Puesta en marcha de un observatorio robótico en Valle Hurtado, Chile

Vincent Suc[1], Samuel Ropert[1], Andrés Jordán[1,2], Santiago Royo[1,3]

[1]Obstech Spa / Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de Astrofísica – Vicuña, Chile
[2]Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de Astrofísica – Vicuña, Chile
[3]Centro de Desarrollo de Sensores, Instrumentación y Sistemas – Universidad Politécnica de Cataluña

La robotización de pequeños telescopios, hasta diámetros de 1-2m, ha presentado tradicionalmente un gran número de problemas vinculados en especial a las actualizaciones, configuraciones, y limitaciones de contorno de los telescopios a robotizar. En el CD6, conjuntamente con ObsTech, una empresa hispano-chilena, hemos desarrollado un conjunto de sistemas hardware y de software de control que nos han permitido, por una parte, poner en marcha como robóticos un conjunto de telescopios de pequeño diámetro que ya habían sido desestimados para futuros upgrades a causa de la obsolescencia de sus sistemas de control, y de los problemas de actualización de sus periféricos. Desde ObsTech hemos realizado labores de actualización de telescopios decomisionados, robotizándolos para su uso en diferentes aplicaciones robóticas. El know-how generado nos ha permitido, en paralelo, instalar una granja de telescopios remotos en el desierto de Atacama que actualmente alberga 25 telescopios de usuarios remotos, lo que nos sitúa como el observatorio robótico más grande del mundo, Nuestros usuarios incluyen desde agencias estatales hasta astrónomos amateur, con uso desde la astrofotografía remota de los cielos australes (una APOD anual desde el inicio del proyecto), las aplicaciones fotométricas, especialmente en detección de exoplanetas, o el seguimiento satélites y de residuos en órbita terrestre. La ponencia explicará el estado actual del proyecto, y las oportunidades disponibles tanto referidas a robotización de telescopios actualmente desestimados para su uso profesional o académico, como al alojamiento de telescopios en el El Sauce, Atacama, Chile.

1. Antecedentes

La astronomía basada en tierra, y en particular la protagonizada por astrónomos amateurs usando telescopios de pequeño tamaño, con bajo coste y fácil construcción, siempre ha sido un banco de pruebas perfecto para aplicaciones de vanguardia mucho antes de que se propongan a la Astronomía científica de primera línea. Las dos razones principales para esto son la dificultad para obtener datos fiables de las observaciones debido a los numerosos factores externos que degradan la imagen, y la imposibilidad desde el punto de vista del astrónomo de tener algún tipo de interacción con aquello que está observando. Con respecto a otras ciencias, el astrónomo está limitado al no poder provocar ningún tipo de reacción en las estrellas que observa y, por lo tanto, se limita a deducir sus teorías a partir de observaciones completamente pasivas. Más allá de la naturaleza de la observación, de esto, la ruta desde los datos generados en la estrella y su análisis se ve afectada por un número prácticamente infinito de factores perturbadores, que comienzan con la dispersión esférica de la luz, y siguen, entre otros, con la absorción del polvo interestelar, la absorción atmosférica, la distorsión y la turbulencia de la atmósfera terrestre y las aberraciones ópticas del instrumento de observación.

Todos estos factores hacen que, por lo general, una señal extremadamente débil, afectada por un nivel de ruido significativo, se pueda detectar durante un tiempo limitado en condiciones adecuadas para hacerla útil. El tiempo de observación es también crítico en la astronomía basada en tierra, ya que, incluso cuando el evento no es transitorio, la mayoría de las observaciones están limitadas a horas nocturnas, cuando el objetivo está lo suficientemente alto sobre el horizonte, el brillo lunar es lo suficientemente bajo para que la señal sea visible sobre el fondo del cielo y así sucesivamente. El uso de tiempos de exposición largos (a menudo superiores a una noche, en determinados tipos de astrofotografía o de observaciones radiométricas) complica aún más la observación repetible de objetos de interés, en particular si se consideran observatorios robóticos.

Debido a la evolución constante de las tecnologías en el campo de la astronomía, ésta fue uno de los primeros campos en introducir material que no estaba popularizado en ese momento, como los CCD, internet, la óptica adaptativa, y en especial el control remoto y robótico de dispositivos. Estas ventajas, sin embargo, se convierten en complicaciones cada vez que una de estas nuevas tecnologías se incluye, ya que es necesario diseñar protocolos de software de acuerdo

con el software de cada época, cuyos formatos, entornos, sistemas operativos y lenguajes de programación son cambiantes. Luego, al popularizarse el uso de los nuevos dispositivos años después de la definición de sus protocolos, las mismas reglas de comunicación tienden a usarse para mantener la compatibilidad hacia atrás con los dispositivos antiguos, que progresivamente van quedando sin uso. Adicionalmente, las diferentes actualizaciones de software y hardware a diferentes niveles suponen una auténtica pesadilla para la ejecución de proyectos estables en el tiempo y fiables.

La situación descrita ha sido la razón por la que se creó ObsTech, una empresa de base tecnológica creada entre la Universidad Politécnica de Cataluña y la Pontificia Universidad Católica de Chile. En Obstech proponemos un nuevo concepto de observatorio robótico que entiende el observatorio como una entidad que debe funcionar armónicamente, y no como una lista separada de periféricos independientes. Describiremos la aplicación de este concepto en el campo de los telescopios robóticos, y su implementación en varios ejemplos de telescopios obsoletos, ahora actualizados y adaptados a la observación robótica, así como la puesta en marcha de un observatorio robótico en condiciones de visibilidad excepcionales en Valle Hurtado, en el desierto de Atacama, en Chile, que actualmente alberga 25 telescopios pero está preparado para albergar varios centenares, y que ha conseguido publicar 4 APODs en los últimos meses.

2. Robotización de telescopios descatalogados

La propuesta tecnológica de actualización de telescopios antiguos tiene mucho valor añadido. Existe una gran cantidad de telescopios de calidad, válidos para determinadas observaciones científicas tan actuales como la detección de exoplanetas por métodos radiométricos, que son retirados de primera línea operativa por la complejidad de actualizar sistemas hardware y software, funcionales pero antiguos [1]. Desde ObsTech se ha realizado un proceso de actualización de la tecnología de observación basado en cuatro puntos clave:

. 1) El desarrollo de nuevos sistemas de control de motores aprovechando las posibilidades de las novedades tecnológicas en motores, y una disposición optimizada de los encoders [1].

. 2) El desarrollo de modelos de apuntado (*pointing models*) que consideran tanto el estado del telescopio de apuntado como el de observación, es decir, el desarrollo de modelos de apuntado dobles para el autoguiado y la adquisición a ciegas (*blind acquisition*).

. 3) La creación de sistemas de óptica adaptativa sin sensor y autoenfoque para pequeños telescopios [2,3].

. 4) La generación de una capa de software superior a la de los dispositivos, una interfaz de usuario (*GUI)* independiente del lenguaje de programación y del nivel de actualización, que supone un nuevo entorno de visualización y control del telescopio que llamamos *CoolObs.*

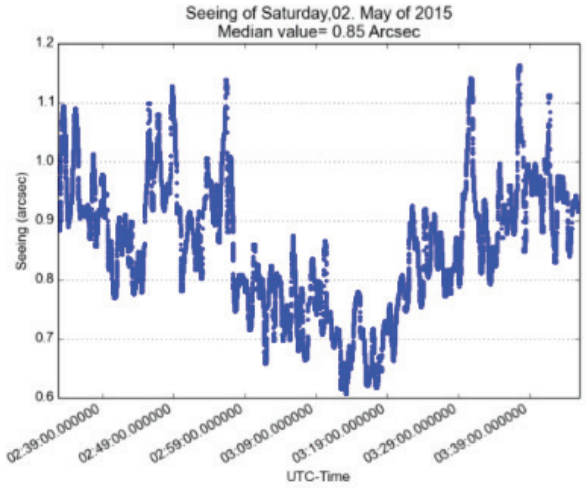
Todos estos desarrollos se han implementado en la actualidad en la robotización de diferentes telescopios de pequeño diámetro, que están produciendo un gran número de publicaciones científicas una vez actualizados. En particular, se han actualizado tres telescopios en Chile, todos ellos telescopios descatalogados que han recuperado su uso científico después de la intervención de ObsTech. En concreto, el telescopio de imagen de 40cm de la Pontificia Universidad Católica de Chile, actualmente recuperado para aplicaciones docentes robóticas; el telescopio ESO de 50cm con el espectrógrafo PUCHEROS, que de estar descatalogado ha pasado después de su actualización a obtener resultados científicos significativos; y el telescopio ESO de 1m [4], con el espectrógrafo FIDEOS de entrada doble, que hemos actualizado recientemente y también ha producido resultados científicos impactados [5]

3. Proyecto de observatorio robótico en Valle Hurtado

Todos el *know-how* acumulado en la construcción de los telescopios robóticos descritos más arriba abría una maravillosa oportunidad desde Chile, como es la construcción de un observatorio robótico para alojamiento de pequeños telescopios bajo una de los mejores cielos del mundo. Por ello, desde Obstech se han adquirido terrenos en Valle Hurtado, y se han acondicionado mediante instalaciones de placas solares y diferentes sistemas de conectividad entrelazados. Valle Hurtado se encuentra cerca de Oclaro, a seis horas de coche al norte de Santiago y a tan solo 40km de los observatorios Gemini South.

Las condiciones de observación son envidiables, con 320 noches claras de observación, a 1600m de altura, sin contaminación lumínica alguna (la ciudad más cercana está a 60km), 360 grados de campo de visión desde lo alto de la montaña, y unas condiciones de *seeing* por debajo de un arcosegundo en promedio. En cuanto a la seguridad de los equipos, se dispone de protección de los equipos 24/7, equipos de intervención de emergencia y una cámara *all-sky* en el lugar de observación para comprobar las condiciones atmosféricas antes de poner los telescopios en

operación. En cuanto a la conectividad, se dispone de 75Mbit/s simétricos, más una conexión 4G y un enlace de radio de 20Mb/s que se utilizan como backup, lo que permite la operación normal del conjunto de telescopios.



Condiciones de seeing estándar del observatorio de Valle Hurtado

En la actualidad, el observatorio está dando soporte a 25 telescopios de nacionalidades múltiples, de instituciones públicas y de particulares, que están ejecutando hasta 13 proyectos de investigación independientes. Actualmente estamos aceptando nuevos telescopios y planeando la adquisición de montañas vecinas. Obstech acoge y construye los edificios que acogen los telescopios, y da soporte a los usuarios en los procesos de importación y robotización de éstos.

Los resultados científicos no tienen límite. Como ejemplo mostramos la imagen obtenida por el equipo de Ciel Austral (www.cielaustral.com) con 115h de exposición en un TEC160 Refractor Paramount Mx utilizando una Cámara Moravian G4 16000 . En los últimos meses, cuatro Astronomy Pictures of the Day de la NASA se han tomado desde El Sauce por nuestros colaboradores de Chilescope.

4. Conclusiones y proyectos futuros

A partir de un largo proceso de desarrollo de ingeniería a lo largo de una Tesis doctoral desarrollada en España que incluye avances en algorítmica, óptica, mecánica, electrónica y software, y del elevado nivel de *know-how* alcanzado por ObsTech en la implementación práctica de diferentes proyectos de telescopios robóticos a partir de telescopios *decomissioned* en Chile pero perfectamente operativos una vez actualizados, actualmente ObsTech ofrece servicios de actualización de todo tipos de telescopios, de acuerdo con las necesidades del usuario. Adicionalmente, se ha instalado un observatorio robótico en Valle Hurtado, Chile, en condiciones de observación que permiten 320 noches d eobservación al año con menos de 1” de seeing , que actualmente acoge 25 telescopios de particulares y asociaciones científicas que desarrollan, en la actualidad, 13 proyectos diferentes de observación astronómica. En la actualidad, en Obstech estamos incorporando nuevos telescopios al proyecto y expandiendo las instalaciones disponibles.

Vista general del observatorio

Ejemplo de imagen obtenida desde El Sauce (http://www.cielaustral.com). Detalles de la observación en el texto.

REFERENCIAS

[1] Suc, V.,Ropert,S.,Jordan,A, Royo Royo,S. , 2018, Bringing old telescopes to a new robòtic life, in Rev. Mex. AA [ACCEPTED [2] Suc,V. "Design of a portable Observatory control System" PhD Dissertation, 2018, Universitat Politécnica de Cataluña.

[3] Royo, S.R. and Suc, V., Pontificia Universidad Catolica de Chile and Universitat Politecnica de Catalunya, 2016. Method and system for compensating optical aberrations in a telescope. U.S. Patent 9,300,851. [4] Suc, V., Royo, S., Jordan, A., Bakos, G. and Penev, K., 2012, September. One-shot focusing using the entropy as a merit function. In Modeling, Systems Engineering, and Project Management for Astronomy V (Vol. 8449, p. 844914).SPIE.

[5] Ropert, S., Suc, V., Jordan, A., Tala, M., Liedtke, P. and Royo, S., 2016, July. TCS and peripheral robotization and upgrade on the ESO 1-meter telescope at La Silla Observatory. In Advances in Optical and Mechanical Technologies for Telescopes and Instrumentation II (Vol. 9912, p. 99124W).SPIE.

[5] Galaz, G., Milovic, C., Suc, V., Busta, L., Lizana, G., Infante, L. and Royo, S., 2015. Deep optical images of Malin 1 reveal new features. The Astrophysical Journal Letters.