

Medición de distancias mediante el uso de láser en robótica

La telemetría óptica aplicada a la robótica permite la medición de distancias de forma precisa, en entornos industriales de difícil acceso

RAÚL SUÁREZ FEIJÓO
Instituto de Cibernética (UPC-CSIC)

En los últimos años es notable el avance realizado en el campo de la automatización industrial, intentando automatizar totalmente tareas peligrosas para el operario o meramente de repetición mecánica, mientras se avanza en el concepto de celda de fabricación flexible. En este contexto, un elemento esencial es el llamado robot inteligente, es decir un robot capaz de resolver las tareas de forma apropiada en un entorno impreciso o incluso cambiante durante el desarrollo del trabajo. El punto clave del robot inteligente radica en la capacidad de captación de información sobre su entorno mediante sensores, y el posterior procesamiento de esta información para la toma de decisiones.

La visión por computador es uno de los campos en los que más se trabaja, pues puede proveer mucha y muy variada información del entorno de trabajo, de cualquier modo tiene todavía sus limitaciones, que son: la complejidad en el procesamiento de un gran volumen de información acarrea tiempos aún muy grandes para ciertos trabajos en línea; las condiciones de iluminación, a menudo difícilmente controlables en el entorno de trabajo, son vitales para la correcta captación de imágenes; y finalmente el problema de lograr información tridimensional a partir de imágenes bidimensionales trae aparejado gran complejidad e incrementa notablemente los dos problemas anteriores como sucede, por ejemplo, en visión estereoscópica.

Estas limitaciones de los sistemas de visión ha hecho que se tienda en muchos casos a su complementación, o incluso a su sustitución, por sistemas de medición de distancias, es decir telémetros (range-finders).

Los telémetros pueden basarse

en diferentes propiedades físicas, teniéndose telémetros magnéticos, acústicos y ópticos. Estos últimos son los que tienen más auge debido a los avances tecnológicos realizados sobre el láser.

La posibilidad de usar el láser ha sido uno de los puntos fuertes de los métodos ópticos activos de captación de información, es decir, aquellos que barren la escena con un haz de luz sobreimpuesto a la iluminación natural. Esto facilita notablemente el procesamiento de la información adquirida, y constituye además uno de los elementos básicos de funcionamiento de los telémetros ópticos.

A continuación se mencionan brevemente las principales ventajas por las que se está adoptando el láser como instrumento de medición, para describir luego los distintos métodos de medición existentes basados en su uso. De cada uno de los principios básicos expuestos se han llevado a cabo diferentes realizaciones, cubriendo una amplia gama de necesidades y aplicaciones. De hecho, la medición de distancias mediante el uso de láser se extiende mucho más allá del campo de la robótica, abarcando cuestiones tan diversas como medición de pequeñas deformaciones de sólidos sometidos a presiones para determinar esfuerzos o las mediciones que cotidianamente se realizan de la distancia entre la Tierra y la Luna que contribuyen a una determinación más precisa de la inclinación del eje de rotación de la Tierra. No obstante, los principios básicos de funcionamiento son similares.

Ventajas del uso del láser

El uso del láser presenta algunas ventajas sobre otras tecnologías y es por ello su creciente aplicación. Desde el punto de vista de propie-

dades físicas la monocromaticidad del haz láser (es decir, la emisión en una sola frecuencia) evita el riesgo de descomposiciones cromáticas por aberraciones de las lentes u otros dispositivos ópticos, y permite el uso de filtros que eliminen perturbaciones de luz ambiente. Un haz láser posee una alta directividad y muy baja dispersión, pudiéndose lograr puntos de luz muy precisos a grandes distancias. La profundidad de campo en el enfoque de un haz de láser es muy grande.

Desde el punto de vista de realizaciones prácticas presenta también algunas ventajas entre las que se destaca el hecho de realizar mediciones sin necesidad de contacto mecánico. La parte óptica del sistema es en general bastante simple debido a las características físicas mencionadas, y pueden lograrse medidas de mucha precisión a velocidades altas comparadas con otros métodos. La tecnología láser puede utilizarse para mediciones tanto de muy pequeñas dimensiones como de grandes distancias, y permite tomar medidas en sitios de difícil acceso y en entornos de trabajo sujetos a ruidos independientemente de gran cantidad de perturbaciones. Además, normalmente con sólo un dispositivo emisor, que en general es la parte más compleja, y varios receptores o un apropiado juego de espejos puede examinarse un objeto desde diferentes ángulos.

Aunque en los sistemas de medición se usan en general emisores de muy bajas potencias, a diferencia de tareas como soldadura o corte por láser, las medidas de seguridad no deben descuidarse, la incidencia de un haz láser en forma directa sobre el ojo humano puede producir daños irreversibles, pues a pesar de la potencia relativamente baja, la alta concentración

de energía en un punto muy pequeño de la retina produce graves quemaduras.

Telémetro por triangulación

Su principio de funcionamiento es el cálculo de la distancia a partir de relaciones geométricas y distancias conocidas. La configuración básica de este tipo de telémetro se muestra en la figura 1. Un emisor de láser (S) proyecta el haz sobre un espejo (M) que rota a velocidad angular w cumpliendo las siguientes condiciones: el eje de rotación está en la superficie del espejo, y el rayo incide sobre el eje de rotación de forma ortogonal. Bajo estas condiciones al girar el espejo el haz de luz que refleja barre con una

velocidad angular $2w$ un plano que denominaremos plano de medición.

Sobre este plano de medición se sitúa un fotodetector (D), capaz de generar una señal bien definida cada vez que un haz de luz cruza su punto sensible (N).

La distancia B entre el eje de rotación del espejo y el punto sensible del fotodetector se denomina línea base del telémetro.

Para el correcto enfoque del haz de luz sobre el detector se usa una lente (L). Esta lente debe girar alrededor del fotodetector de manera que su eje óptico se halle en el plano de medición y pase por el punto sensible N. El movimiento de la lente debe sincronizarse con el del espejo M, de tal forma que el ángu-

lo α entre la línea base y el rayo reflejado en el espejo sea igual al ángulo entre la línea base y el rayo incidente en el fotodetector, como se muestra en la figura 1b. Esta sincronización se logra posicionando inicialmente de forma adecuada la lente y haciéndola girar a velocidad angular $2w$.

Con estos elementos se pueden medir distancias R sobre un eje X , ortogonal a la línea base y que tiene el origen (O) en la intersección con su punto medio.

La forma de trabajo es la siguiente. Supongamos la existencia de un objeto (T) de reflectividad adecuada ubicado en el eje de medición; en estas condiciones el fotodetector generará dos señales de detección de luz por cada giro del espejo. La primera ocurre cuando el rayo reflejado en el espejo incide directamente sobre la lente recorriendo la línea base, es decir cuando $\alpha = 0$ (ver fig. 1a). La segunda detección ocurre cuando el haz reflejado en el espejo ilumina el objeto en su intersección con el eje de medición (ver fig. 1b). En este caso el haz reflejado en el objeto coincide también con el eje óptico de la lente que lo proyecta sobre el punto sensible del detector. Éste es el momento de la triangulación propiamente dicha, y debe destacarse que el objeto al que se mide la distancia no necesariamente debe ser especular, basta con que refleje la energía suficiente para excitar el fotodetector.

En el momento de la triangulación se cumple que

$$\tan \alpha = \frac{R}{B/2} \quad (1)$$

por lo que la distancia R que se desea conocer puede expresarse como

$$R = \frac{B}{2} \tan \alpha \quad (2)$$

De esta forma conocida la longitud de la línea base y midiendo el ángulo α ya se podría calcular R . No obstante, se puede evitar una medición explícita del ángulo α ; dado que la velocidad de giro del espejo y de la lente son constantes, α es directamente proporcional al tiempo T_A existente entre las dos excitaciones del fotodetector y puede expresarse como una fracción del tiempo T_C que tarda el espejo en realizar una vuelta completa. La relación temporal entre las dos excitaciones del fotodetector se ilustra en la figura 2. Entonces,

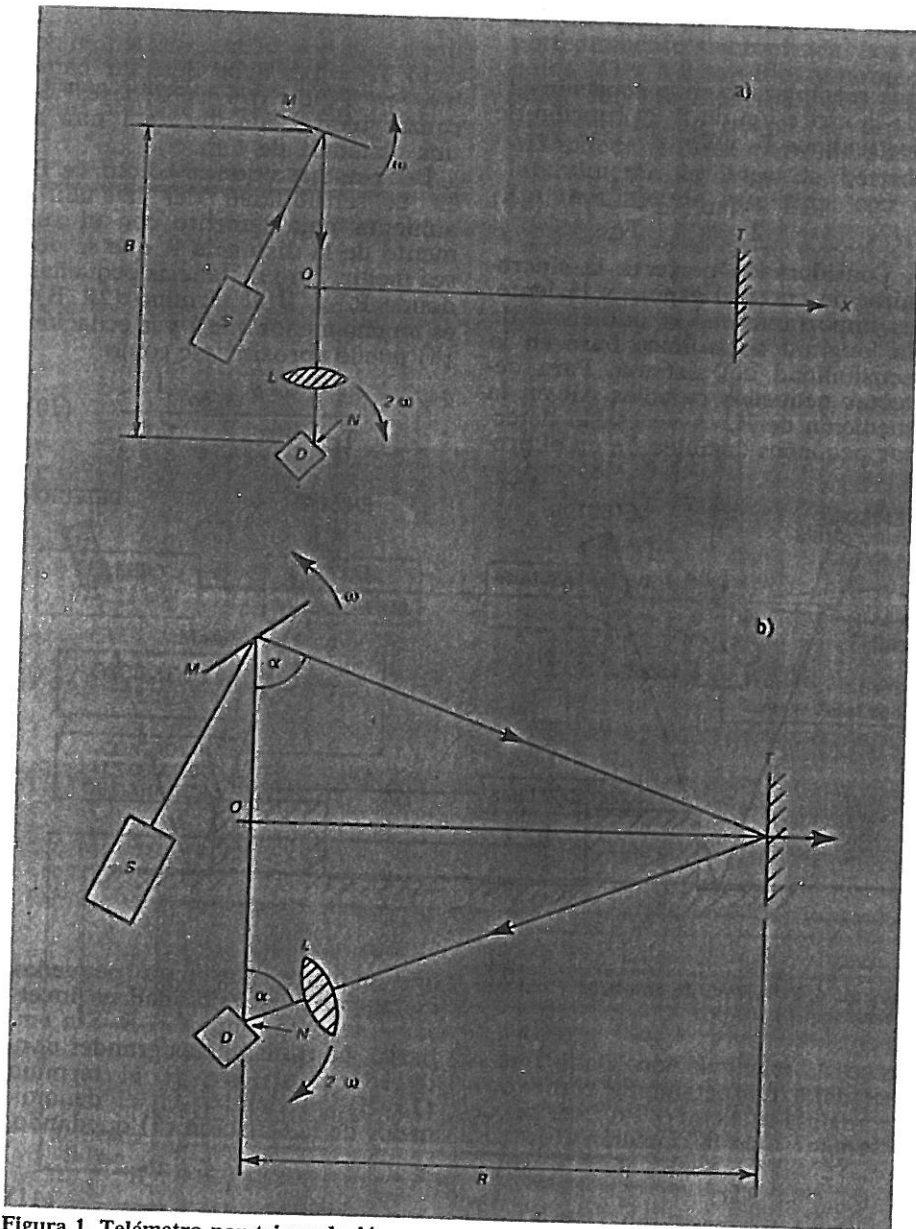


Figura 1. Telémetro por triangulación.

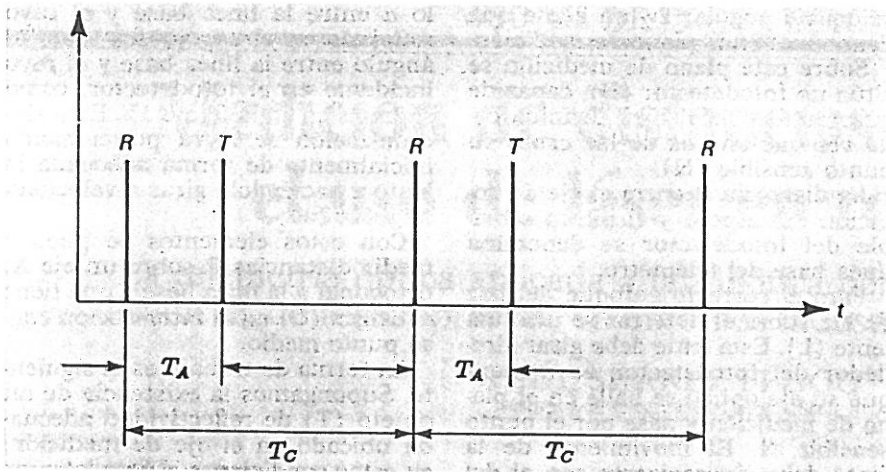


Figura 2. Relación temporal entre las excitaciones del fotodetector debidas al haz de referencia (R) y al haz reflejado en el objeto (T).

$$w = \frac{2\pi}{T_C} \quad (3)$$

y

$$\alpha = 2wT_A \quad (4)$$

el factor 2 en la expresión (4) es debido al hecho, ya mencionado, de que el rayo reflejado en el espejo barre el plano de medición a una velocidad $2w$. De las dos ecuaciones anteriores se obtiene

$$\alpha = 2\pi \frac{2T_A}{T_C} = 4\pi \frac{T_A}{T_C} \quad (5)$$

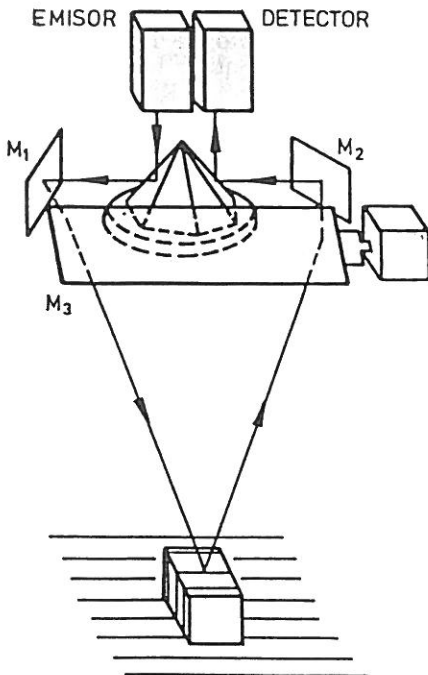


Figura 3. Telémetro por triangulación autostereoscópico.

que reemplazado en la ecuación (2) da la expresión de R en función de los tiempos T_A y T_C ,

$$R = \frac{B}{2} \tan\left(4\pi \frac{T_A}{T_C}\right) \quad (6)$$

Considerando perfecta la sincronización entre el espejo y la lente, es importante ver la influencia de la longitud de la línea base en la sensibilidad del sistema. Para detectar pequeños cambios ΔR en la medición de R , es necesario detectar pequeños cambios $\Delta\alpha$ en el pro-

y diferenciando con respecto a R se tiene,

$$\frac{dT_A}{dR} = \frac{T_C}{2\pi B} \frac{1}{1 + \left(\frac{2R}{B}\right)^2} \quad (8)$$

que reordenando y poniendo en forma de incrementos finitos resulta

$$\frac{\Delta T_A}{T_C} = \frac{1}{2\pi B} \frac{1}{1 + \left(\frac{2R}{B}\right)^2} \Delta R \quad (9)$$

Esta ecuación da, en términos de fracción del tiempo del ciclo T_C , la resolución de tiempo ΔT_A que es necesaria para medir un cambio ΔR a una distancia R , dada una línea base de longitud B . Por ejemplo, un telémetro que tenga una línea base $B = 5$ cm y un tiempo de ciclo $T_C = 1$ s debe detectar cambios en T_A de $1,98 \mu s$ si desea alcanzar una resolución de 1 mm a una distancia de 1 m.

Debe notarse que el efecto de B en la sensibilidad del telémetro aumenta notablemente con el aumento de la distancia R que se desea medir. Para distancias pequeñas donde $R \ll B$ el término $(2R/B)^2$ es mucho menor que 1 y la ecuación (8) puede aproximarse como

$$\frac{1}{T_C} \frac{dT_A}{dR} = \frac{1}{2\pi B} \quad (10)$$

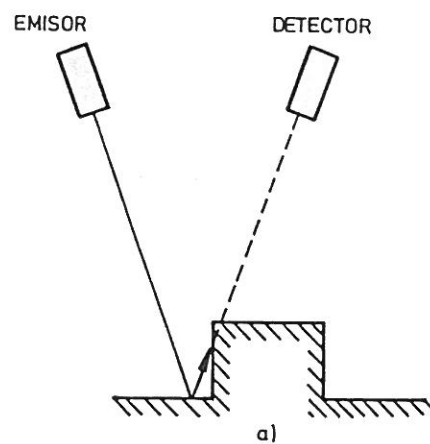


Figura 4. Problema de sombras y oclusiones.

ceso de triangulación. Dado que α se mide indirectamente como proporcional al tiempo T_A , éste puede despreciarse de la ecuación (6),

$$T_A = \frac{T_C}{4\pi} \arctan\left(\frac{2R}{B}\right) \quad (7)$$

que muestra que para pequeñas distancias la sensibilidad es inversamente proporcional a B . Sin embargo, para distancias grandes donde se cumpla $R \gg B$, el término $(2R/B)^2$ predomina en el denominador de la ecuación (8) quedando,

$$\frac{1}{T_C} \frac{dT_A}{dR} = \frac{B}{4\pi R^2} \quad (11)$$

donde se ve que la sensibilidad es ahora proporcional a B, aunque paralelamente es disminuida por el término R^2 .

Numerosos son los dispositivos

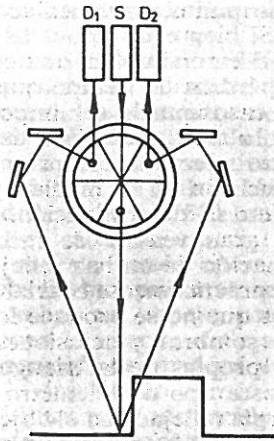


Figura 5. Reducción del problema de sombras mediante el uso de dos detectores.

Figura 6. Telémetro de medición de fase.

construidos en base a la triangulación básica expuesta y que aportan diferentes ideas. Así, con una geometría y óptica ligeramente más complicada, el eje de medición X puede hacerse rotar respecto al origen, lo que permite medir distancias en direcciones no necesariamente normales a la línea base.

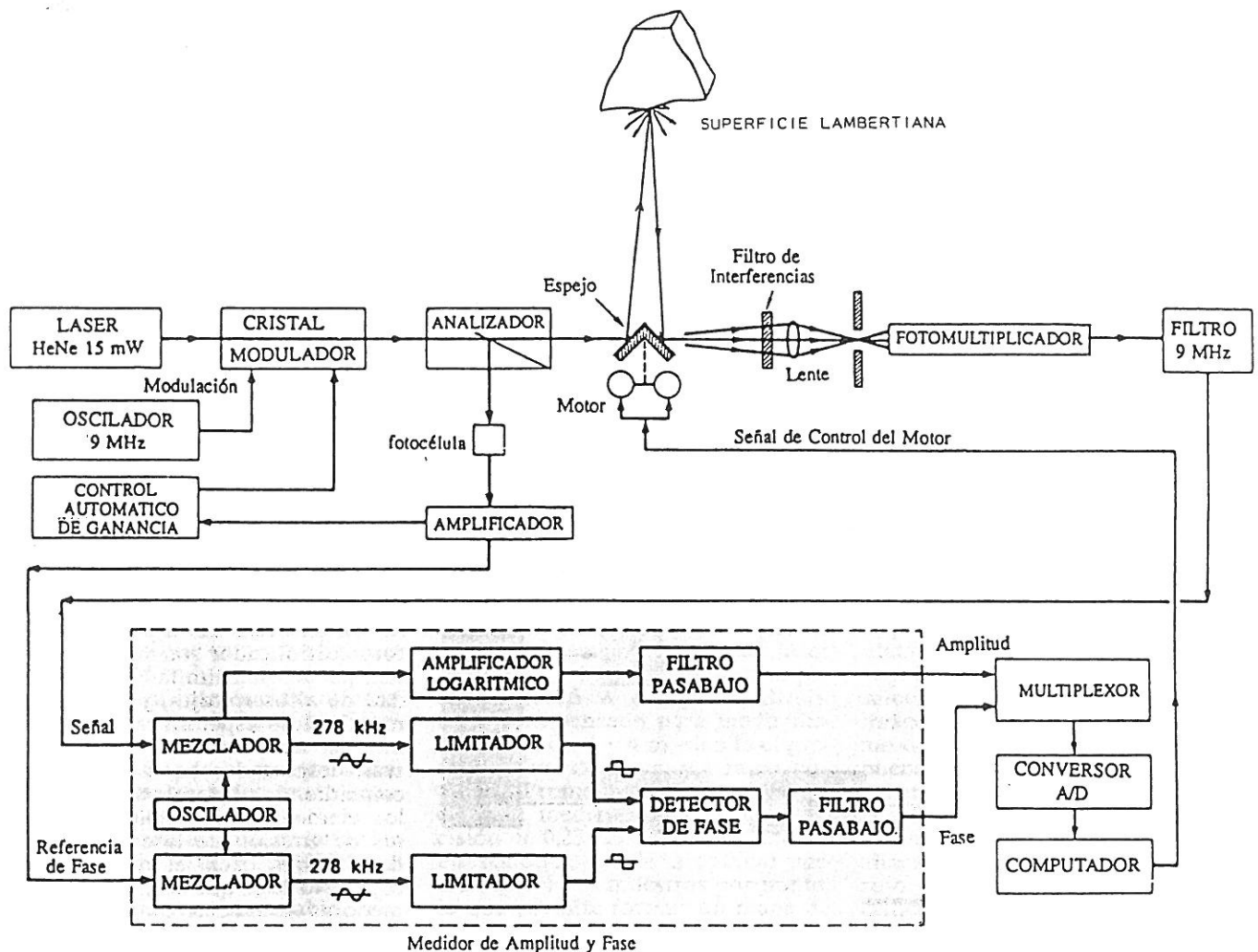
El inconveniente de sincronizar perfectamente los dos mecanismos rotatorios (espejo M y lente L) puede salvarse con un dispositivo como el mostrado en la figura 3, en el que es necesario un único elemento giratorio. El emisor del haz láser apunta hacia un espejo rotatorio de forma poligonal o piramidal, de manera que mientras una cara refleja el rayo emitido, la cara opuesta recoge el rayo reflejado en la superficie del objeto de forma perfectamente sincronizada. Los espejos M1 y M2 son fijos y no necesitan ser movidos más que para una calibración inicial. El espejo M3 puede girarse para desplazar lateralmente la línea de barrido. Un montaje de este tipo, con el

espejo capaz de girar a 300 rps sin problemas de sincronización, permite además mejorar la velocidad de medición.

Una desventaja del método de triangulación es que existe la posibilidad de que se produzcan efectos de sombras y oclusiones entre partes, debido a que puede haber zonas factibles de ser iluminadas por el láser pero no captadas por el detector y viceversa. La figura 4 ejemplifica el problema, mostrando cómo pueden existir partes del objeto que desaparezcan para el sensor. Una primera solución al problema es realizar una doble triangulación según diferentes direcciones, como se muestra en la figura 5; esto permite la inspección de bordes, pero el problema subsiste cuando se trata de ranuras o agujeros de pequeño diámetro.

Telémetro de medición de fase

La figura 6 muestra un diagrama de bloques de un telémetro de medición de fase construido en la Universidad de Stanford.



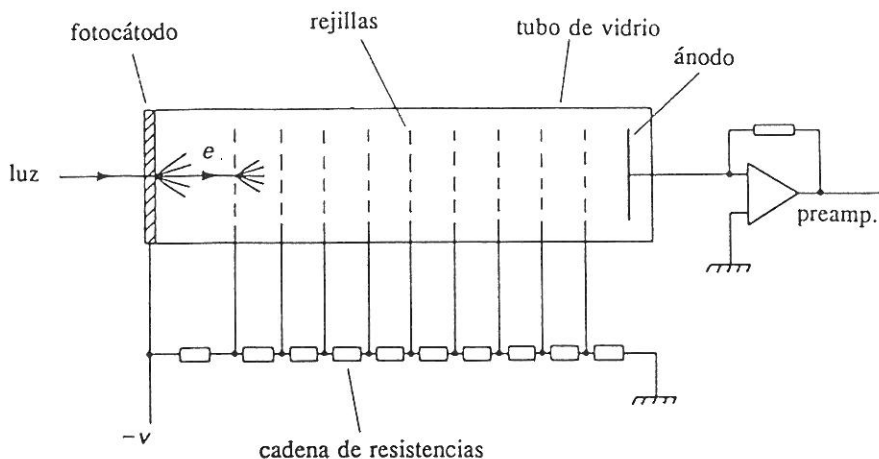


Figura 7. Esquema de un fotomultiplicador.

Un oscilador de 9 MHz genera la señal con que se modula un láser de He-Ne de longitud de onda $\lambda = 632,8$ nm de 15 mW de potencia. El haz modulado incide sobre un espejo rotatorio que hace que el rayo reflejado en él barra el objeto al que se desea medir distancias. Simultáneamente recoge, según se ve en la figura, la energía reflejada en forma coaxial, asumiendo que el objeto tiene superficies lambertianas. (Superficie lambertiana es aquella en que la energía reflejada en una dirección es directamente proporcional al coseno del ángulo entre ésta y la normal a la superficie.) El haz reflejado se hace pasar entonces por un filtro que elimina posibles interferencias y perturbaciones de la luz ambiente, e incide luego sobre un fotodetector. La señal que éste genera se pasa por un filtro con banda pasante centrada en 9 MHz, para finalmente ser tratada en un analizador de fase y amplitud, que usa el rayo modulado original como referencia.

La distancia recorrida se obtiene a partir del corrimiento de fase detectado y, conocida ésta, de la cantidad de energía reflejada puede obtenerse información acerca de la orientación del objeto.

Para la frecuencia de modulación usada se pueden detectar corrimientos de fase de hasta $0,1^\circ$, lo que implica una precisión en la medida de la distancia de 0,5 cm. No obstante, este valor empeora cuando la intensidad del haz reflejado por el objeto es muy pequeña. Se puede llegar a los 90 dB de atenuación debido solamente a tres causas insalvables: la intensidad del haz reflejado disminuye con el cuadrado de la distancia recorrida, el objeto no refleja toda la energía incidente y la dirección de observación puede formar un ángulo muy grande con la normal a la superficie. Si además se consideran las pérdidas que pueda tener el sistema y que los generadores de láser usados son de baja potencia, la relación señal/ruido puede ser muy baja en algunos

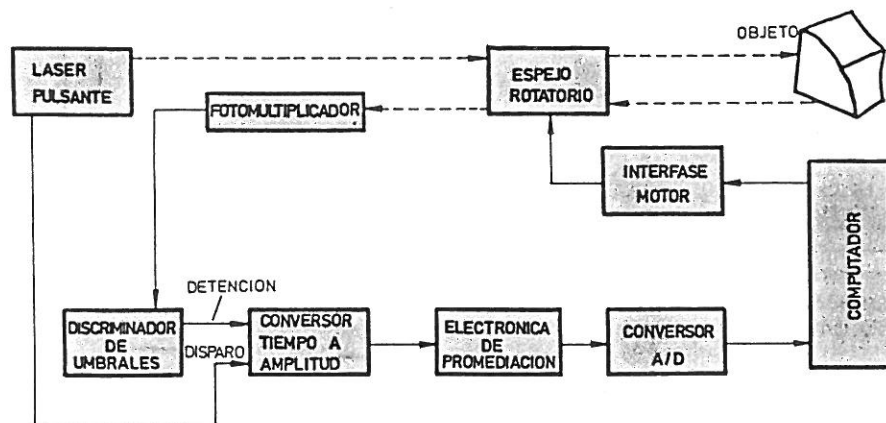


Figura 8. Telémetro de medición del «tiempo-de-viaje».

casos. Una manera de aumentar la relación señal/ruido es aumentando la potencia de la fuente de láser, pero esto incrementa el riesgo en su uso. En la práctica lo que se hace es realizar varias mediciones en cada punto y promediar los valores. Si bien esto reduce la dispersión del error implica una considerable pérdida de tiempo que en algunos casos puede ser importante. Según la tarea a realizar debe elegirse un adecuado compromiso entre precisión en la medida y velocidad en su determinación.

Una gran ventaja de recoger la información de un haz reflejado en forma prácticamente coaxial al emitido, es que no se produce los efectos de sombras y oclusiones entre partes propias de la triangulación.

En este tipo de telémetro donde la energía reflejada en el objeto puede ser muy pequeña, el detector más comúnmente usado es el fotomultiplicador. Este dispositivo, ilustrado esquemáticamente en la figura 7, consiste en un tubo de vidrio al vacío, con un extremo cubierto de material fotoeléctrico (cátodo), una serie de rejillas intermedias a diferentes potenciales y una placa que opera como ánodo. El material fotoeléctrico emite electrones cuando la luz incide sobre él. Estos electrones se aceleran hacia la primera rejilla debido a la diferencia de potencial, al chocar contra ella se desprenden más electrones que son acelerados hacia la rejilla siguiente, y así el proceso se va repitiendo hasta llegar al ánodo. Dependiendo del número de rejillas y de la diferencia de potencial entre ellas, pueden llegar al ánodo entre 10^4 y 10^8 electrones por cada fotón incidente en el cátodo. Esto permite muy altas ganancias prácticamente sin problemas de ruido electrónico (como sucede en los preamplificadores de los circuitos con fotodiodos). Además esta ganancia cubre un ancho de banda muy grande, lo que permite obtener señales de gran amplitud aun ante cambios muy rápidos de la intensidad de la luz de entrada. Las desventajas del fotomultiplicador son su fragilidad, tiempo de vida limitado, la necesidad de altos voltajes, y que las características espectrales de los elementos del fotocátodo se encuentran desplazadas hacia el azul, no coincidiendo plenamente con las de los elementos más típicos y baratos de emisión de láser que están desplazados hacia el rojo e infrarrojo, esto hace que sean usados con menores ganancias que las potencialmente posibles.

Telómetro de medición del «tiempo-de-viaje»

Como su nombre lo indica, el principio de funcionamiento de este tipo de telómetro está basado en la medición explícita del tiempo que tarda un pulso de láser en ir y volver hasta un objeto.

La figura 8 muestra un diagrama de bloques de un telómetro básico de este tipo. Un generador de láser de estado sólido controlado por un reloj de 10 KHz se usa como emisor de un tren de pulsos láser de longitud de onda $\lambda = 840 \text{ nm}$, y un fotomultiplicador de especial sensibilidad en esta banda opera como receptor. El haz pulsante se hace incidir sobre un espejo rotatorio que recoge la energía reflejada en forma coaxial, de manera equivalente a la descrita en el método anterior. El haz reflejado incide luego en el fotomultiplicador cuya salida va a un discriminador de umbrales. Éste produce una señal cuando el pulso de entrada supera cierto umbral. La elección de este umbral es crítica, pero su existencia asegura la uniformidad de la señal, independientemente de la intensidad máxima que alcance el pulso de luz recibido, que como ya se dijo, puede variar dentro de un rango muy amplio (el asa de la hélice de una turbina, por ejemplo, produce diferencias de intensidad de hasta 100.000 a 1). El tiempo transcurrido entre la emisión de cada pulso de láser y la señal del discriminador de umbrales es una indicación directa de la distancia recorrida por el haz láser. Para el procesamiento de este tiempo se usa un conversor de tiempos a pulsos modulados en amplitud. Este elemento genera pulsos de duración constante y relativamente anchos, del orden de $2 \mu\text{s}$, y de amplitud proporcional al tiempo entre dos señales de entrada. La primera (o de disparo) procede directamente del generador de láser pulsante y es emitida simultáneamente con cada pulso, la segunda (o de detención) es la señal de salida del discriminador de umbrales. El tren de pulsos modulados en amplitud se promedia electrónicamente y luego la media se digitaliza para introducirla al computador de control. Tanto el discriminador de umbrales como el conversor de tiempos a pulsos modulados en amplitud son instrumentos comerciales.

Igual que en el caso anterior, la necesidad de repetir medidas en cada punto y luego promediarlas para obtener una aceptable relación señal/ruido reduce la veloci-

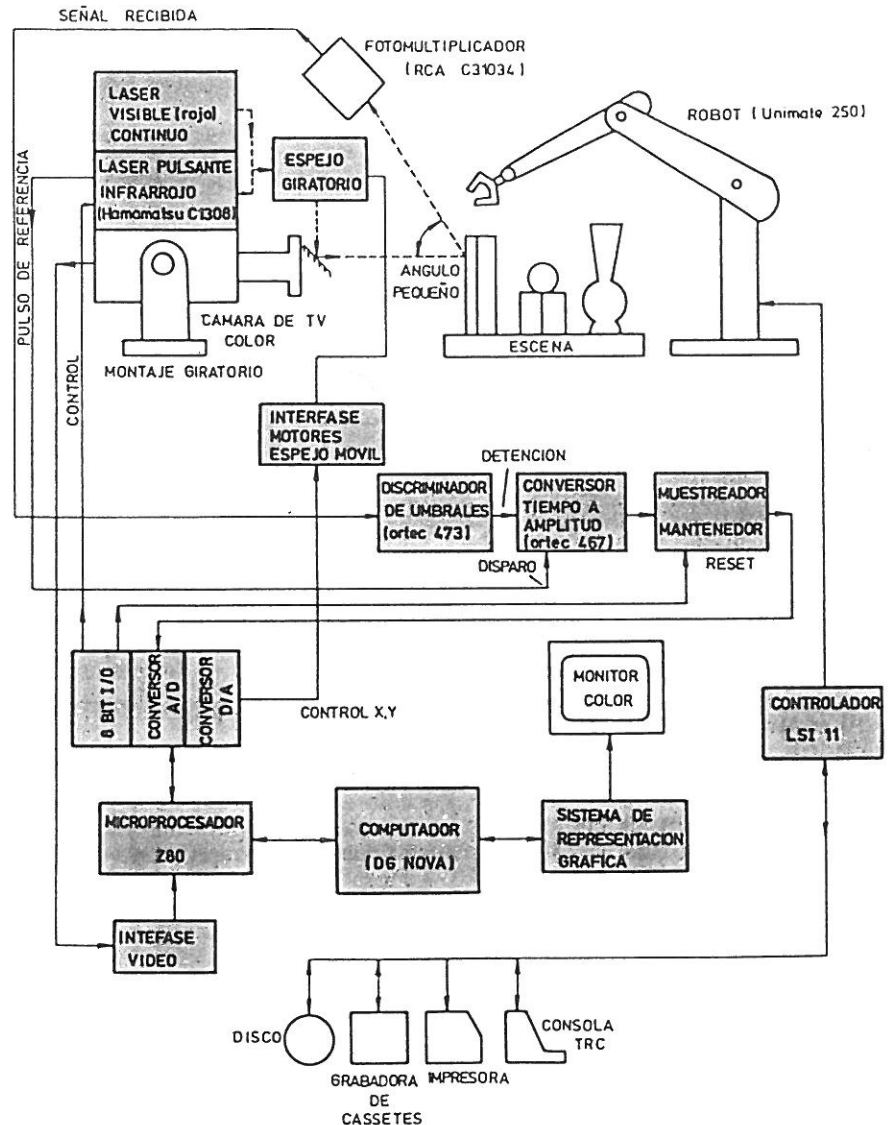


Figura 9. Realización de un telómetro de medición del «tiempo-de-viaje».

dad a la que se pueden realizar mapas de distancias. No obstante, se logran mejores tiempos con este método que con el de medición de fase.

En la figura 9 se muestra el diagrama de bloques de un telómetro de este tipo realizado en la Universidad Nacional de Australia. En él se usa un emisor de pulsos láser de 100 ps a 10 KHz y con una potencia de $2,5 \text{ W}$ por pulso. El sistema está pensado para medir distancias entre 1 y 4 m , siendo el grosor del haz de 3 mm a 1 m de distancia. Promediando 100 muestras de cada medida se logra una precisión de $0,25 \text{ cm}$. Para aplicaciones en robótica puede aceptarse medias de sólo 10 muestras por punto, lo que permite formar un mapa de 64×64 puntos, de una escena in-

cluida en un cubo imaginario de 32 cm de lado a 4 m de distancia, en 4 s . Éste es un tiempo aceptable para usar esta información como complemento en el procesamiento de imágenes en color captadas por una cámara de TV. La limitación en el tamaño de la escena es debida a que para cubrir 32 cm a 4 m de distancia el espejo debe rotar un ángulo muy pequeño, ganándose en velocidad, y simultáneamente las imágenes pueden considerarse como de proyección paralela con muy buena aproximación.

Para facilitar la combinación de la información de distancia con las imágenes registradas por TV, se alinea con el láser pulsante infrarrojo otro haz láser de baja potencia, continuo, y de longitud de onda en el espectro visible (rojo). De

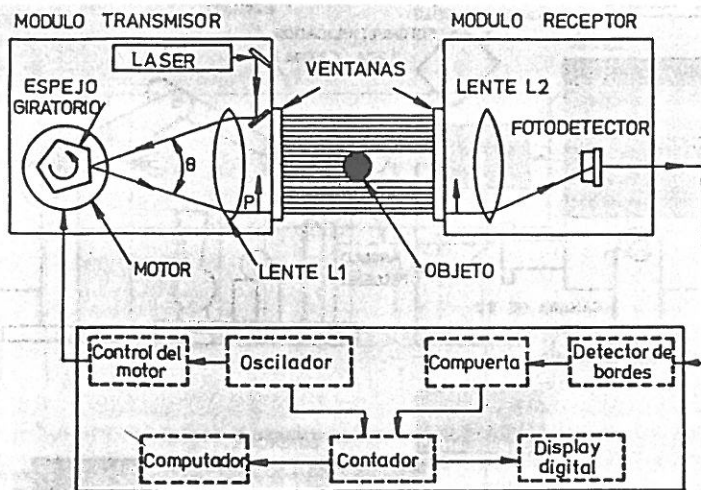


Figura 10. Medición de dimensiones por interrupción de un haz.

esta manera se tiene una marca en la imagen de TV indicando el punto donde el telémetro ha medido la distancia.

El control de posición del espejo giratorio, la iniciación de la emisión de pulsos láser y el control del muestreador y conversor A/D, está a cargo de un sistema basado en un microprocesador Z80. Este deja los resultados en un bloque de memoria que puede ser consultado por el computador principal como memoria RAM auxiliar. La velocidad de transferencia de información entre el Z80 y el computador principal alcanza los 100 Kbytes/s.

Medición de dimensiones por interrupción de un haz

Este método es particularmente útil para medir dimensiones de pequeños objetos. En este tipo de mediciones es común usar cámaras vectoriales de estado sólido, que tienen como valor típico máximo 2048 elementos. La ventaja del uso del láser es que pueden lograrse vectores de hasta 16000 puntos para condiciones similares.

En la figura 10 se muestra el esquema básico de este sistema. Como en métodos anteriores, una fuente de láser genera un haz que mediante espejos fijos se hace incidir sobre uno giratorio, que es el encargado de generar el barrido del haz sobre la lente L1. Esta lente debe ser de diseño especial, de manera que el rayo que emerge de ella recorra la zona de exploración a velocidad constante cuando el rayo reflejado en el espejo giratorio barra el ángulo θ a velocidad angular constante, matemáticamente puede expresarse como

$$p = K \cdot \theta \quad (12)$$

y por tanto

$$\frac{dp}{dt} = K \cdot \frac{d\theta}{dt} \quad (13)$$

El rayo de luz barre la zona de exploración y es recogido en el módulo receptor por una lente enfocada en un fotodetector. La señal generada por el fotodetector tendrá una variación de nivel mientras dura la oclusión del haz por el objeto a medir. La dimensión del objeto está en relación directa con el tiempo que dura esta oclusión. Para una correcta medición de este tiempo, independientemente de la intensidad y grosor del haz y de la posible dispersión que éste pudiera tener, la señal de intensidad generada por el fotodetector se deriva dos veces, obteniéndose las señales mostradas en la figura 11. El punto exacto en

que el centro del haz de luz coincide con el borde del objeto está dado por los puntos en que la intensidad vale la mitad del valor máximo $I/2$ (fig. 11a), y se detecta fácilmente buscando los cruces por cero de la derivada segunda (fig. 11c), bajo la condición de que la derivada primera supere cierto umbral (línea de puntos en la figura 11b).

Con un espejo de 5 caras girando a 1.800 rpm se pueden lograr 150 mediciones por segundo. La precisión depende de las características particulares de cada instrumento, siendo para un dispositivo típico del orden de 0.25 mm en una medida de 5 cm.

Otras cualidades de este método son su gran flexibilidad y modularidad, la medición es independiente de la posición del objeto (siempre que se encuentre en el campo de exploración), y la sensibilidad a perturbaciones externas es baja.

Si no se desean máximas precisiones, y dado que el haz de láser admite una gran profundidad de campo de enfoque, el sistema puede usarse para la medición de objetos relativamente grandes.

Se han descrito los cuatro métodos básicos de toma de medidas mediante el uso de láser de aplicación en robótica. El más difundido es el de triangulación, debido a su menor costo. Los métodos de medición de corrimiento de fase y de «tiempo-de-viaje» incrementarán su precisión cuando los avances tecnológicos en electrónica permitan la detección de tiempos más pequeños. El método de medición de dimensiones por interrupción de un haz tiene un uso conceptualmente diferente a los anteriores, pues si bien es bastante preciso sólo per-

(pasa a la página 61)

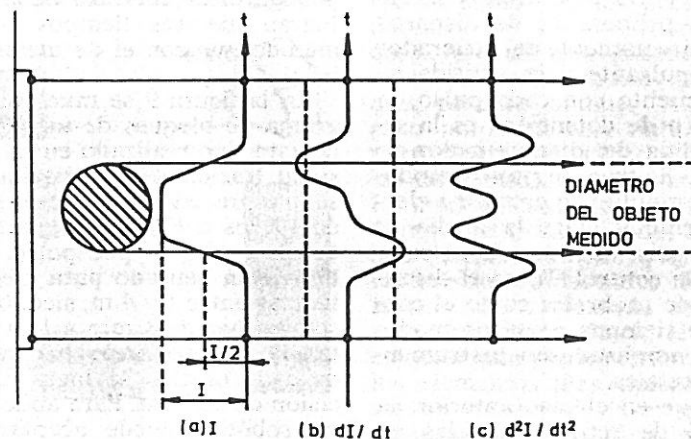


Figura 11. Detección de bordes a partir de la intensidad de la señal recibida y de sus derivadas.

desarrollo. Así es posible, no solamente una detención provisional al reconocerse el fallo, sino también, dentro de ciertos límites, una eliminación automática del mismo y una estrategia del error.

Aplicaciones del robot de montaje realizadas para el equipamiento

Disponemos de células de montaje en la que también pueden equiparse elementos de construcción estándar. El robot está provisto de un sistema de cambio de pinzas y puede equipar una serie de elementos de construcción diferentes. La amplia periferia permite la preparación de un gran espectro de elementos de construcción.

Debido a la gran exactitud del robot de montaje y al gran rigor de las tolerancias de los elementos de construcción y su predisposición, ha podido prescindirse de sensores.

Aplicamos soluciones con estaciones de equipamiento para elementos de construcción especiales que pueden aportarse en almacenes de cámaras. Debido al reducido número de elementos de construcción diferentes que se equipan, en algunos casos no se ha empleado una herramienta de doblar programable en una mesa x-y, sino ángulo fijo de curvar. Con tan sencillo método se doblan las patillas de los elementos de construcción durante el proceso de ensamblaje (doblado pasivo). Esto sólo es posible con patillas relativamente blandas, de lo contrario la fuerza de unión sería alta.

Tenemos desarrollados sistemas comerciales para el equipamiento de elementos de construcción especiales. El robot de montaje empleado se creó especialmente para este cometido y dispone de un eje manual adicional para poder sujetar elementos de almacenes de cámaras dispuestos oblicuamente.

Procesadores adicionales aseguran la transformación de las coordenadas al ritmo del circuito de dosificación de componentes, lográndose con ello una elevada fidelidad de posicionamiento sobre la pista de circuito impreso. El sistema multiprocesador-multitarea garantiza un elevado rendimiento.

Transmisión rápida de datos y programación sencilla

La transmisión de información a través del programa BABNET a ordenadores subordinados se realiza a una velocidad de 187,5 Kbaudios. Con el lenguaje BAPS puede programarse en texto claro en alemán, inglés, francés e italiano. Como es

Cuadro 1. Descripción y características técnicas de la unidad central «rho 2»

<i>La solución rentable y futurista</i>	
— 5 ejes	
— 64 entradas SPS paralelo (opción)	
— 40 salidas	
— Memoria de usuario: 512 KBytes	
— Procesador de comunicación	
<i>Acoplamiento SPS para una amplia periferia</i>	
— 8 ejes	
— Memoria de usuario: 128 KBytes	
— Acoplamiento a CL300, PC400, PC600	
100 salidas de usuario	
100 entradas de usuario	
<i>Datos técnicos</i>	
— Sistemas de medida:	Emisor incremental o absoluto Separador/Separador-Ex. Potenciómetro
— Definición	0,01 mm/0 01 grados
— Entradas estándar	64
— Salidas estándar	40
— Señales máximas de usuario: (con acoplamiento SPS)	100 entradas 100 salidas 199/512 KBytes

natural, indistintamente On o off-line. Los programas IRDATA se transmiten y ejecutan directamente. A través de los puntos de corte seriados del procesador de comunicaciones, se enlaza la unidad central «rho 2» (ver cuadro 1) con sensores inteligentes como, por ejemplo, sistemas de visión. Y para mayor seguridad, se pueden probar

cómodamente los programas con y sin movimiento del robot.

Puntos claves de aplicación son la soldadura de bandas, revestimiento, desbarbado, montaje de mazos de cable, dotación de placas de C.I., carga/descarga de máquinas, montaje, paletización, soldadura por puntos, corte al chorro de agua, etc. □

Medición de distancias

(viene de la página 48)

mite medir el ancho total de un objeto (aunque haciéndolo rotar se puede lograr una característica de identificación), y no permite hacer mapas de distancias de un entorno de trabajo o de la superficie 3-D de un objeto.

Las aplicaciones dentro del campo de la robótica de estos métodos de medición son numerosas y pueden dividirse en los siguientes grupos: detección de obstáculos para robots móviles, análisis del entorno de trabajo para robots fijos, reconocimiento de objetos e inspección de acabados.

La utilización del láser en los instrumentos de medida está aumentando debido a los avances tecnológicos, que permiten un aprovechamiento cada vez más cómodo y eficaz de las ventajas que presenta.

Bibliografía

Alan Pugh (Ed.), «Robot Sensors — Vol. 1 — Vision», IFS (Publications) Ltd., 1986.

B. Batchelor, D. Hill y D. Hodgson (Ed.), «Automated Visual Inspection», IFS (Publications) Ltd., 1986.

S. Y. Nof (Ed.), «Handbook of Industrial Robotics», John Wiley & Sons, 1985.

R. A. Lewis y A. R. Johnston, «A Scanning Laser Rangefinder for a Robotic Vehicle», Proceeding of 5th IJCAL, 1977.

R. A. Jarvis, «A Perspective on Range Finding Techniques for Computer Vision», IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 5, núm. 2, 1983.

R. A. Jarvis, «A Laser Time-of-Flight Range Scanner for Robotic Vision», IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 5, núm. 5, 1983.

T. R. Pryor, R. K. Erf, y A. D. Gara, «Applications of Lasers to Production Metrology, Control, and Machine Vision», Proceedings of IEEE, junio 1982. □