

Comunicaciones para un Vehículo Aéreo No Tripulado utilizando dispositivos móviles

GUIZAR-GOMEZ, Carlos*†, CAMACHO-ARRIAGA, Juan y LOPEZ-PAZ, Francisco.

Instituto Tecnológico de Morelia. Av. Tecnológico #1500, Lomas de Santiaguito, C.P.58120, Morelia, Michoacán.

Recibido Julio 4, 2016; Aceptado Septiembre 16, 2016

Resumen

El siguiente artículo habla sobre el desarrollo de un sistema de comunicaciones el cual permita la operación de un Vehículo Aéreo No Tripulado a grandes distancias mediante el uso de la Internet como medio de comunicaciones. Actualmente los Vehículos Aéreos No Tripulados están siendo usados más frecuentemente en más campos como la entrega de paquetes, el monitoreo de cultivos, fotografía, Elaboración de mapas, entre otros. Hasta ahora, las distancias a las cuales pueden operar o ser manipulados los vehículos comerciales son relativamente pequeñas, puesto que la mayoría hacen uso de tecnologías como la Radio Frecuencia, el Bluetooth y la WiFi como medio de comunicaciones.

El proyecto propone y hace uso de la Internet mediante la red de comunicaciones para teléfonos celulares (3G, 4G, entre otros). para acceder e incrementar la distancia a la que un vehículo puede ser monitoreado y controlado.

Controlador, Monitoreo, Dispositivo Móvil, Vehículo Aéreo No Tripulado, Sistema de comunicaciones

Abstract

The following article discusses the development of a communications system which allows the operation of an Unmanned Aerial Vehicle long distances using the Internet as a communications medium. Currently Unmanned Aerial Vehicles are being more frequently used in fields such as package delivery, crop monitoring, photography, mapping, among others. So far, the distances which can be manipulated or operate commercial vehicles are relatively small, since most make use of technologies such as Radio Frequency, Bluetooth and WiFi as a communications medium. The project proposes to use the Internet via the communication network for mobile phones (3G, 4G, among others). to access and increase the distance that a vehicle can be monitored and controlled.

Controller, Monitoring, Mobile Device, Unmanned Aerial Vehicle, Communication system

Citación: GUIZAR-GOMEZ, Carlos, CAMACHO-AARRIAGA, Juan y LOPEZ-PAZ, Francisco. Comunicaciones para un Vehículo Aéreo No Tripulado utilizando dispositivos móviles. Revista de Sistemas Computacionales y TIC'S 2016, 2-5: 94-101

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: caguizar@itmorelia.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Día a día los Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) adquieren más popularidad entre la población y sus usos resultan más variados. A día de hoy los VANT son usados en la entrega de paquetería, en el control de incendios forestales, monitoreo de distintas zonas, captura de video y fotografía, vigilancia, entre otros.

En drones de uso doméstico podemos encontrar implementadas las tecnologías WiFi y Bluetooth para la comunicación entre la estación de control y el vehículo. Esto causa que las distancias a las cuales un VANT doméstico puede ser usado no exceden los 100 metros.

El uso de internet como canal de comunicaciones permite extender la distancia a la cual un VANT puede encontrarse de su estación de control.

Para lograr que el VANT se conecte a Internet con la menor inversión en infraestructura se usa un dispositivo móvil (teléfono celular), mediante el cual obtenemos acceso a la infraestructura de comunicaciones y con esto podemos acceder a Internet desde las áreas donde el equipo tenga cobertura.

Pudiendo así controlar un VANT desde cualquier distancia, siempre y cuando el vehículo y la estación de control tengan conexión a Internet.

Objetivo

El principal objetivo es crear un sistema que permita pilotar un vehículo a grandes distancias, permitiendo monitorear sensores, transmitir imágenes y desarrollar misiones específicas.

Uso de un dispositivo móvil como enlace de comunicaciones

Se optó por el uso de un dispositivo móvil como enlace de comunicaciones puesto que dispone de varias opciones para establecer conexiones a Internet, de ellas la más atractiva es acceder a la red de comunicaciones celulares. Lo que permite el acceso a Internet virtualmente desde cualquier lugar, siempre y cuando el dispositivo tenga señal, y como se observa en el gráfico 1 y tabla 1, las antenas de telefonía permiten conexiones desde distancias muy amplias.

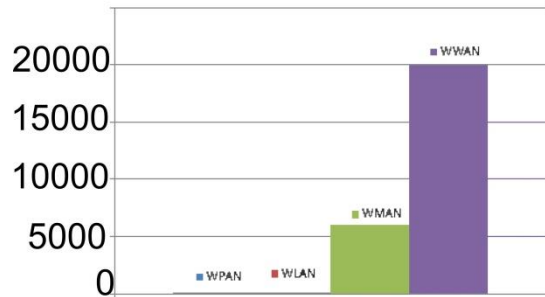


Gráfico 1. Comparativa entre la distancia en Metros que pueden abarcar distintos medios de comunicación.

	WPAN (Bluetooth)	WLAN (WiFi)	WMAN (WiMAX)	WWAN (Celulares)
Velocidad	Hasta 55 Mbps	Hasta 540 Mbps	Hasta 134 Mbps	Hasta 1 Gbps
Cobertura	Cuarto o Sala	Edificio o Campus	Ciudad o Comunidad	Estados o Países

Tabla 1. Comparativa entre diferentes medios de comunicación.

Al estar conectado nuestro VANT a Internet se pueden establecer comunicaciones con un equipo de cómputo que de igual manera esté conectado a Internet

Ventajas y Desventajas del uso de un dispositivo móvil

Entre las ventajas de usar un dispositivo móvil en el proyecto se encuentran

- Poder acceder a la infraestructura de telefonía celular y mediante esta a Internet

- Aprovechamiento de los sensores con los que un dispositivo móvil cuenta, usualmente cámara, acelerómetro y GPS
- Aprovechamiento de las capacidades de computo del dispositivo para la realización de operaciones complejas
- Fuente de alimentación propia, los dispositivos móviles usualmente cuentan con una batería propia por lo cual sería opcional o no, el consumir la batería del VANT

Entre las desventajas del uso de un celular se encuentran:

- Tiene un costo mayor a otras alternativas
- Agrega más peso al vehículo
- Conlleva gastos de comunicación puesto que debe pagarse un proveedor de servicios de telefonía móvil
- No se puede lograr que sea compatible con todos los dispositivos
- Las actualizaciones al sistema operativo del dispositivo móvil pueden crear conflictos con la aplicación

Creación del Software VANT Control

Con la finalidad de establecer comunicaciones y poder pilotar el VANT usando un equipo de cómputo, se creó un conjunto de aplicaciones que permiten la conexión de múltiples vehículos y estaciones para los operadores.

La finalidad es que una tableta o una computadora personal comercial puedan ser usadas para pilotar cualquier VANT conectado al sistema.

Sistema de comunicaciones

Se estableció un sistema de comunicaciones que permita el flujo de información desde uno o varios VANTs hasta la estación que los controla, y que al mismo tiempo permita decidir los equipos y personal que tendrán acceso al sistema.

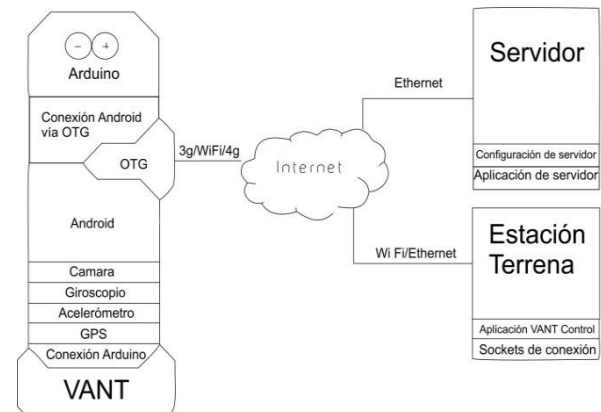


Figura 1. Sistema de comunicaciones.

Los dispositivos se comunican usando el Internet como medio, cada dispositivo está dotado de una tarjeta de red que cuenta con un enlace a Internet desde el cual enviarán los mensajes a un servidor que se encargará de realizar funciones de gestión en comunicaciones, control de bitácoras y el denegar o permitir el acceso al sistema. Una vez que el servidor recibe un mensaje su trabajo es analizarlo y reenviarlo a los destinatarios de dicho mensaje.

Cómo se puede apreciar se considera que hay 3 tipos de equipos involucrados

- El servidor, conectado a un modem que le da conexión hacia el proveedor de servicios y desde ahí puede conectarse al Internet lo que le permite enlazarse a los demás dispositivos

- Tenemos el dispositivo controlador o estación terrena, el hace un proceso similar al del servidor para su conexión con los demás elementos del sistema. Se considera que una estación terrena puede conectarse desde cualquier lugar siempre y cuando tenga conexión a Internet.
- VANT: El vehiculo tiene incorporados 2 componentes que le permiten su funcionamiento, el dispositivo móvil con nuestra aplicación propia sobre Android® instalada, el cual permite recibir las instrucciones enviadas por las otras aplicaciones y enviar de regreso información para el monitoreo y control del vehículo. Así mismo incluye una aplicación desarrollada en el microcontrolador Arduino®.

Aplicaciones del sistema VANT Control

Aplicación para servidores: Esta aplicación fue desarrollada en el entorno JAVA principalmente por la facilidad que el lenguaje brinda al momento del desarrollo. La aplicación se encarga de administrar las conexiones entre los distintos equipos que se conectarán al sistema, también es la que proporciona al administrador las herramientas necesarias para poder controlar lo que pasa en el sistema.

Dado que en su conjunto el sistema hacia un excesivo uso de datos, ya que todos los mensajes eran retransmitidos a todos los elementos conectados al sistema, se estableció un módulo para la gestión de comunicaciones, el cual funciona aprovechando la dirección MAC de los dispositivos conectados.

Para ahorrar en el consumo de datos del dispositivo móvil se establecio un sistema que gestiona las comunicaciones entre dispositivos logrando que los mensajes que fluyen dentro del sistema solo lleguen a los dispositivos que harán uso de esa información.

Para lograr que todos los dispositivos funcionaran y compartieran el identificador, se tuvo que forzar al dispositivo móvil a tener activado su sensor WiFi, ya que las conexiones mediante la antena de telefonía celular no cuentan con una dirección MAC. Aprovechando estas modificaciones se programo un módulo para limitar las conexiones en el sistema, únicamente validando los dispositivos permitidos.

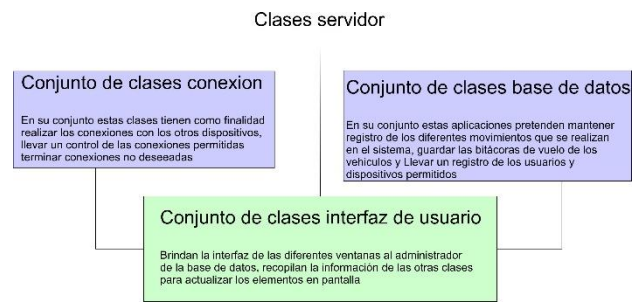


Figura 2 Clases Servidor.

Aplicación para estaciones terrenas: Esta aplicación tiene como finalidad interpretar los mensajes de monitoreo enviados por los vehículos y mostrárselos al usuario de tal manera que pueda interpretar la información del estado en que se encuentra cada uno de éstos, de igual manera envía los comandos introducidos por el usuario hacia el vehículo.



Figura 3 Clases Estación Terrena.

Aplicación para Android®: Esta aplicación se encarga de establecer comunicación con el sistema y enviar constantemente información del estado en el cual se encuentran el o los dispositivos móviles mediante la lectura de los sensores que contienen, de igual forma reciben las instrucciones a realizar enviadas por la estación terrena y las ejecutan, sin olvidar que para la comunicación con el hardware las reenviaran a la aplicación para Arduino®.

Aunque originalmente fue desarrollada para el sistema operativo Android® 4.2, se requirió migrar el proyecto a Android® 5.0 al adquirir un terminal compatible con USG On The Go (USB OTG), ya que este fue el medio seleccionado para realizar la conexión con Arduino®, posteriormente se actualizo el desarrollo a la versión 6.0 en la terminal usada, en esta actualización se aplico un importante cambio a la seguridad que el sistema operativo obliga, y con esto se aprovecho para realizar adaptaciones importantes a la aplicación. Con todo esto, se tomo la decisión de no dar soporte a otras versiones del sistema y enfocarnos a la versión 6.0.

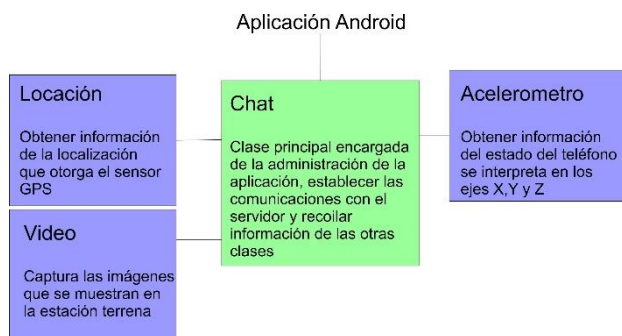


Figura 4 Clases Android®.

Funcionamiento

El sistema está diseñado para que solo los dispositivos autorizados puedan conectarse, para esto se implemento un inicio de sesión que se realiza con un intercambio de mensajes entre el servidor y la estación terrena, si el inicio de sesión es exitoso el servidor permitirá a la estación terrena continuar haciendo uso del sistema, en el caso contrario rechazará y terminará la conexión.

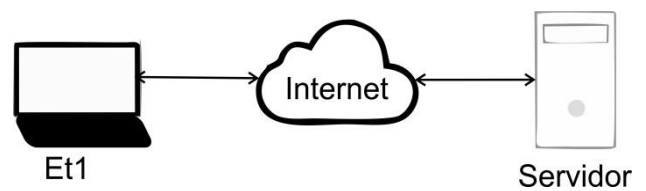


Figura 5 Equipos involucrados en el inicio de sesión.

Una vez en funcionamiento la información para el monitoreo es enviada desde los VANTs hasta el servidor, éste registra la ultima posición conocida y posteriormente la reenvía a la o las estaciones terrenas que monitorean ese vehículo.

En el caso del control el flujo es inverso, la estación es quien envía las instrucciones al servidor, el servidor crea un registro en la bitácora de vuelo del vehículo y le reenvía la instrucción al vehículo.

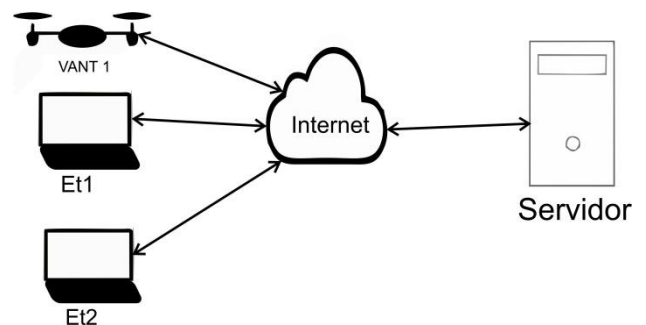


Figura 6 Sistema en operación

El sistema funciona mediante el uso de mensajes etiquetados para la interpretación de las diferentes instrucciones, estos mensajes creados son transparentes para un usuario, puesto que son generados por las aplicaciones automáticamente

Mensaje	Etiqueta	Descripción	¿Cómo son usadas?
Petición al servidor	<S>	Son las funciones que se le pide al servidor se lleven a cabo desde un cliente	<ul style="list-style-type: none"> • Inicio de sesión <ul style="list-style-type: none"> • Register-MAC • Register-MAC-Usuario-Contraseña • Establecer enlace <ul style="list-style-type: none"> • Enlace-MAC • Terminar enlace <ul style="list-style-type: none"> • Desconectar-MAC
Instrucción	<I>	Son las instrucciones que son dadas desde una estación terrena hasta un cliente	<ul style="list-style-type: none"> • Avanzar <ul style="list-style-type: none"> • 2 • Rotar izquierda <ul style="list-style-type: none"> • 3 • Rotar derecha <ul style="list-style-type: none"> • -3 • Retroceder <ul style="list-style-type: none"> • -2
Coordenadas GPS	<G>	Son las coordenadas que envía el GPS	Se envían de la siguiente forma: Latitud, Longitud, Altitud
Acelerómetro	<A>	Es el estado de las fuerzas aplicadas en el dispositivo en los distintos ejes	Se envían con la siguiente estructura X,Y,Z
Video	<V>	Es la señal de video de la cámara	No implementada aún

Tabla 2 Etiquetas usadas en los mensajes.

Estas Etiquetas son usadas por el conjunto de aplicaciones con el objetivo de que haya una uniformidad en los mensajes que fluyen por el sistema.

Software necesario para el uso del sistema VANT Control



Figura 7. Aplicaciones en los diferentes dispositivos.

- En el Servidor
 - Sistema operativo, preferentemente Windows para la facilidad del uso
 - Mysql
 - Máquina virtual de JAVA
 - Nuestra aplicación para servidores VANT Control
- En la Estación Terrena
 - Sistema operativo, preferentemente Windows para la facilidad del uso

- Máquina Virtual de JAVA
- Nuestra aplicación para estaciones Terrenas VANT Control
- En el Vehículo
 - Sistema operativo Android® 6.0 Marshmallow
 - Nuestra aplicación para Android® VANT Control
 - Sistema operativo embebido Arduino®
 - Nuestra aplicación para Arduino®

Roles

Se tienen considerados 2 roles para el uso del sistema.

El administrador será quien se encargue de monitorear el comportamiento del sistema, de igual manera, él será quien decida que personal y que equipos están autorizados para usar el sistema.

El piloto será quien de instrucciones a los VANT para realizar diversas tareas.

Limitaciones del proyecto

Actualmente el desarrollo de proyecto está enfocado a la versión 6 de Android®, a la fecha la más actual, de momento no se está trabajando en adaptaciones para otras versiones o sistemas operativos diferentes.

El desarrollo se está llevando a cabo con tecnología JAVA usando la versión 8 actualización 73, la cual al día de hoy es la más reciente por lo cual no incorpora funciones que sean agregadas en un futuro.

Actualmente el proyecto no cuenta con soporte a joystick, aunque se piensa incorporar soporte a controles de Xbox® en un futuro

Resultados

Actualmente se han realizado pruebas operativas del sistema para verificar su funcionamiento. Primero se realizaron pruebas monitoreando el estado de un teléfono celular inteligente llevado por un estudiante del instituto, donde se pudo observar el estado del dispositivo en tiempo real.

Posteriormente se realizó una prueba con el sistema implementado en múltiples dispositivos y monitoreándolos simultáneamente para ver el comportamiento del sistema, mostrándose el alto consumo de datos y por ello se desarrolló el sistema de control de comunicaciones.

Se hicieron pruebas en el control de dispositivos para asegurarse que no permitiera conexiones no permitidas. Se volvieron a realizar pruebas con múltiples tabletas y/o teléfonos celulares inteligentes y el consumo de datos fue bastante menor, los datos fluyeron ordenadamente y de forma mucho más segura.

También se realizaron pruebas del dispositivo, obteniendo resultados satisfactorios al monitorear el sistema en un vehículo terrestre autónomo al cual se le instaló un dispositivo móvil (teléfono celular inteligente) con la aplicación instalada para monitorear su estado mientras se encontraba en funcionamiento.

Finalmente se montó como dispositivo "parasito" en un VANT comercial, confirmando como los datos fluyen ordenadamente y de forma mucho más segura. Los cuales se pudieron contrastar con los enviados por el VANT comercial.

Conclusiones

El desarrollo de este sistema permitió comprobar la utilidad que puede tener un dispositivo móvil (inteligente) en aplicaciones no tan comunes como lo es servir de dispositivo de enlace, monitoreo y control en un vehículo, para de este modo tener un alcance superior a los normales al momento de comunicarse, monitorear o controlar un vehículo a distancia.

Si bien existen muchos proyectos que superan ampliamente las distancias a las cuales se puede realizar la operación de un equipo, se requiere de una fuerte inversión en infraestructura de comunicaciones mientras que esta propuesta propone el aprovechar una infraestructura existente con dispositivos muy comerciales y de bajo costo para realizar el manejo de un vehículo.

Estamos haciendo las primeras pruebas aprovechando el poder de procesamiento que aporta el dispositivo móvil (teléfono celular) en tareas de reconocimiento de patrones al volar.

Es un proyecto que puede ser aprovechado por otro tipo de vehículos o sistemas a control remoto, no solo aéreos. Encontramos una gran ventaja en equipos que no permanezcan mucho tiempo en un solo lugar, que requieren estar en constante desplazamiento.

Encontramos gran utilidad para desarrollar las llamadas "Geomallas", con aplicaciones específicas en las ciudades. Estamos haciendo las primeras pruebas en sistemas de transporte colectivo, para ver su posible uso y aprovechamiento.

Referencias

Mesa. V., Izquierdo. L. (2015), *Los drones: su aplicación en el mundo de la comunicación*. Recuperado el 05 de Agosto del 2016 de <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/1020>.

Hernandez, V. H., Amezcua, I., Figueroa, P. E., & Verduzco, G. (2011), *Esquema de autenticación para dispositivos móviles en redes inalámbricas heterogéneas*, 17th International congress on computer science research proceedings, Pags 228-240 memoria. Recuperado el 10 de Noviembre del 2015.

Silva. T., Jaramillo J., Valdivieso C. (2011), *Control de robot oruga con controlador orangutan sv-328 mediante mensajes de texto utilizando interfaz con el dispositivo narobo drone cell*. Recuperado el 17 de junio del 2016 de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/19005>.

Garcés. D., Gómez. J., Valdivieso. C. (2011), *Control por internet del robot pololu 3π mediante el modem gsm narobo dronecell fuente de energía: 4 pilas recargables aaa*. Recuperado el 17 de junio del 2016 de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/16955>.