

VIRTUD: Construcción de un telescopio robótico con óptica adaptativa sin sensor

Vincent Suc^{1,2}, Santiago Royo^{1*}, Francisco J. Azcona¹, Miguel Ares¹, Reza Atashkhoeei¹, Andrés Jordán²

¹ Centro de Desarrollo de Sensores, Instrumentación y Sistemas, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC-CD6)
Rambla Sant Nebridi 10 E08222 Terrassa

² Departamento de Astronomía y Astrofísica & Centro de Astroingeniería, Pontificia
Universidad Católica de Chile, Vicuña Mackenna 4860, 7820436 Macul, Santiago, Chile

santiago.royo@upc.edu

Resumen: Se ha diseñado, construido y validado un nuevo concepto de telescopio de foco primario diseñado desde su origen para su funcionamiento en modo robótico, a coste moderado. El telescopio incorpora un conjunto de avances tecnológicos relevantes. Así, el telescopio utiliza algoritmos de óptica adaptativa sin sensor junto con un sistema activo de compensación del foco del telescopio patentado. Esto ha permitido realizar un diseño mecánico del telescopio simplificado y muy económico que reduce los costes debidos a los requisitos de rigidez del tubo óptico. Finalmente, se ha desarrollado e implementado un novedoso sistema de control de motores de elevación y azimut que permite realizar seguimiento con resolución mejor a un pixel, junto con un arquitectura software que permite el control del telescopio completo por internet de manera sencilla.

1. Introducción

A lo largo de los últimos 10 años, la democratización de los detectores CCD ha permitido que los astrónomos aficionados sean cada vez más activos y útiles en el mundo de la astronomía profesional. Con la llegada de instalaciones de internet de alta velocidad en lugares de difícil acceso, han florecido las instalaciones automáticas de telescopios robóticos, controlados por internet. Redes de pequeños telescopios son más y más comunes, con capacidades que son complementarias a las instalaciones profesionales clásicas, lo que permite completar los resultados científicos de las observaciones realizadas por astrónomos profesionales en instrumentos de alta gama.

En la actualidad, uno de los problemas principales de esta revolución de los pequeños telescopios es el alto costo de la instalación ya que es necesario adaptar manualmente el software y hardware disponible para la operación del telescopio en cada instalación, lo que limita la expansión de la tecnología. A pesar de que estos telescopios están lejos del rendimiento de los instrumentos de gama más alta, existen importantes contribuciones de este tipo de instrumentos que difícilmente se van a plantear a partir de los grandes telescopios. Desde el punto de vista científico, muchos proyectos que involucran el análisis fotométrico y el seguimiento de la evolución de las estrellas (en las estrellas simbióticas, la detección de exoplanetas, las explosiones de rayos gamma, o la detección de lentes gravitatorias, por ejemplo) no necesitan de gran diámetro para su observación, ya que los objetos son bastante brillantes, y pueden ser detectadas fácilmente en el visible utilizando telescopios con aperturas inferiores a 1m.

El concepto central del proyecto VIRTUD es diseñar, construir y utilizar un prototipo de un nuevo concepto de telescopio robótico, para proponerlo a la comunidad científica con el objeto de contribuir a resolver los problemas mencionados. Este prototipo debe hacer frente a los problemas técnicos que han sido previamente observados en las primeras instalaciones robóticas, derivados de que el telescopio debe estar concebido desde la etapa de diseño para ser operado de forma remota, lo que requiere un alto nivel de estabilidad y seguridad en el software y hardware.

2. Diseño mecánico

Uno de los principales costes de un telescopio robótico se concentra en su mecánica. Durante las largas exposiciones de objetos lejanos, es necesario asegurar la rigidez del montaje mecánico mientras el telescopio, de varios metros de largo, se desplaza angularmente en los ejes de elevación y azimut. Una de las principales innovaciones propuestas en el sistema para la reducción del coste del sistema es la tolerancia en pequeñas flexiones de la montura, que son compensadas mediante el ajuste en posición de la cámara CCD situada en foco primario, utilizando un sistema de desplazadores mecánicos motorizados diseñado *ad hoc*, de cinco grados de libertad [1]. Un algoritmo de enfoque basado en óptica adaptativa sin sensor que utiliza la entropía como función de mérito [2] permite evaluar el punto de foco óptico a partir de la imagen que se está registrado sobre el CCD, estimando las aberraciones de desenfoque, inclinación y coma, y compensándolas desplazando la cámara mediante el sistema de desplazadores motorizado.

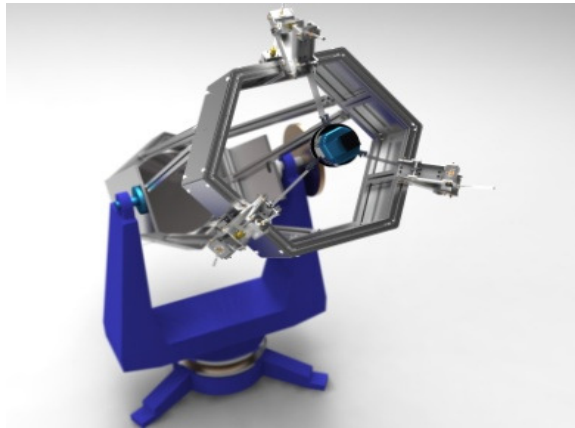


Fig.1: Diseño mecánico de VIRTUD con la cámara y el sistema activo de posicionado en primer término

3. Sistema robótico de control de motores

Uno de los elementos más críticos para el correcto funcionamiento del telescopio es el sistema de seguimiento de objetos. Es necesario desarrollar un sistema de motorizado de seguimiento en elevación y azimut que permita apuntar con precisión (a velocidades adecuadas), y seguir los objetos durante varias horas con resoluciones inferiores al tamaño de un pixel en el cielo (unos 0.5arcsec). La dificultad se ve incrementada debido a que el control debe realizarse en un rango de velocidades relativamente grande (por ejemplo, cerca del azimut los movimientos en elevación pueden ser relativamente rápidos, mientras que sobre el horizonte son muy lentos). Además, el control del movimiento del telescopio debe realizarse de manera compatible con el control del sistema completo por internet.

Mediante combinaciones de hardware y software, y un conjunto de bucles de control con diferentes pesos lógicos en función del estado del telescopio y las variables a controlar, ha sido posible construir un sistema de desplazamiento en elevación y azimut que controla los ejes del telescopio con resoluciones por debajo de 0.3arcsec rms en bucle cerrado, suficientes para realizar seguimiento de objetos sin perder resolución en la imagen (Fig.2).

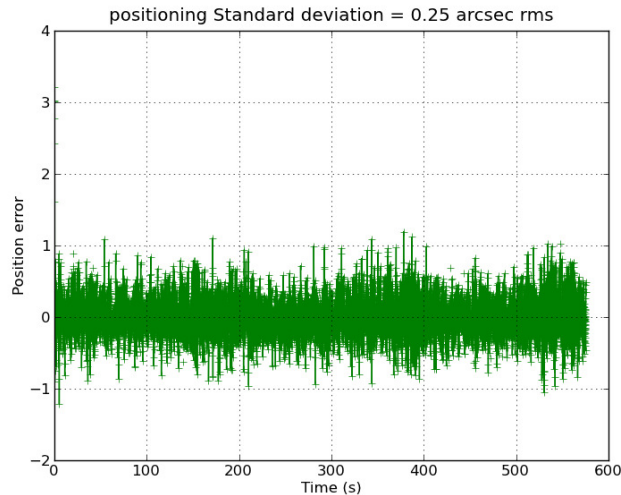


Fig.2: Precisión del seguimiento en un eje. El error en posición es de 0.25 arcsec rms de manera estable durante diez minutos.

3. Software de control remoto

A pesar de la complejidad técnica del control del desplazamiento, una de las contribuciones más importantes de VIRTUD es haber desarrollado una plataforma software que permite de manera unificada el control de todos los elementos del telescopio como periféricos vinculados a un sistema central que gestiona el telescopio de forma integral. Adicionalmente, se ha resuelto el problema adicional que representa en astronomía el uso de diferentes plataformas de software para el control de los componentes del telescopio (MacOS, Windows XP, Windows 7, Linux...) con los consiguientes problemas de actualizaciones, *upgrades* y *downgrades* para el usuario final, que acaban llevándolo a realizar sus propios ajustes, lo que resulta en sistemas poco fiables y nada optimizados.

La solución final ha sido el desarrollo de una plataforma en Python sobre Linux Symbian, que permite, de manera transparente al usuario, el uso de los diferentes periféricos del sistema a través de un router convencional y una tarjeta PC embedded, que controla como periféricos a la totalidad de los componentes del telescopio, que incluyen todos los motores de elevación y azimut, y el sistema de control descritos, pero también la cámara CCD, el rotador de la cámara, y la propia cúpula del telescopio y sus sensores. Adicionalmente, se ha desarrollado una interficie tipo Windows para la gestión del telescopio por parte del observador remoto, que incorpora aspectos de gestión de las imágenes obtenidas para su envío por internet.

4. Construcción e instalación

En la actualidad, el telescopio se encuentra finalizado y instalado en el observatorio La Sirene, en Lagarde d'Apt, al Sur de Francia [3]. Se están ultimando las pruebas de compensación de aberraciones y de gestión de la información, con la mayoría de de sistemas ya en marcha, y realizando las primeras observaciones científicas.

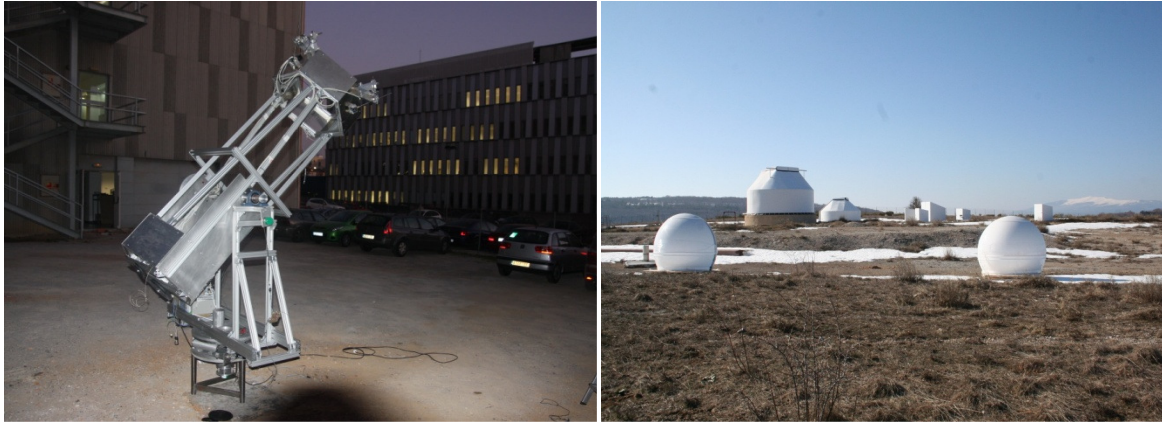


Fig.3 Telescopio construido (izquierda) y observatorio (derecha), en que se ha instalado

5. Conclusiones y trabajos futuros

Se ha diseñado, construido e instalado en el observatorio un nuevo concepto de telescopio robótico a partir de un proyecto de colaboración entre el CD6 de la UPC y el DAA de la PUC. El telescopio incorpora varias novedades significativas, siendo la principal que se ha diseñado desde su origen para ser robótico. Asimismo, el telescopio incluye el uso de óptica adaptativa sin sensor para la estimación directa de aberraciones de la imagen, un nuevo concepto mecánico de menor coste que incluye un sistema patentado de compensación de flexiones y dilataciones en el telescopio, y un sistema software que permite el control remoto de la totalidad de los componentes optomecánicos y electrónicos del telescopio bajo cualquier plataforma. Los trabajos futuros perseguirán la explotación científica del telescopio, así como el interés de su aplicación en el mercado. De manera complementaria, se ha implementado una estrategia de difusión basada en un blog vinculado a la web del CD6 que genera comunicaciones en Twitter, para maximizar la difusión del proyecto [4].

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a ACCIÓ el proyecto VALTEC09-1-0063, y al MICINN los proyectos DPI2009-13379 y DPI2011-25525 que han financiado parcialmente este trabajo.

Bibliografía

- [1] V.Suc, S.Royo “sistema de compensació de aberracions òpticas en un telescopio” Patent P20100907 (2010), en extensió a PCT
- [2] V.Suc, S.Royo, A.Jordán “Using local entropy as a merit function in a sensorless AO arrangement” Proc SPIE **8449** 40.1 40.12 (2012)
- [3] <http://www.obs-sirene.com/>
- [4] <http://www.virtud.cd6.upc.edu/>