellos y cómo aportan al desarrollo del proyecto, para esto se desarrolló un esquema que permita tener claro todos los puntos antes mencionados. Tal como se observa en la Figura 1 el módulo de tomas fotográficas está conformado por ocho componentes fundamentales: dispositivo móvil, módulo Bluetooth, microcontrolador Arduino Mega, adaptador SD card Arduino, módulos de comunicación RF, microcontrolador Arduino Due, cámara de 2 Megapíxeles y cámara de 12 Megapíxeles.

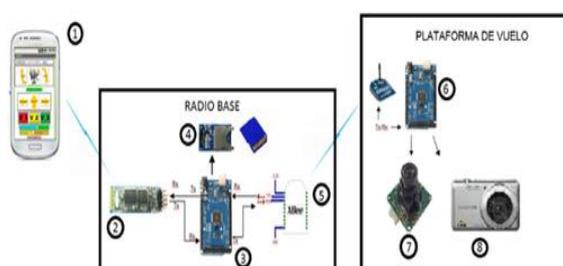


Figura 1. Esquema general y elementos del módulo fotográfico: Dispositivo móvil(1), modulo Bluetooth HC-06(2), microcontrolador Arduino Mega(3), SD Shield(4), módulos de comunicación Xbee Pro S2(5), microcontrolador Arduino Due(6), cámara LS-Y201, cámara Olympus T100(8)

El módulo de comunicación Bluetooth utilizado para este proyecto es el HC-06, este módulo inalámbrico permite formar el enlace de comunicación entre el dispositivo móvil y la radio base por medio del protocolo Bluetooth. Para el enlace de larga distancia se utilizaron los módulos de comunicación RF Xbee PRO S2B que operan en la frecuencia de 2,4 Ghz, establecen el enlace de comunicación entre el microcontrolador de la radio base y el microcontrolador que se encuentra en la plataforma de vuelo, permitiendo el envío y recepción de las imágenes y señales de control desde la radio base hacia el dirigible.

Se usó el Microcontrolador Arduino MEGA 2560 el cual se encarga de la gestión y manipulación de los datos provenientes del dispositivo móvil y de la cámara fotográfica. Este microcontrolador posee más de un puerto Serial los cuales son utilizados para la comunicación de los módulos Xbee y HC-06 permitiendo que el microcontrolador trabaje como intermediario entre el protocolo Zigbee y Bluetooth. Permite comunicar el dispositivo móvil; el microcontrolador remoto ubicado en la plataforma de vuelo y la tarjeta de memoria utilizada para el almacenamiento de la información.

El sistema de almacenamiento está conformado por un adaptador que permite la lectura y escritura de datos dentro de la tarjeta de memoria, el nombre comercial del adaptador es "SD Shield". Este adaptador es utilizado para guardar los datos de las imágenes provenientes de la cámara LS-Y201, para este proyecto se utilizó el adaptador mostrado en la Figura 1 identificado con el número cuatro, donde se puede apreciar que el SD Shield es el intermediario entre el microcontrolador Arduino Mega y la tarjeta de memoria. La capacidad de almacenamiento depende de la tarjeta de memoria utilizada, en este caso 1 GB. En la plataforma de vuelo se utilizó un micro-controlador Arduino DUE y se encarga de procesar los datos provenientes de la cámara fotográfica y enviarlos por el enlace de comunicación inalámbrica formado por los módulos de comunicación Xbee. Este microcontrolador tiene almacenado todos los datos en Hexadecimal que la cámara fotográfica espera recibir para realizar una acción específica, es el encargado de interactuar físicamente con la cámara fotográfica.

Se utilizó la cámara de 2 Megapíxeles LS-Y201 la cual posee puertos UART, las imágenes provenientes de esta cámara de baja resolución 1600x1200 píxeles, son enviadas mediante el enlace inalámbrico para luego ser almacenadas con formato JPEG en la tarjeta de memoria ubicada en la radio base. Esta cámara maneja sus propios mensajes de señalización los cuales permiten realizar acciones como: reset de la cámara, tomar foto, leer foto. En la Tabla 1 podemos observar algunos de los mensajes de señalización utilizados.

Tabla 1. Paquetes de señalización de la cámara LSY201 [1]

Acción	Enviar	Retorno
Resetear cámara	56 00 26 00	76 00 26 00
Tomar foto	56 00 36 01 00	76 00 36 00 00
Detener foto	56 00 36 01 03	76 00 36 00 00

El sistema también incluye una cámara Olympus T100, cámara fotográfica de 12 Megapíxeles que permite el almacenamiento de imágenes de 4242x2828 píxeles de resolución en su memoria interna, las fotos de esta cámara pueden ser visualizadas una vez que la plataforma de vuelo aterrice. Se realizaron ajustes en el botón de la cámara para que pueda ser activada mediante un relé. El dispositivo móvil mediante el aplicativo de control del módulo fotográfico, se encarga de iniciar el proceso de la toma fotográfica tanto para la cámara de limitada resolución (LS-Y201), como para activar la toma fotográfica utilizando la cámara de mayor resolución (Olympus T100). Debido a que la aplicación móvil fue desarrollada para la plataforma Android, el dispositivo móvil que se utilizará debe constar con

este sistema operativo, el cual permite la correcta instalación de la aplicación; adicionalmente el dispositivo móvil debe contar y ser capaz de activar la interfaz de entrada y salida Bluetooth la cual permite el uso de la aplicación móvil desarrollada para el control del módulo fotográfico.

3. Diseño e implementación del enlace de comunicación

Este proyecto no tiene enlaces redundantes y por este único canal se transmiten tanto los datos provenientes de las imágenes como el tráfico de señalización; el canal de comunicación fue implementado tal como se muestra en la Figura 2 donde se describe de manera gráfica la comunicación entre el dispositivo móvil y el módulo fotográfico.

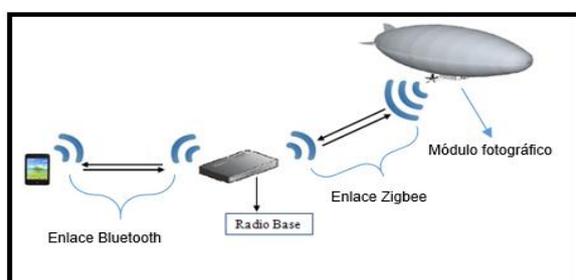


Figura 2. Diagrama general del canal de comunicación.

Al seleccionar las tecnologías a utilizar se consideró la compatibilidad entre las mismas, el alcance necesario en cada tramo del canal y el ancho de banda necesario para transmitir datos; estas características están limitadas por el protocolo, sin embargo pueden ser mejoradas por módulos de comunicación más eficientes. Tal como se observó en la Figura 2 el canal de comunicación está dividido en dos enlaces inalámbricos, uno de corta distancia el cual se encarga de comunicar el dispositivo móvil con la radio base y un enlace de larga distancia que permite la comunicación entre la radio base y la plataforma de vuelo.

La mayoría de los dispositivos móviles cuentan con tres entradas y salidas inalámbricas: Infrarrojo, Wifi y Bluetooth. En este proyecto se utilizó el protocolo de comunicación Bluetooth para el enlace de corta distancia, debido a su facilidad de uso; compatibilidad con las aplicaciones móviles; opera a frecuencias no licenciadas de 2.4 GHz; no requiere línea de vista para su funcionamiento; fácil adquisición de módulos de comunicación Bluetooth en el mercado; bajo consumo de potencia. Se utilizó el módulo Bluetooth HC06 debido a su bajo costo, fácil configuración y el poco consumo de energía que requiere. Se configuró un enlace Piconet entre el dispositivo móvil y el módulo HC-06 siendo el

dispositivo móvil el maestro y el módulo Bluetooth el esclavo. Para que los dos dispositivos se puedan comunicar es necesario que se encuentren configurados de la siguiente manera: ambos módulos deben pertenecer a la misma PAN (Personal Área Network) la cual debe constar con una clave de acceso; deben tener la misma velocidad de transmisión; uno de los dispositivos debe trabajar como maestro y el otro como esclavo.

Para el enlace de larga distancia se tomó en cuenta el tamaño de las imágenes y la distancia a la que se transmitirá. Las imágenes a transmitir tienen un tamaño máximo de 10 KB y se transmitirán a una distancia no mayor de 70 metros de altura, con estas condiciones se decidió utilizar el módulo RF XBee-PRO S2B que utiliza el protocolo de comunicación ZigBee cuya fortaleza es la transmisión de señales de control permitiendo velocidades de 250 kbps a 90 metros de distancia sin línea de vista, este módulo RF se acopla perfectamente en el proyecto debido a que también puede ser utilizado para la transmisión de las señales de control del dirigible permitiendo un único canal de comunicación tanto para la transmisión de imágenes como para la transmisión de señales de control. Se utilizó la topología estrella entre los módulos donde el módulo de la radio base funciona como coordinador y el de la aeronave como enrutador. Al igual que en el enlace Bluetooth es necesario que las configuraciones de ambos módulos Zigbee cumplan con ciertas condiciones: ambos módulos deben pertenecer a misma PAN (Personal área Network); los valores de dirección destino menor y dirección destino mayor deben coincidir con los valores de los módulos remotos; la velocidad de negociación debe ser igual en ambos módulos de comunicación; uno de los módulos debe trabajar como coordinador y el otro como enrutador.

Para que el canal de comunicación, aplicación-módulo fotográfico quede completamente establecido, se unieron los dos enlaces inalámbricos por medio de un micro-controlador Arduinio Mega, el cual permite el intercambio de paquetes entre ambas tecnologías; conecta ambos canales de comunicación y retransmite la información por el enlace adecuado haciendo de intermediario entre el protocolo Bluetooth y Zigbee.

4. Implementación de la aplicación móvil

Existe gran variedad de aplicaciones móviles que facilitan las labores cotidianas convirtiendo a los teléfonos inteligentes en dispositivos indispensables en el día a día. Estas aplicaciones requieren de sistemas operativos cada vez más robustos y confiables para ser ejecutadas correctamente. Los sistemas operativos más conocidos para dispositivos móviles son: Android Os, Apple, Windows Mobile,

Symbian y BlackBerry. La compañía Comscore la cual se encarga de llevar datos estadísticos de las diferentes plataformas y dispositivos móviles más usados en el mundo, declaró en Julio del 2014 que Android continua siendo la plataforma más utilizada, con una participación en el mercado del 52.1 % [2]. Android además de ser el Sistema operativo móvil más popular en la actualidad, permite el desarrollo de aplicaciones móviles de manera gratuita y sencilla, a diferencia de otros sistemas operativos.

Debido a las ventajas y gran cantidad de documentación que existe sobre el sistema Operativo Android, se decidió desarrollar la aplicación móvil del sistema de tomas fotográficas bajo esta plataforma. Es necesario tener claro cuál será el comportamiento de la aplicación desde el punto de vista del usuario, el diagrama de casos de uso es una herramienta valiosa que nos permite determinar y ordenar las acciones que pueden ser ejecutadas dentro de un sistema [3]. En la Figura 3 podemos observar el diagrama de casos de uso creado para el desarrollo de la aplicación móvil.

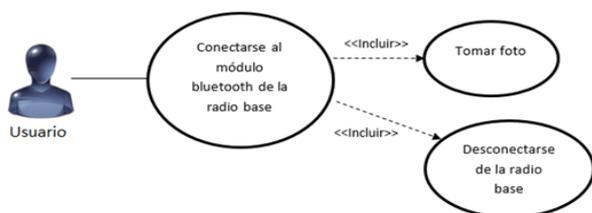


Figura 3. Diagrama de caso de uso utilizado para el desarrollo de la aplicación móvil, permite entender el comportamiento del sistema cuando interactúa con el usuario.

Tal como se muestra en la Figura 4 la pantalla de la aplicación se la dividió en dos partes. El primer arreglo está conformado por dos botones y un objeto label, el primer botón se lo etiquetó con el nombre “Conectar”, el cual permite que la aplicación se conecte a la radio base por medio del Bluetooth del dispositivo móvil; el segundo botón llamado “Salir”, se encarga de finalizar la comunicación Bluetooth y cerrar la aplicación móvil y por último, el objeto label permite al usuario saber si la aplicación se encuentra conectada o no a la radio base. El segundo arreglo consta de una imagen del logo de la FIEC, un botón denominado “Foto” y un objeto label. El botón Foto permite enviar la señal hacia la radio base la cual da inicio el proceso de la toma fotográfica; el objeto label permite saber en qué estado se encuentra el proceso de la toma fotográfica, existen tres estados: tomando foto, foto lista y error durante la toma fotográfica.

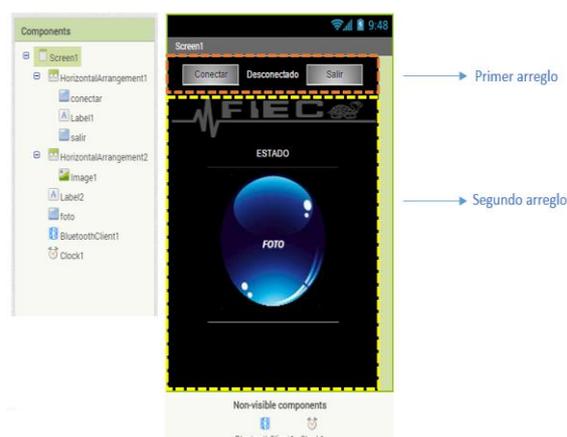


Figura 4. Interfaz gráfica de la aplicación móvil

5. Resultados

A. Tiempo promedio de tomas realizadas

Se analizó el tiempo promedio que demora el sistema en realizar la toma fotográfica así como la cantidad de tomas exitosas y fallidas. Como se aprecia en la Tabla 2 las pruebas se realizaron en un rango de 20 a 100 metros de distancia desde la radio base hacia el módulo fotográfico ubicado remotamente. Se demostró que el 95% de las tomas fotográficas realizadas son válidas y el tiempo de duración es menor a 20 segundos por lo que el sistema puede ser considerado confiable a distancias menores o iguales a 100 metros. A distancias mayores a 100 metros la toma fotográfica se realiza correctamente sin embargo el tiempo que se demora el proceso de transmisión y almacenamiento es mayor al deseado.

Tabla 2. Pruebas del sistema de tomas fotográficas

Distancia (metros)	Tomas exitosas	Tomas fallidas	Tiempo promedio (segundos)
20	30	0	11.56
40	29	1	16.15
60	30	0	11.51
70	30	0	11.68
80	29	1	13.5
90	29	1	15.74
100	28	2	16.09

B. Eventos erróneos en el sistema.

El módulo de tomas fotográficas fue desarrollado para soportar eventos erróneos y evitar lazos en el sistema, si el módulo no recibe los datos en un tiempo determinado o recibe algún dato incorrecto proveniente de la plataforma de vuelo, se reinicia todo el proceso de la toma fotográfica impidiendo que el sistema entre en un lazo. A continuación podemos observar los resultados de las pruebas realizadas:

Tabla 3. Pruebas del método de contingencia en caso de errores.

Escenarios	Reinicio del sistema exitoso	Reinicio del sistema fallido	% de Pruebas exitosas
Sin respuesta del dispositivo remoto	104	1	99.0476
Envío y recepción de datos erróneos	103	2	98.095

Como se aprecia en la Tabla 3 se dividieron las pruebas en dos muestras de 105 pruebas cada una, cada muestra se caracteriza por pertenecer a uno de los siguientes escenarios: no hay respuesta del dispositivo remoto; envío y recepción de datos erróneos. Mediante método estadístico T de Student se comprobó que el 95% de las veces que ocurre alguno de los escenarios antes mencionados el sistema funciona correctamente, reiniciando todo el proceso, evitando los ciclos en el sistema.

C. Enlace de comunicación.

De acuerdo a las pruebas realizadas del enlace punto a punto entre los módulos inalámbricos, se obtuvieron los siguientes resultados midiendo los datos enviados exitosamente y los datos erróneos:

Tabla 4. Pruebas del enlace de comunicación

Distancia (metros)	Pruebas del enlace satisfactoria	Pruebas del enlace fallidas	% de Pruebas exitosas
20	30	0	100
40	30	0	100
60	29	1	96.66
70	30	0	100
80	29	1	96.66
90	29	1	96.66
100	28	2	93.33

En la Tabla 4 se puede apreciar que la mayor cantidad de errores ocurren a los 100 metros de distancia y a medida que aumenta la distancia de transmisión, también aumenta la cantidad de pruebas fallidas. Gracias a esta prueba se comprobó que a distancias menores o iguales a 100 metros, el enlace de comunicación funciona correctamente con un 95 % de éxito.

D. Consumo de Energía

En la Tabla 5 se muestra el consumo de corriente y potencia del módulo de tomas fotográficas antes y durante la transmisión de imágenes, como podemos

observar la corriente que consume el sistema durante la transmisión de la toma fotográfica es de 245 mA por lo tanto si usamos una batería la cual tenga una tasa de corriente de 450 mAh (miliamperios hora), el sistema puede permanecer encendido aproximadamente 2 horas.

Tabla 5. Consumo de energía del sistema.

	Voltaje (V)	Corriente (mA)	Potencia (W)
Antes de iniciar la toma fotográfica	7	238.3	1.66
Durante la toma fotográfica	7	245	1.71

6. Conclusiones

Los módulos de comunicación Xbee a pesar de ser módulos especializados para la trasmisión de señales de control, funcionan correctamente para la trasmisión de imágenes de baja resolución a distancias menores a 100 metros, debido a su velocidad de trasmisión y alcance.

El método de contingencia implementado en caso de fallas funciona con un 98 % de eficacia impidiendo que el sistema se encicle. Esto es gracias a que este proceso trabaja tanto en la plataforma de vuelo como en la radio base midiendo los tiempos de respuesta, en caso de ser más de lo normal se reinicia todo el proceso de tomas fotográficas.

A medida que la distancia de transmisión aumenta, el tiempo del proceso de la toma fotográfica también aumenta debido a la retransmisión de datos, por lo que para distancias en el rango de 100 y 140 metros la captura fotográfica se realiza sin problemas sin embargo el tiempo que conlleva todo el proceso de la toma fotográfica no es el esperado.

7. Referencias

- [1] LINK SPRITE TECHNOLOGIES. Link Sprite JPEG Color Camera Serial Uart Interface User Manual [Online]. Disponible en: <http://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/LightI ma>
- [2] COMSCORE. Smartphone-Rankings 2014 [Online]. Disponible en: <https://www.comscore.com/Insights/Market-Rankings/comScore-Reports-May-2014-U.S.-Smartphone-Subscriber-Market-Share>
- [3] J C Tello. Diagramas de Caso de Uso [Online]. Disponible en: <http://www2.uah.es/jcaceres/capsulas/DiagramaCasosDeUso>.