

Sistemas LiDAR embarcados en RPAS

UAV LiDAR Systems

Alejandro Ávila Búa

REVISTA **MAPPING**
Vol. 27, 192, 38-43
noviembre-diciembre 2018
ISSN: 1131-9100

Resumen

La tecnología LiDAR embarcada en sistemas RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems), permite, a diferencia de los métodos de detección pasiva como la fotogrametría, penetrar en la vegetación y operar en situaciones de escasa iluminación. La tecnología LiDAR es una tecnología más sencilla de usar que proporciona datos más rápidos y fáciles de procesar. Estas soluciones aéreas con sistemas LiDAR embarcado en RPAS, permiten escanear grandes áreas, de una forma más rápida y con unos resultados más consistentes que el uso de tecnologías de escaneo terrestres actuales.

Abstract

LiDAR 3D mapping is a versatile technology that unlike passive sensing methods such as photogrammetry can penetrate vegetation and operate in dark lighting situations. LiDAR is a more applicable, user-friendly technology providing data that is faster and easier to process. These aerial solutions allows to scan area swaths faster and with more consistent results than using current ground scan technologies, whether they're utilizing terrestrial or mobile mapping methods..

Palabras clave: LiDAR, RPAS, mapping, escaneo, cartografía, GPS, IMU, RTK.

Keywords: LiDAR, RPAS, mapping, scanning, cartography, GPS, IMU, RTK.

Director División Industrial en AEROMEDIA UAV.
Ingeniero Técnico en Topografía
alejandro.avila@aeromedia.es

Recepción 18/10/2018
Aprobación 23/11/2018

1. INTRODUCCIÓN

El propósito del presente artículo es el de poder divulgar y dar a conocer la tecnología LiDAR embarcada en RPAS y lo que hace que este tipo de soluciones sean una herramienta única e innovadora para una variedad de aplicaciones.

2. UN POCO DE HISTORIA

El inicio del desarrollo de la tecnología LiDAR (que procede del acrónimo del inglés Light Detection and Ranging) se remonta a la década de los 70, dentro de los programas de investigación llevados a cabo por la Agencia Espacial Estadounidense.

Su elevado coste y sus limitadas posibilidades para la época, frenaron durante años su utilización generalizada, pero pronto se pudo comprobar su elevado número de aplicaciones.

La introducción de los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) a finales de los años 80, proporcionó la alta precisión posicional requerida para el uso del LiDAR de alta resolución. A la llegada de los sistemas GPS se le sumó la utilización de relojes ultra-precisos para la medida del tiempo de retorno del pulso láser, y las unidades de medida inercial (Inertial Measurement Units – IMU), que permiten el cálculo de los parámetros de orientación de los sensores láser.

La rápida evolución de estos componentes permitió finalmente el aumento de la resolución y fiabilidad de los sistemas LiDAR, y su utilización en un gran número de aplicaciones.

3. LA TÉCNICA DEL SISTEMA LIDAR

El sensor LIDAR mide el ángulo de lectura de cada uno de los pulsos láser. Se mide el tiempo necesario para que cada uno de los pulsos emitidos se reflejen en el suelo y vuelven al sensor.

Conocida la velocidad de la luz a la que se desplaza el pulso, conoceremos la distancia recorrida, esta será:

$$R = \frac{1}{2} C \cdot t$$

Siendo:

R= Distancia Recorrida

C= Velocidad de la Luz

t= Tiempo

El sistema LiDAR emplea la luz en forma de láser

pulsado para medir distancias variables, atravesando la vegetación hasta el terreno. De esta forma, el sistema puede capturar datos de la superficie escaneada precisos, al medir el tiempo que tarda el láser en regresar a su fuente.

El sistema LiDAR necesita de 4 sistemas a su vez para operar correctamente:

1. La propia unidad LiDAR, que emite pulsos de luz. Cuando se monta en un UAV escanea una franja predefinida anteriormente.
2. Un receptor GPS que rastrea las coordenadas x, y, z de la unidad.
3. Una Unidad de Medición Inercial (IMU) que rastrea la inclinación del sensor LiDAR en el espacio para lograr mediciones precisas.
4. Un ordenador que registra todos los datos transmitidos.

Los pulsos de luz y sus capacidades para producir retornos múltiples, combinados con otros datos registrados por el sistema, se procesan para crear información tridimensional altamente precisa sobre la superficie que se vaya a escanear.

Gracias a la tecnología LiDAR se genera lo que se conoce como «nube de puntos», una colección de retornos de pulsos láser individuales que, colectivamente dan datos de elevación sobre un área determinada. Estas nubes de puntos suelen necesitar un filtrado robusto, ya sea desde el propio sensor, o mediante post-procesamiento, para eliminar puntos de datos erróneos.

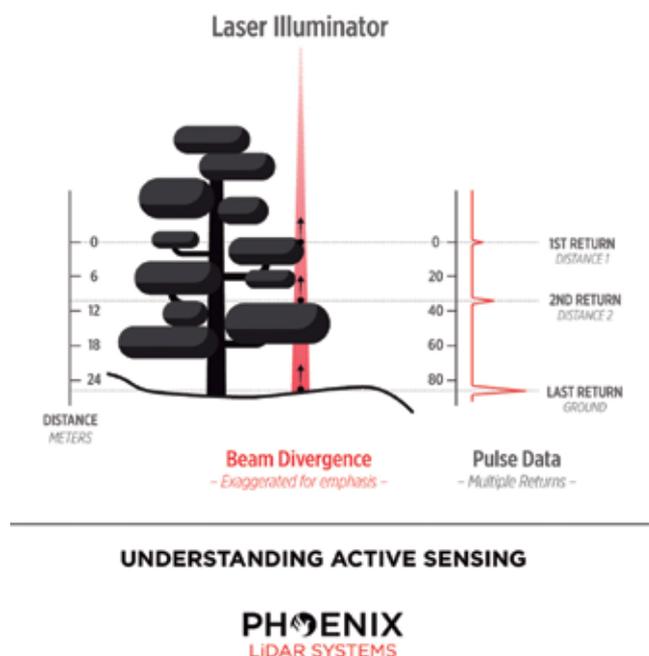


Figura 1. Esquema sobre tecnología LiDAR (Fuente: Phoenix LiDAR Systems)

4. FLUJO DE TRABAJO

La técnica empleada para derivar la precisión a nivel centimétrico se denomina sistema satelital de navegación global en tiempo real (RTK GNSS). Este sistema utiliza la onda portadora de la señal del satélite junto con el contenido de información de la señal y se basa en una única estación de referencia GNSS para proporcionar correcciones en tiempo real.

Pero, ¿qué sucede si durante algún período se interrumpe la conectividad con el GNSS? Es en este momento donde entra en funcionamiento el Sistema de navegación inercial (INS).

El INS usa un ordenador, sensores de movimiento (acelerómetros) y sensores de rotación (giroscopios) que ayudarán a calcular continuamente la posición, la orientación y la velocidad del sistema. Para combinar los dos sistemas, se emplea un algoritmo muy sofisticado, conocido como estimación cuadrática lineal (LQE), que opera en flujos de datos de sensores ruidosos para producir una estimación estadísticamente óptima de la posición del sistema en cualquier momento.

Al fusionar esta información con los datos LiDAR, se genera y visualiza una nube de puntos en tiempo real utilizando el SW Phoenix Aerial Spatial Explorer.

En caso de que las correcciones en tiempo real de la estación de referencia GNSS no estén disponibles o las interrupciones más prolongadas impidan la transmisión de datos al Rover, un paquete de software de terceros llamado Inertial Explorer™ o el software de Phoenix LiDAR Systems LiDARMill, pueden producir una trayectoria precisa a partir de postprocesamiento.

Ambos tipos de trayectorias (generadas en tiempo

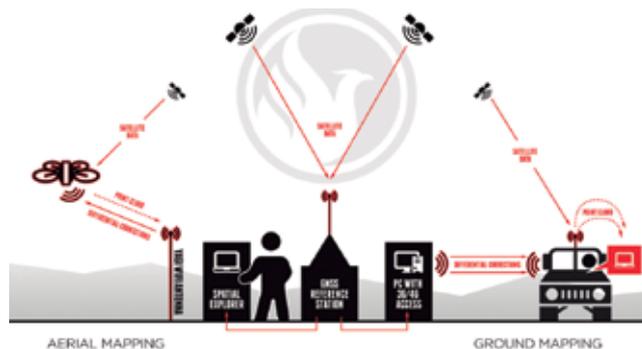


Figura 3. Flujo de trabajo con sistemas LiDAR Terrestres y Aéreos (Fuente: Phoenix LiDAR Systems)



Figura 4. Sistema LiDAR Propiedad de AEROMEDIA UAV

real desde el INS o desde Inertial Explorer™/LiDARMill en postproceso) pueden fusionarse con datos LiDAR con Phoenix Aerial Spatial Explorer para crear nubes de puntos en formato LAS.

Las soluciones Phoenix LiDAR Systems están diseñadas para acoplarse a casi cualquier vehículo y, por primera vez, el software que lo acompaña es tan flexible como el módulo. Al dividir el control del sensor y la interfaz de usuario, resulta posible el realizar la adquisición de datos en diversas plataformas.

4.1. Mapeo aéreo

Las soluciones Phoenix LiDAR Systems se pueden usar para mapear con diversas plataformas diferentes, RPAS helicópteros, aviones de ala fija, etc.

Como se muestra en la imagen mostrada en el punto anterior, el operador estará en campo, conectado a la estación de referencia GNSS. Como se explicó con anterior-

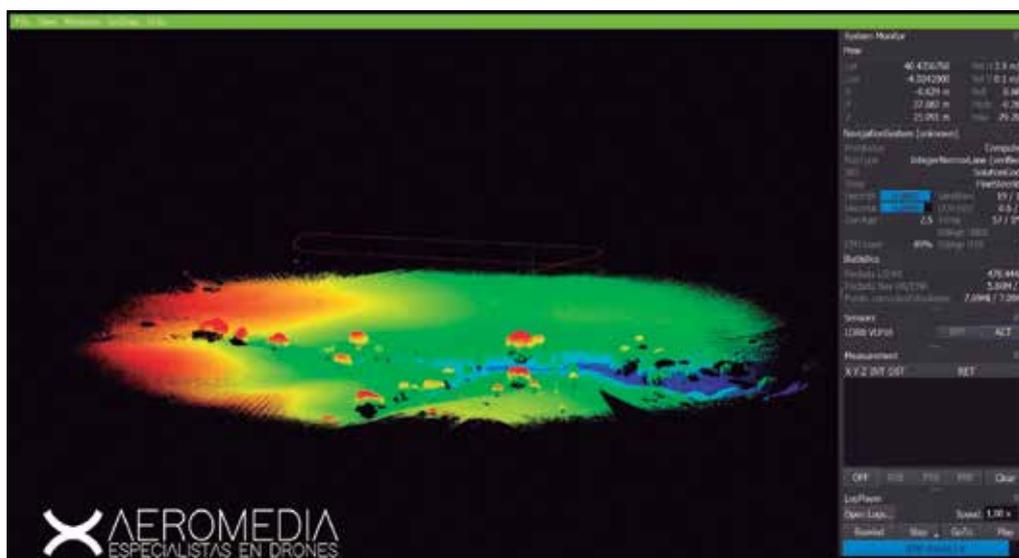


Figura 2. Nube de puntos capturada en tiempo real (Fuente: AEROMEDIA UAV)

ridad, gracias al SW SpatialExplorer, el operador transmite los datos de corrección al Rover a través de un sistema WiFi de largo alcance. El Rover fusiona estos datos en tiempo real y transmite una nube de puntos de muestra al operador.

4.2. Mapeo terrestre

Cuando el operador viaja con el Rover en un automóvil, barco o quad, puede conectarse directamente al Rover utilizando WiFi o un cable Ethernet. Los datos de corrección se pueden transmitir desde la estación de referencia GNSS al software SpatialExplorer a través de WiFi de largo alcance o una dirección IP pública (utilizando, por ejemplo, 3G / 4G). Con el disco duro SSD integrado de 240 gigas, el operador puede escanear durante 6 horas sin tener que detenerse para descargar los datos.

Hay que añadir que a cualquiera de los equipos LiDAR comentados, se les puede acoplar diversas mejoras como cámaras fotográficas RGB, DSLR, Térmicas, hiperespectrales, cámaras 360°...

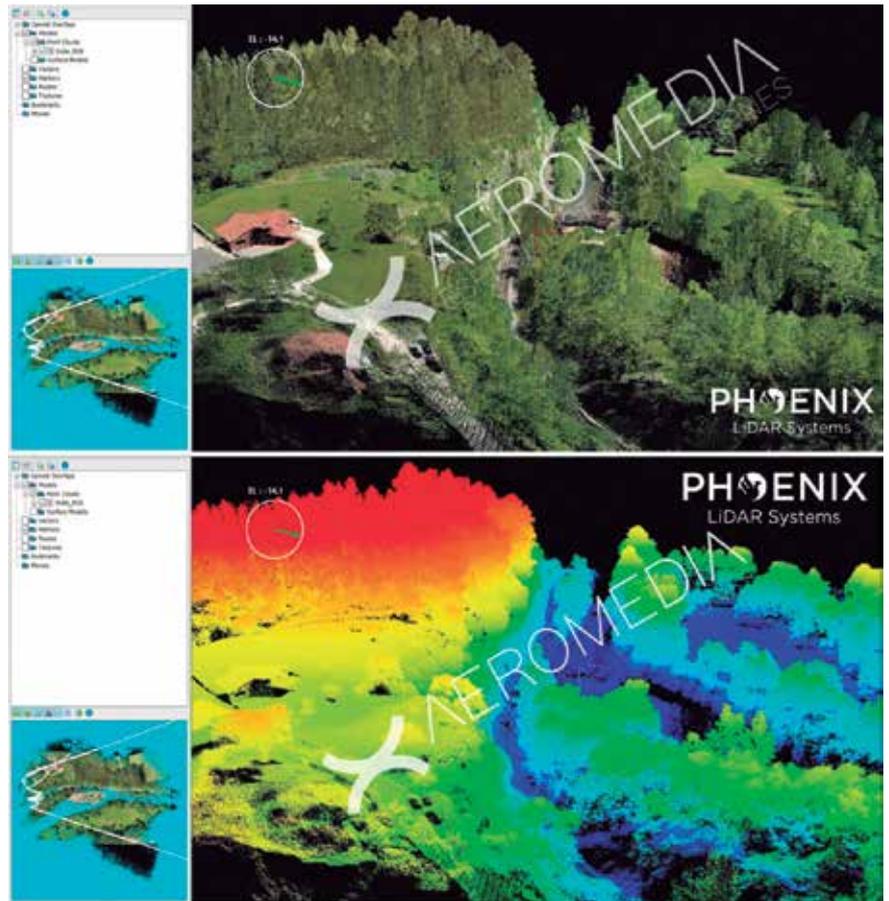


Figura 6. Nubes de puntos adquiridas con sistema LiDAR (Fuente: AEROMEDIA UAV)

5. VISIONADO DE NUBES DE PUNTOS EN TIEMPO REAL

Como ya se ha comentado con anterioridad, los sistemas de Phoenix LiDAR Systems proporcionan la capacidad de poder visualizar la adquisición de la nube de puntos mientras se está realizando la captura.

Esta capacidad tiene las siguientes ventajas:



Figura 5. Sistemas de escaneo Mobile Mapping. (Fuente: Phoenix LiDAR Systems)

1. El operador puede determinar inmediatamente si los resultados coinciden con las expectativas. Anteriormente, los resultados estaban disponibles solo después del aterrizaje, en cuyo caso se requiere mucho tiempo y acarrea costes el tener que realizar cambios.
2. El operador puede visualizar cómo va adquirien-

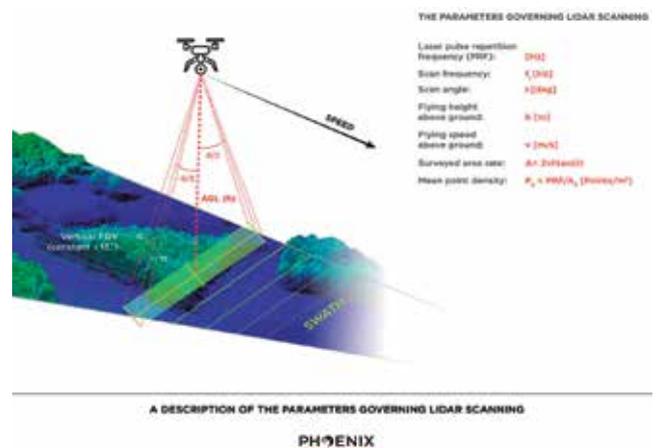
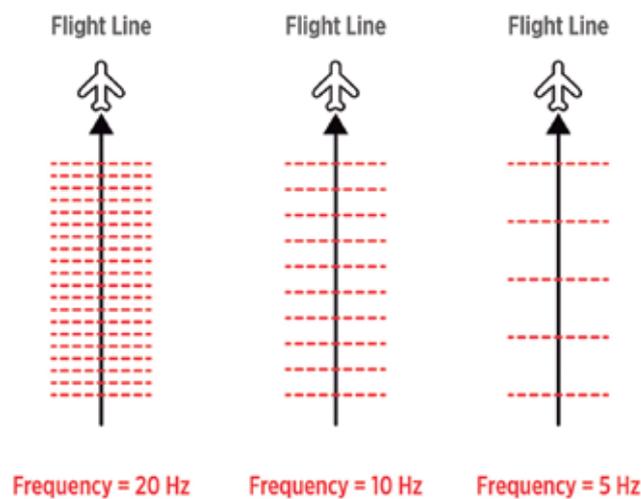


Figura 7. Descripción de los parámetros a tener en cuenta en escaneos LiDAR aéreos (Fuente: Phoenix LiDAR Systems)

do la nube de puntos en una pantalla de ordenador y con estos datos puede localizar áreas que no se han escaneado correctamente y alterar rápidamente la trayectoria del RPAS.

3. A través de la red 4G, el operador puede compartir su pantalla de forma remota con los clientes en tiempo real, para confirmar / alterar la nube de puntos LiDAR.

6. PARÁMETROS A TENER EN CUENTA EN EL ESCANEO A TRAVÉS DE RPAS



THE CONCEPT OF FREQUENCY SETTING



Figura 8. Definición de rango de escaneo LiDAR (Frecuencia)
(Fuente: Phoenix LiDAR Systems)

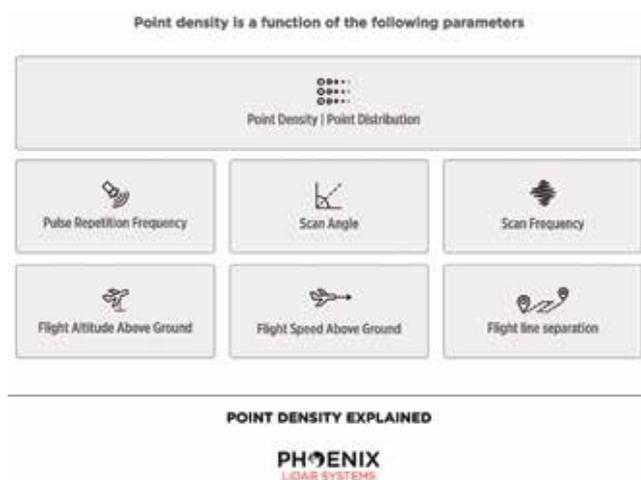


Figura 9. Parámetros de los que depende la densidad en la nube de puntos LiDAR
(Fuente: Phoenix LiDAR Systems)

CUENTA EN EL ESCANEO A TRAVÉS DE RPAS

El levantamiento topográfico desde un equipo en movimiento, está acompañado por ciertos parámetros que debemos de tener en cuenta: la velocidad, el área de escaneo, la altitud, la frecuencia, la frecuencia del pulso, el ángulo de escaneo y la densidad del punto, todos juegan un papel muy importante en la captura de datos. Hay que tener en cuenta que estos parámetros van a definir los rangos y densidades de las franjas de exploración.

La precisión real depende de las opciones de procesamiento del GPS (RTK, PPK, WAAS), las condiciones ionosféricas, la visibilidad del satélite, la altitud de vuelo (AGL) y otros factores.

7. RESULTADOS

La pregunta más frecuente que suelen hacer, es sobre la precisión de las nubes de puntos producidas. Entonces, ¿Cuál es la precisión obtenida con este tipo de sistemas?

En primer lugar, hay diferentes tipos de precisión: centrándonos principalmente en lo que llamaremos precisión absoluta y relativa. La precisión absoluta describe cuánto se desplaza toda la nube de puntos en cualquier dirección, lo que lleva a un error constante en la georreferenciación. Este error depende casi exclusivamente de una estación de referencia GNSS configurada correctamente y, por lo tanto, no se analizará más. Mucho más interesante es la precisión relativa, que indica cuánto es de consistente la nube de puntos resultante.



Figura 10. Factores que afectan a la precisión
(Fuente: Phoenix LiDAR Systems)

Para responder a esta pregunta, sigamos el historial de origen del punto de una nube de puntos: primero lo analiza un sensor LIDAR y luego se transforma en un sistema de coordenadas global utilizando la posición y la orientación obtenidas por el sistema de navegación inercial / GNSS.

Los sensores LIDAR HDL-32E y VLP-16 (Puck) de Velodyne están especificados para medir distancias con errores de unos 2,5 cm. El VUX-1 de Riegl muestra un error máximo de menos de 1 cm.

Debido a que el sensor LIDAR y la IMU son fijados entre sí a través de una sola pieza plana de aluminio, podemos considerar que están perfectamente alineados, y no introduciremos un desplazamiento de alineación (ni estático, ni aún peor, dinámico. De esta forma, se reducen las posibles vibraciones, existentes cuando los sensores IMU y LIDAR se encuentran más separados.

La precisión horizontal del sistema GNSS/inercial se muestra como 1 cm + 1 ppm, donde la última cifra indica que por cada kilómetro de distancia a la estación de referencia GNSS (llamada línea de base), se espera un milímetro adicional de error. Dependiendo de la geometría de la constelación de satélites, el error de posición vertical generalmente se estima en un 150% del error horizontal.

En este tipo de sistemas LiDAR, el alcance y la precisión van de la mano. Esto quiere decir que las inexactitudes en la orientación, harán que el error en el punto crezca de manera lineal con su distancia al sensor.

En el siguiente esquema se explica la relación existente entre el error posicional de rango constante y el desplazamiento debido al error de orientación.

En general, los errores de posición y orientación son valores RMS (Error Medio Cuadrático) enumerados en la especificación del sistema de navegación. En la práctica, los errores no cambian rápidamente, sino que se desviarán lentamente.

Como ocurre con cualquier equipo GNSS, dependiendo de la cobertura del satélite, la geometría de la conste-

lación, las vibraciones, la línea de base RTK y la elección de las antenas, pueden variar las precisiones obtenidas.

8. CONCLUSIONES

La experiencia de Phoenix LiDAR Systems, y el compromiso de su distribuidor en España y Portugal, AEROMEDIA UAV son evidentes, debido a las frecuentes innovaciones introducidas a lo largo de los años. A pesar de las mejoras continuas, como el desarrollo de nuevos productos como el Planificador de Vuelo, el SW de procesamiento de datos... la tecnología LiDAR sigue siendo una tecnología compleja.

Mediante las opciones de hardware y software que oferta, Phoenix LiDAR Systems toma medidas para poder simplificar y automatizar, tanto la adquisición de datos como las tareas de post-procesamiento.

Gracias a este tipo de mejoras continuas, y al empleo de plataformas RPAS que cada vez podrán realizar trabajos LiDAR cada vez más rápido y con mayores autonomías, este tipo de tecnologías se extenderán en el campo de adquisición masiva de datos para cualquier aplicación en ingeniería.

REFERENCIAS

Ben Adler, Ph. D. (2017). CTO, Co Fundador de Phoenix LiDAR Systems, <https://www.phoenixlidar.com/>

Sobre el autor

Alejandro Ávila Búa

Director del Área Industrial y Responsable de Producto LiDAR en AEROMEDIA UAV.

Ingeniero en Topografía por la Universidad de Santiago de Compostela, con más de 15 años de experiencia en el campo de la ingeniería, construcción, topografía, catastro, cartografía y fotogrametría.

Especialista internacional en sistemas LiDAR, con amplia experiencia en empresas del sector de la geomática, ha trabajado con los sistemas más avanzados en el campo de las nuevas tecnologías aplicadas a la topografía (Sistemas LiDAR, técnicas topométricas y RPAS para adquisición masiva de información).

Piloto RPAS certificado en plataformas DJI PHANTOM Series y DJI S900, con experiencia de vuelo de más de dos años en trabajo de campo.



Figura 11. Trabajos realizados en Líneas Eléctricas Aéreas con sistema LiDAR+RPAs (Fuente: AEROMEDIA UAV)