

ÓPTICA ADAPTATIVA

Diego Polo

Cuando miramos por un telescopio el cielo nocturno, ya sea por el mejor de los observatorios o por un refractor de 10000 ptas, no vemos exactamente lo que nos ofrece el espacio, no apreciamos las características exactas de cada uno de los astros a estudio, sino una imagen deformada por las turbulencias de la atmósfera terrestre.

Los cambios de temperatura, la humedad, el flujo de vapor de agua, la contaminación, las reflexiones y refracciones producidas por las distintas capas atmosféricas a diferentes longitudes de onda, éstos y muchos más son los factores que han traído de cabeza a los astrónomos desde hace mucho tiempo, factores que hasta no hace mucho no podían solventarse de otra forma más que lanzando un telescopio al espacio exterior, solución extremadamente cara, tanto en su proyecto como en su mantenimiento.

Hace unos 50 años que se comenzó a calibrar la posibilidad de proporcionar algún sistema a los telescopios terrestres que sea capaz de anular la respuesta frecuencial no deseada de la atmósfera. Algún método que se

adapte a las circunstancias y corrija la distorsión producida... y fue así como comenzó a desarrollarse la óptica adaptativa.

No cabe duda que la óptica es una ciencia con muchos años de experiencia, ha servido para corregir problemas de visión del ojo humano, ampliar imágenes a grandes y pequeñas distancias, generar juegos de lentes capaces de crear mil una posibilidades en el mundo del espectáculo, pero el problema estaba en que los fenómenos atmosféricos cambian muy rápidamente, y que estos cambios tenían que ser detectados y corregidos a una velocidad muy alta. Tenía que generarse una óptica que se adapte a un problema mutante, a unos cambios aleatorios, tenía que investigarse cuál era exactamente el efecto producido por la atmósfera y encontrar un sistema de óptica adaptativa capaz de solucionarlo.

Pasaron los años y los progresos fueron a más, se supo que la atmósfera desfasa los diferentes puntos del frente de ondas

esférico producido por un objeto radiante, de forma que distorsiona la forma lineal de la señal que llega a la Tierra. Al llegar al espejo cada uno de los rayos llega con una fase diferente, de forma

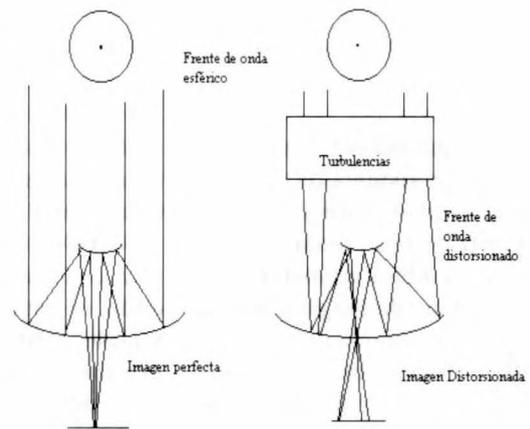


Figura 1

que produce una imagen múltiple que, a ojo humano, se caracteriza por una pequeña mancha borrosa cuando debería haber una fuente puntual.

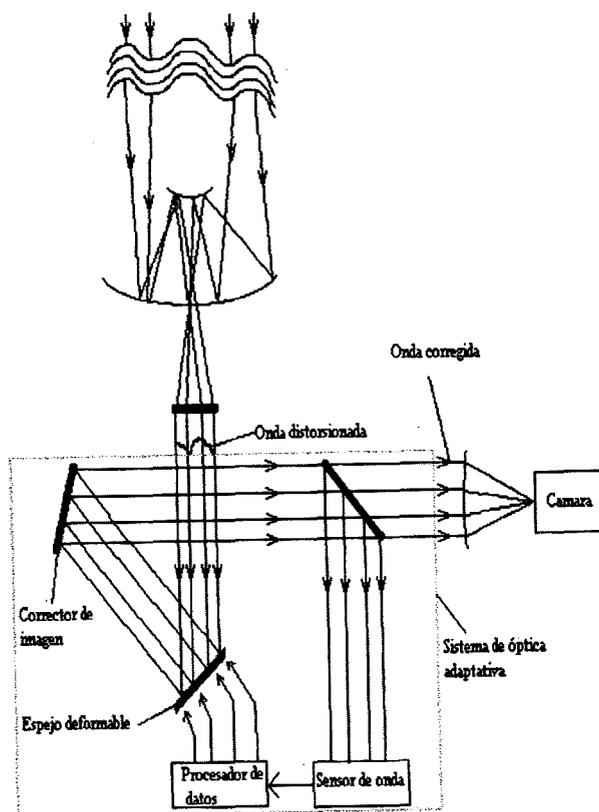
El esquema de la figura 1 muestra claramente el efecto explicado y el problema a tratar.

Si se conseguía que cada parte del espejo tomara una inclinación determinada que compensara el efecto de desfase, la imagen sería perfecta. Pero para ello se tenía que dividir la lente en pequeños paneles, y cada uno de

DIEGO POLO es estudiante de quinto en la E.T.S.E.T.B. y proyectista del Departamento de Física Aplicada de la UPC

Figura 2.-La óptica adaptativa puede compensar la distorsión de la luz emitida por las estrellas. Primero concentra la luz en un telescopio en un haz estrecho. Este haz de rayos llega a un espejo deformable y un segundo espejo se encarga de corregir el desfase producido por la atmósfera. El haz de rayos llega a un sensor de onda que puede medir el grado de desfase de cada componente, esta información dirige el movimiento del espejo deformable.

Finalmente, la imagen se guarda en una cámara para poder ser visualizada.



ellos tenía que moverse bajo las ordenes de un sistema de control de alta velocidad y precisión que fuese capaz de reaccionar a tiempo bajo los cambios atmosféricos.

El tamaño de los paneles, la velocidad del sistema de control, el proceso de adaptación basado en una realimentación de datos que autoconfigurara el próximo movimiento, la cantidad mínima de luz que debe llegar del espacio para que todo funcione con la normalidad... son muchos los aspectos a tratar cuando se trabaja en un diseño tan complejo como éste.

En la figura 2 se muestra un sistema completo de óptica adaptativa basado en espejos deformables capaces de corregir el desfase no deseado.

Los telescopios tienen definido un parámetro r_0 como aquel diámetro máximo del espejo antes de que la turbulencia aumente el desfase de la onda progresiva en un radián. Este parámetro puede llegar a los 20 cm en luz visible, y será el que imponga el ta-

maño de cada uno de los paneles con los que trabajaremos individualmente.

El valor de r_0 depende de la raíz cuadrada de la longitud de onda, en este caso suponemos luz visible, dado que es ahí donde estriba la mayor parte del problema de distorsión de imagen. En infrarrojos el problema es más sencillo de resolver, dado que r_0 aumenta con λ y el brillo requerido por una estrella guía decrece rápidamente con λ . Se entiende por estrella guía al objeto luminoso que enfocaremos con el espejo para tener una referencia de luminosidad, nuestro objeto de estudio debe estar a muy poca distancia de esta estrella para que podamos analizarlo. En infrarrojo, r_0 llega a valores de medio metro, con lo que el número de

paneles y, proporcionalmente, el número de actuadores sobre cada panel, disminuye considerablemente si lo comparamos con un sistema en luz visible.

En el espectro visible necesitamos una estrella de magnitud

10 para poder enfocar, y aunque hay muchas estrellas de esta magnitud en el cielo, no deja de ser una limitación en el estudio de determinados objetos. Es así como se barajó la posibilidad de crear estrellas guía desde la tierra gracias a efectos producidos por un rayo láser en

... tenía que investigarse cuál era exactamente el efecto producido por la atmósfera y encontrar un sistema de óptica adaptativa capaz de solucionarlo.

las partículas de la atmósfera.

La discusión llegó a un buen término, y se comprobó que, utilizando un haz de rayos láser, se podía iluminar la parte del cielo que nos interesara y utilizarlo

como referencia en nuestro telescopio.

De esta forma, pasando por los intentos de usar un cristal de óxido de silicio y bismuto capaz de ajustar la fase de la luz que pasa a través de él mediante un voltaje aplicado, propuesta fallida debido a la insuficiente cantidad de luz emitida por el cristal, o utilizar un espejo flexible hecho de una plancha aluminizada que reflectara la luz, pero que no se llevo a cabo debido a la inestabilidad del sistema, se optó por montar un cristal muy fino sobre una pieza de material piezoeléctrico ajustado con electro-dos. Este último método era capaz de proveer al sistema una tolerancia de 1/50 de micra, tolerancia necesaria para el proyecto llevado a cabo.

También el problema de medir la distorsión del frente de ondas fue solucionado con el diseño de una técnica que disminuía el tiempo de respuesta disponible en los sistemas de esa época (sobre 1970 se disponía de circuitos cuya respuesta circulaba sobre la centésima de segundo). El avance en los interferómetros permitió disponer de 10.000 medidas de frentes de onda por segundo.

Por último se trataba de encontrar un método rápido para sintetizar las medidas individuales de los frentes de onda de cada zona en un único mapa donde se pudiera estudiar un onda continua sobre la apertura óptica total. La tecnología analógica se impuso sobre la digital, y se implantaron unos actuadores bajo cada espejo deformable, generando una red de corrientes proporcional a la onda medida.

Todo este estudio fue avanzando a gran velocidad en los últimos 25 años, y se instaló en

algunos de los grandes observatorios. Es el caso del observatorio Keck, en Hawai, en cuyo diseño ha participado el profesor Josep Maria Fuertes i Armengol, de la facultad de informática de la UPC, encargado del sistema de control.

Actualmente se tiene en proyecto la construcción de un gran radiotelescopio en las Islas Canarias capaz de utilizar los avances más modernos en óptica adaptativa, así como sistemas computerizados capaces de dotar gran velocidad de proceso y precisión a los paneles.

La información sobre éstos sistemas es realmente amplia, dado que se trata de un tema con medio siglo de continua atención. Si a esto añadimos el obvio interés militar del tema, resulta un campo de rápida evolución, dado que se ha dispuesto de presupuesto para la investigación.

El recopilar esta información y ordenarla cronológicamente, así como profundizar en los aspectos más físicos y matemáticos, requiere tiempo y paciencia. Y es esa la primera parte del proyecto que estoy realizando.

Circulando entre las páginas de internet, así como estudiando los artículos publicados desde 1950 hasta ahora relacionados con el tema, es mi principal ocupación, tarea que será suplantada por otra de matiz más matemático. Ya sea la programación orientada a la simulación o la investigación en busca de mejoras del sistema.

Actualmente, Enrique García Berro, profesor de astronomía del departamento de física aplicada en la UPC, dirige mi proyecto, trabajando sobre información acumulada y en espera de obtener más datos sobre la construcción de sistemas ya realizados.

Para aquellos que quieran más información sobre óptica adaptativa, pueden dirigirse a las referencias que añado al final del artículo así como a la dirección de internet:

<http://www2.keck.hawaii.edu:3636/>, donde hay una serie de páginas, aún en preparación, con información acerca del observatorio Keck ya mencionado.

Bibliografía

LAIRDS A. THOMPSON. *Adaptiva Optics in Astronomy*. Physics Today. December 1994.

JOHN W. HARDLY. *Adaptive Optics*. Scientific American. June 1994.

Para más información se pueden consultar los siguientes e-mails:

sacton@keck.hawaii.edu

johng@keck.hawaii.edu

tgregory@keck.hawaii.edu

jmaute@keck.hawaii.edu

pstomski@keck.hawaii.edu

peterw@keck.hawaii.edu

Si se conseguía que cada parte del espejo tomara una inclinación determinada que compensara el efecto de desfase, la imagen sería perfecta

