

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VIDEO SINCRONIZADO ABIERTO

David Calero, Mariano Wis
Institut de Geomàtica
B6-Parc Mediterrani de la Tecnologia
08860 – Castelldefels
Barcelona

Palabras Clave: Video sincronizado, georeferenciación directa. Adquisición de datos de video

Resumen

La georeferenciación directa de imágenes o datos adquiridos mediante sensores de teledetección es una operación ampliamente conocida pero en la que hasta fecha reciente el IG no había trabajado con sus propios datos. Es por esa razón que en el marco del proyecto Videomapping (desarrollado conjuntamente con GeoVirtual), el Instituto de Geomàtica ha desarrollado un sistema HW/SW diseñado para adquirir y sincronizar imágenes de una cámara de video con un marco de referencia temporal dado, para posteriormente georeferenciar dichas imágenes. Dicho sistema de adquisición de video sincronizado se ha desarrollado para interoperar con el sistema mTAG que también ha sido desarrollado por el IG de manera que el mTAG actúe como servidor de tiempo y trayectoria. El sistema mTAG (miniTAG) está compuesto por una serie de instrumentos de navegación (receptor GPS geodésico e IMU táctica) que permiten la georeferenciación directa de cada uno de los frames capturados por la videocámara en post-proceso. Un elemento importante dentro del mTAG es la tarjeta de sincronización de eventos. Dicha tarjeta es un HW específico configurado con un tiempo de referencia común para todos los instrumentos de navegación y los sensores implementados en el sistema de captura de video.

Como se menciona anteriormente, para la captura de las imágenes y convertirlas en un video sincronizado, se ha desarrollado un nuevo sistema de adquisición y sincronización. Este sistema genera las señales de control de la cámara de video (de tipo OEM y destinada para aplicaciones de video industrial y de videovigilancia), la captura del video compuesto y la conversión de este a imágenes digitales a través de un Framegrabber. Dicho sistema mantiene la filosofía del TAG que ha de ser modular, flexible, abierto, que no pretende competir con otros sistemas comerciales ya existentes y además ha de ser compacto y portable para poder ser utilizado en plataformas con capacidad de carga de pago limitada (UAVs).

El objetivo principal del sistema en su actual configuración es la de sincronizar el video con un tiempo de referencia para su posterior georeferenciación. Pero al igual que el video, este sistema se puede adaptar sin grandes modificaciones (debido a su flexibilidad) a otros tipos de sensores como cámaras métricas de medio formato, LIDAR, etcétera. Este artículo presenta el diseño y desarrollo de dicho sistema y unos cuantos resultados preliminares de video sincronizado.

1 Introducción

En el Instituto de Geomàtica se ha estado implementando un sistema de adquisición y sincronización de video con tiempo GPS. Éste consiste en coordinar cada imagen de la cámara de video y asociarla con el respectivo tiempo GPS en el cual se genero dicha imagen.

Para implementar el nuevo sistema, es necesario un nuevo diseño de un dispositivo capaz de controlar, adquirir y sincronizar la videocámara y un dispositivo de servidor de tiempo GPS. Este sistema de teledetección, permite tener información sobre un objeto o superficie a través del análisis y procesado de los datos suministrados por los diferentes sensores que han de estar sincronizados (videocámara e IMU).

Las aplicaciones que pueden tener los sistemas de adquisición y sincronización de video abarcan desde la monitorización en tiempo real del estado de tráfico, el control de incendios forestales, el seguimiento de catástrofes naturales, la proyección de video georeferenciado en maquinas virtuales públicas como Google Earth o Virtual Earth o profesionales como Geo-Show; el modelado de ciudades, creando un entorno virtual 3D, para poder moverse y observar dicho escenario desde un ordenador. Son aplicaciones que aun están en continuo desarrollo y que en un futuro muy próximo van a extenderse al gran público.

1.1 Contexto del proyecto

El IG ha estado desarrollando este sistema de sincronización con tiempo GPS en el marco del proyecto VideoMapping. Dicho proyecto ha sido cofinanciado como proyecto PROFIT por parte del Ministerio de Ciencia y Tecnología (código FIT-350200-2007-18) y también por el CIDEM por parte del Departament d'Universitats i Societat de la Informació (código RDITSIND07-1-0244). El proyecto consiste en el desarrollo de un sistema de proyección de vídeo sobre escenarios cartográficos virtuales 3D. Para la correcta proyección de este vídeo, es necesario tenerlo correctamente sincronizado. Es importante mencionar que no solo se pretende saber en qué instante de tiempo se generó la imagen del vídeo, sino que también la posición, la velocidad y la dirección de la plataforma desde la que se adquirió la imagen. Con dicha información y con la imagen debidamente procesada, se hace una proyección de ésta sobre un modelo digital del terreno (DTM) de manera que observando dicho modelo, se puede asociar la imagen de vídeo con el entorno geográfico en la que fue tomada.

El proyecto VideoMapping ha sido coordinado por la empresa GeoVirtual. Aparte del Instituto de Geomática, también han colaborado otras empresas u organismos como el CRV-UPC (Centro de Realidad Virtual de la Universidad Politécnica de Cataluña), creando algoritmos gráficos de proyección y Art Informatic como consultor de sistemas de vídeo.

Para la creación del sistema de sincronismo de vídeo, se ha tenido en cuenta que había que gestionar la información que genera un sistema de teledetección. Además este sistema de sincronismo se ha de comunicar con el servidor de tiempo (en este caso el tiempo de referencia era el tiempo GPS) y ha de generar las señales de control para este servidor de tiempo. En este caso, el servidor de tiempo también ha de gestionar los sensores que generan información de navegación. Por tanto este sistema debe asociar el tiempo GPS con la imagen generada por el vídeo. Durante el post-proceso, dado que se conoce el tiempo GPS en el que se generó cada imagen, ésta se puede asociar con otros datos de navegación (posición, velocidad y actitud de una trayectoria) para conocer la posición de la imagen que se está proyectando sobre el modelo 3D.

2 Sistema de Vídeo sincronizado

El sistema de vídeo sincronizado está compuesto por diversos elementos que se describen a continuación.

2.1 Descripción de los componentes del sistema

El mTAG es una evolución del sistema TAG (Trajectory Attitude and Gravimetry) que el IG ha estado desarrollando y utilizando en su investigación desde hace varios años [2, 3]. El mTAG es el dispositivo que suministra el tiempo GPS. Está conectado a múltiples sensores de navegación y la función básica es adquirir los datos de estos sensores y tenerlos sincronizados con el tiempo GPS. A nivel conceptual, el miniTAG funciona como un servidor de tiempo. A cada petición que recibe, el miniTAG responde a través de un puerto predefinido con una trama que contiene el tiempo en el que se ha generado dicha petición. La configuración externa del miniTAG se puede observar en la Figura 1. Dicha configuración es la misma que se utilizó en el proyecto uVISION [1]. Actualmente el mTAG funciona bajo sistema operativo Linux Kernel 2.6 (Debian 5.0). No obstante se espera que el sistema pueda ser migrado hacia un sistema operativo en tiempo real (RTOS) como Linux RTAI a medio plazo.



Figura 1, mTAG lateral (izq.) mTAG frontal (der.)

El otro elemento que compone el sistema de sincronismo es el MAR (Mision planing And Remote sensing). Éste es el dispositivo que controla, adquiere y sincroniza el video con el tiempo GPS. Se encarga de adquirir las imágenes de video recibidas por la videocámara, controla las señales de sincronismo y se comunica con el mTAG de manera que a cada imagen nueva detectada, envía una petición para recibir el tiempo GPS. Conceptualmente, el sistema MAR debería incorporar un sistema de gestión de plan de vuelo, que a partir de una serie de waypoints introducidos en el sistema, debe iniciar la grabación en cada uno de los puntos introducidos y debe controlar que el seguimiento de los waypoints se están ejecutando correctamente. No obstante, la inclusión de esta funcionalidad está prevista para un desarrollo posterior del sistema. Actualmente este sistema de control de misión se realiza de manera manual activando o desactivando la adquisición del vídeo. El sistema MAR funciona bajo sistema operativo Windows 2000. No obstante la idea es que corra bajo Linux y finalmente sobre RTAI Linux (RTOS). De hecho, en el momento de escribir este artículo (marzo de 2009) se estaba comenzando a realizar la migración de Windows a Linux Ubuntu 8.0. La principal razón para realizar esta migración es que por un tema de rendimiento no es posible grabar videos a una resolución mayor de 192 x 144 pixeles. Dado que esta resolución puede limitar mucho las posibilidades del sistema de adquisición de video, se cree que optando por un sistema operativo de mayor rendimiento se podrá mejorar este en aspecto.

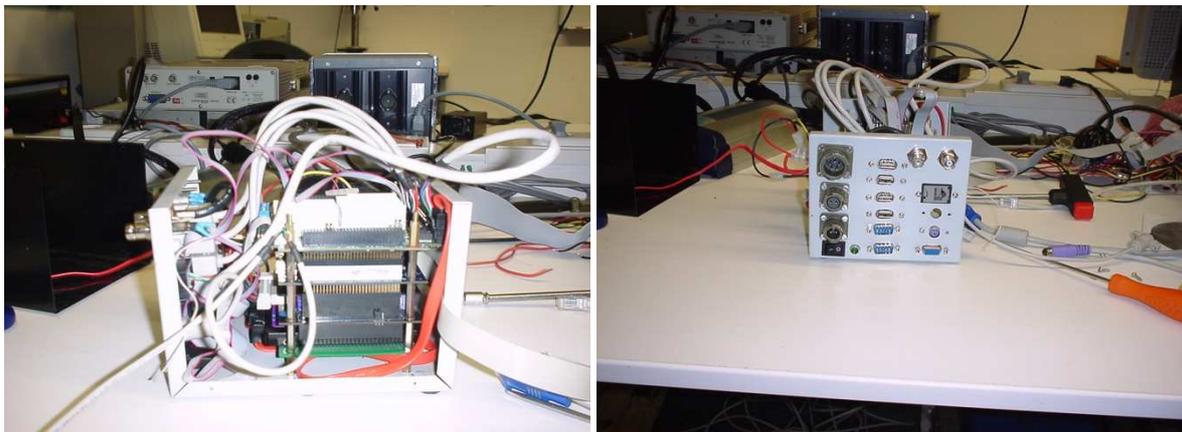


Figura 2, MAR lateral (izq.) y MAR frontal (der.)

Para adquirir las imágenes de video, MAR necesita tener integrado un dispositivo electrónico denominado frame-grabber, el cual sea capaz de capturar frames de video generados por una videocámara. El frame-grabber utiliza un convertor analógico digital para digitalizar la señal de video compuesto que proporciona la cámara. Dicha señal es después convertida y almacenada en un buffer interno que es gestionado por el SW de adquisición. El framegrabber escogido para el proyecto es Sensoray 311 (Figura 3 izq.). La razón por la que se escogió dicho framegrabber fue por que se adaptaba perfectamente a las características de la cámara de vídeo (ver más abajo) y también porque la aplicación no necesitaba comprensión de la imágenes. El modelo de CPU implementado en MAR es la Azure Mars 700 (Figura 3 der.) que cumple los requisitos mínimos que pide el frame-grabber.



Figura 3, Framegrabber Sensoray 311 (izq.) y CPU Azure Mars 700 (der)

Todos los componentes del sistema MAR como del sistema miniTAG están implementados bajo el formato industrial PC104-Plus. Este formato es un estándar de ordenador industrial, que se define por el tamaño de sus

componentes y el bus del sistema. El tamaño de los módulos PC104-Plus es de 90.17 mm × 95.89 mm y utiliza el bus PCI y el bus ISA pero en una configuración mecánica diferente de la especificación convencional. Cada módulo se apila uno encima de otro a diferencia del formato convencional en el que los módulos se montan en un backplane. Este formato está diseñado para aplicaciones industriales en el que hay limitaciones importantes de tamaño y peso (sistemas embedded o integrados). En el caso de las aplicaciones geomáticas, Este formato de hardware hace el sistema mucho más portable para poder ser llevado por una persona o en pequeñas plataformas del tipo UAV. La configuración actual del sistema se puede observar en la Figura 2.

2.2 Sensores integrados

Otros elementos necesarios en el sistema son los sensores para la adquisición de imágenes y los datos de navegación. Los sensores utilizados en el sistema son:

La **cámara de vídeo** es un dispositivo que captura imágenes a través de un sensor CCD convirtiéndolas señal de vídeo. La salida básica sigue siendo la del sistema analógico de TV: PAL, NTSC o SECAM dependiendo del número de frames por segundo y la resolución de la imagen. En cada país existe un formato específico siendo el sistema PAL el que se utiliza a nivel Europeo. El sistema de video utilizado para MAR es una cámara Sony industrial en configuración OEM (sin carcasa), muy pequeña y muy ligera, SONY FC-IX11AP (Figura 4). Es una cámara de video de bajo coste, que se adapta bastante bien a los requerimientos de la aplicación. La transmisión de video se realiza por un cable coaxial de 75 Ohms el cual va directamente conectado al frame-grabber. Para configurar la cámara de video, se utiliza un puerto serie RS232 estándar a través de un protocolo industrial estandarizado que se denomina VISCA.



Figura 4, Videocámara SONY FC-IX11AP (integrada en carcasa)

El **receptor GPS** es un sistema capaz de hacer el cálculo de la posición en la que se encuentra la antena del receptor. Por lo tanto necesita disponer de una antena GPS para recibir la señal que transmiten los satélites y mediante técnicas de triangulación, el receptor realiza un cálculo de la posición en la que puede diferir de la real en 2 o 3 metros sin ayudas externas. Es necesario que el receptor GPS esté capturando varios minutos en estático, para una correcta inicialización del sistema. El receptor GPS utilizado en el sistema de sincronización del IG es un Novatel OEMV-3 (Figura 5) de tipo geodésico y capaz de trabajar en triple frecuencia (aunque por lo pronto sólo adquiere dos).



Figura 5, Receptor GPS de grado geodésico Novatel OEMV-3

La **IMU** (Inertial Measurement Unit) es un sensor que detecta la aceleración y los giros mediante configuración tridimensional de acelerómetros y giróscopos. Este sensor de navegación, indica el movimiento del objeto. Dicha

información de movimiento se utiliza para hacer una predicción de donde está posicionado a través de métodos de integración numérica. La IMU utilizada en el sistema es una unidad de grado táctico Northrop Grumman LN200 (Figura 6). Esta IMU está pensada para aplicaciones que requieran una precisión elevada. En el caso de la aplicación final, no sería necesaria una IMU de estas prestaciones (téngase en cuenta que una LN200 cuesta unos 27000 USD), sería más adecuada una IMU de nivel de automoción o de bajo coste. Sin embargo a efectos de desarrollo del sistema, esta IMU resulta adecuada, pudiéndose simular a posteriori otras unidades inerciales de menor precisión.



Figura 6, IMU Northrop Grumman (antes Litton) LN200

2.3 Esquema del sistema de video sincronizado

El conexionado de los diferentes elementos utilizados en sistema se observa en la Figura 7. El sistema MAR está programado para que al iniciarse, comience a funcionar inmediatamente con el mTAG. La comunicación con el mTAG se realiza a través del puerto RS232 / USB para leer la trama de tiempo y por otro lado está el pulso de sincronismo que avisa al mTAG en que momento ha de realizar el registro del tiempo de adquisición de frame. Por otro lado, la cámara de video se conecta al sistema MAR a través de diferentes líneas. La primera es la línea de video compuesto que es por la que se transmite la señal. Después la línea de comunicación RS232 se usa para el protocolo de control de la cámara (VISCA). La última línea es el cable de potencia.

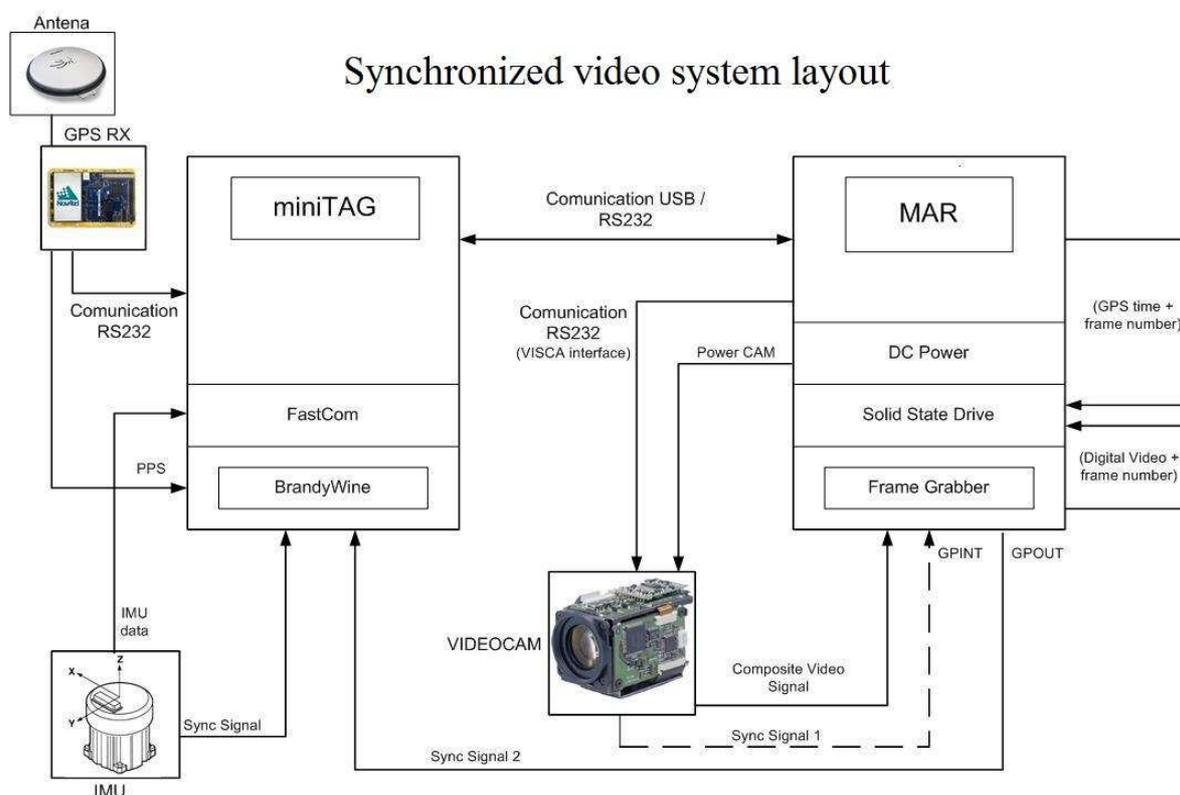


Figura 7, Conexionado de los diferentes elementos usados en el sistema de adquisición de video sincronizado

El funcionamiento del sistema es bastante sencillo. En primer lugar, deben encenderse y iniciarse por separado los dos equipos del sistema. A continuación el mTAG debe ponerse en marcha y así comunicarse con los distintos sensores. Inicialmente con el receptor GPS, para sincronizarse con el tiempo GPS.

Una vez el mTAG ya está sincronizado, MAR debe iniciarse y controlar todo el proceso de adquisición y sincronización de video. Al iniciar el programa, el usuario debe introducir manualmente el tiempo de grabación de video. Una vez introducido el tiempo de grabación, el MAR se comunica con el mTAG preguntándole si está sincronizado con el tiempo GPS. Si el mTAG le contesta afirmativamente, el MAR inicia la grabación. El que se haya iniciado y finalizado la grabación de un vídeo, no implica que no se pueda volver a grabar durante la prueba. De hecho, es posible volver a grabar distintos vídeos en diferentes tramos.

Una vez inicializado el sistema MAR, éste entra en un bucle de adquisición y sincronización de video y de tiempo GPS. Cada vez que llega un frame de video al sistema MAR, inmediatamente envía una petición hacia el mTAG (mediante una señal de sincronismo) y comienza a guardar la imagen recibida. El mTAG, justo al detectar la petición transmitida por el MAR, almacena en su interior el tiempo GPS, con los respectivos datos del resto de los sensores y envía a través de la comunicación USB el tiempo GPS de la petición. Cuando MAR ha terminado de guardar la imagen adquirida, lee por el puerto USB el tiempo GPS correspondiente a la imagen adquirida y guarda este valor del tiempo GPS a continuación de la imagen. Cuando el sistema detecta que se ha llegado al tiempo de grabación preestablecido, deja de adquirir frames y finaliza el proceso de sincronización de video.

En la actual configuración del sistema, el formato del vídeo es de 192 x 144 píxeles y 3 bytes por pixel. De hecho, en el fichero de video crudo se almacenan secuencialmente el frame almacenado en formato BMP sin comprensión, el número de secuencia (en long integer) y el time tag (segundo de semana GPS en double). Cada imagen ocupa unos 82 Kbytes. Dado que no hay comprensión de video, el fichero final suele ocupar un gran tamaño de disco. A nivel orientativo, un vídeo de 15 minutos en crudo ocupa unos 1.73 Gbytes.

3 Pruebas del sistema de adquisición y sincronización de video

Para verificar el funcionamiento del sistema, se han realizado un par de pruebas de adquisición y sincronización de video con tiempo GPS en el instituto de Geomática. Dichas pruebas consistieron en un test estático para comprobar que la adquisición de datos era correcta y en un test dinámico en los alrededores de las instalaciones del Instituto

Al realizar las pruebas, es necesario mantener la estabilidad geométrica entre los diferentes sensores (antena GPS, IMU y videocámara). Por eso los equipos se montaron en una plataforma rígida que permitía mantener esta geometría.

La primera prueba se realizó en el laboratorio, fue una prueba en estática, el sistema montado encima de la plataforma rígida (Figura 8). El tiempo de grabación de video sincronizado en esta prueba inicial se fue de 20 minutos.



Figura 8, Configuración de la prueba del sistema

A continuación, se realizó una prueba dinámica. Un pequeño recorrido de 15 minutos de grabación de video por el campus de la EPSC. En la Figura 9 se puede observar una representación de dicho recorrido. Esta prueba consistía

en una adquisición estática 5 minutos al inicio, 15 minutos de recorrido por el campus y 5 minutos de adquisición estática al final del recorrido, coincidiendo con la posición inicial del recorrido.



Figura 9, Recorrido de la prueba dinámica.



Figura 10, Ejemplos de frames adquiridos durante la prueba dinámica.

Se observan también unos cuantos frames de ejemplo (Figura 10) tomados del video adquirido durante la prueba. En el se puede observar la calidad de la imagen del video adquirido, de acuerdo a la resolución a la que estaba configurado el framegrabber.

4 Resultados obtenidos

En el momento de escribir este artículo, se estaba realizando el análisis cuantitativo de los resultados. Por esa razón, los únicos resultados que se pueden mostrar por el momento son cualitativos sobre el rendimiento de la adquisición del video.

En la prueba estática, se adquirieron un total de 30.000 frames a una frecuencia de muestreo nominal de 25 fps, que equivalen a unos 20 minutos. Sin embargo, el tiempo transcurrido para obtener ese número de imágenes fue de 20 minutos y 44,4 segundos. Esto equivale a una frecuencia media de muestreo de 24.1 fps. Por otro lado, en la prueba dinámica, se adquirieron 22500 frames, que a 25 fps deberían equivaler a 15 minutos de adquisición. Sin embargo, la adquisición duró realmente unos 920.87 segundos (15 minutos y 21 segundos) por lo que el frame rate de video medio fue de aproximadamente 24.43 fps. Se desconoce porque se producen estas discrepancias respecto del valor nominal de la frecuencia de muestreo para el sistema PAL. En cualquier caso, dado que estos valores se observan tanto en el fichero registrado en MAR como el fichero registrado en el mTAG, parece que el problema esté en la cámara de video o en la detección de interrupciones por parte del frame-grabber. Se deberían hacer más análisis a posteriori para confirmar alguna de estas hipótesis.

Por otro lado, comparando a posteriori los ficheros de time tag grabados en MAR y mTAG, se observó que no todos los tiempos eran iguales entre ambos ficheros. En un análisis en profundidad del sistema de dichos ficheros se comprobó que la mitad de los time tags si que eran los mismos y que la otra mitad estaban repetidos en el fichero generado en MAR. No obstante, gracias a esta duplicación de los ficheros se pudo realizar la corrección de los time tags del video en mTAG.

Es necesario recordar, que los resultados obtenidos son aun preliminares y que el equipo está todavía en su fase experimental. Por esa razón se han obtenido estos resultados en cuanto a la escritura de time tags. No obstante, hay que recalcar que gracias a la redundancia del sistema en la escritura de los time tags, este problema se detectado y se ha resuelto en los datos adquiridos en la prueba. Las razones por las que se ha dado este problema se deben a un fallo en la metodología de almacenamiento de los datos de tiempo (ya que los videos se han adquirido y almacenado correctamente). El software de sincronismo hace uso de técnicas de multi-threading y es muy probable que un problema de concurrencia haya provocado estos problemas de almacenamiento del tiempo. Hay que recalcar también los problemas de rendimiento del sistema operativo seleccionado para el desarrollo. De hecho, una de las operaciones más críticas del sistema es la escritura a disco. En el sistema operativo actual esta operación resulta lenta. Se espera que con otro sistema operativo de mayor rendimiento (Linux kernel 2.6 o RTAI Linux) se pueda mejorar dicho aspecto.

5 Conclusiones

Se puede concluir que para construir un sistema de video sincronizado compacto y destinado a aplicaciones geomáticas, es necesario un dispositivo como MAR que controle todo el proceso de adquisición, sincronismo con el tiempo GPS y almacenamiento de las imágenes. A su vez, para tener una correcta referenciación de las imágenes de video, necesita comunicarse con algún servidor de datos referenciados en tiempo y posición. Este servicio está siendo suministrado por el mTAG.

Este sistema de video georeferenciado, se ha diseñado teniendo en mente las aplicaciones y plataformas donde puede estar integrado. Por esa razón se ha escogido un formato de pequeño tamaño para su desarrollo. Dicho formato es el estándar industrial PC-104 que permite la compatibilidad con el HW y el SW existente para PC. Este formato es ideal para la integración del sistema en plataformas del tipo UAV.

Después de una serie de pruebas de laboratorio y de campo, se han obtenido unos resultados preliminares de rendimiento de adquisición. Actualmente se están analizando los datos para dar una estimación de la precisión en posición que se pueden dar a las imágenes.

Los resultados preliminares también indican que hay que aplicar mejoras en la implementación del SW de sincronismo. Estas mejoras consistirán en: un cambio en la metodología de concurrencia entre threads, la migración hacia un sistema operativo de mayor rendimiento y la integración de este SW de sincronismo con un sistema de gestión del plan de misión que automatice la activación/desactivación de la grabación de video en función de que se cumplan o no unas determinadas condiciones de posicionamiento orientación del sensor.

Hoy en día existen sistemas que introducen la posición o el tiempo GPS en los frames de video. Sin embargo, lo más característico de este sistema está en el tamaño-peso y la precisión con la que puede obtener el sincronismo. Las posibilidades de dicho sistema son muy grandes. Estas no se reducen únicamente a aplicaciones de proyección de video sobre DTM.

Bibliografía

- [1] Colomina, I., Aigner, E., Agea, A., Pereira, M., Vitoria, T., Jarauta, R., Pascual, J., Ventura, J., Sastre, J., de Pinho, G.B., Derani, A., Hasegawa, J., 2007. The uVISION project for helicopter-UAV photogrammetry and remote-sensing. Proceedings of the 7th Geomatic Week. Barcelona (Spain).
- [2] Samsó, L., Wis, M., Colomina, I.: Comparison of inertial systems for remote sensors. Actes del congrés 6a. Setmana Geomàtica, (CD-ROM). Barcelona (ES), 2005.2.8-11
- [3] Wis, M., Samsó, L., Colomina, I., Aigner, E., 2004. Current status and capabilities of the experimental System TAG. Proceedings of the XXth ISPRS conference, July 2004, Istanbul (TR).