

Creando Sistemas de Movimiento Guiados por Visión Industrial

Introducción

Los sistemas de control de movimientos guiados por visión industrial son útiles en una variedad de aplicaciones que van desde el análisis automatizado de cultivos celulares a las aplicaciones simples de recoger y colocar. El diseño de tales sistemas puede ser un desafío, aunque ellos abrirán nuevas oportunidades para maximizar la productividad. Algunos de los principales desafíos a superar al crear un sistema así es eliminar la distorsión de la imagen, correlacionar las unidades de movimiento con las de visión y asegurarse que los sistemas coordinados tanto del controlador de movimientos con del sistema de visión de la máquina se hallen sincronizados.

Descripción de la Creación de Sistemas de Movimiento Guiados por Visión Industrial

Durante los últimos años, los sistemas de control de movimientos que usan visión de maquinarias como un componente clave se han vuelto cada vez más populares. Más y más ingenieros y científicos se están dando cuenta que la combinación de tecnologías de visión de maquinarias y de control de movimientos provee numerosas ventajas para resolver aplicaciones complejas. Los avances en la tecnología de hardware y software también han ayudado a incrementar esa tendencia al elaborar sistemas combinados de control de movimientos y visión industrial que son más fáciles de crear y a menor costo. Al diseñar este tipo de sistemas se debería tener en cuenta los avances tecnológicos actuales, los métodos y herramientas diseñados para ayudar a la implementación de un sistema propio.

Existen numerosos aspectos a considerar al crear un sistema de movimientos basado en visión industrial. Una de las primeras cosas a considerar es cómo se armará dicho sistema. Considérese un sistema de movimientos guiado por visión industrial utilizado para colocar la tapa de un teléfono celular en el cual éste puede no estar siempre en la misma posición y orientación. Para hacerlo más simple, supóngase que el teléfono celular está sobre una transmisión X-Y-Tita para corregir tanto la posición como la orientación. El sistema de visión podría usarse para hallar la tapa y medir cuán lejos debería moverse el sistema de movimientos para colocarla y orientarla correctamente. Existen varias cuestiones que deberían considerarse al crear este tipo de sistema, como ser el modo de comunicación del sistema de visión con el de movimientos para colocar con precisión la pieza en posición. La comunicación entre los componentes de movimiento y visión requiere algún tipo de calibración. Como se ve en la Figura 1, hay varios pasos que deberían considerarse cuando se calibra un sistema de movimiento guiado por visión industrial. Primeramente, se debería poder corregir cualquier

distorsión en el sistema de imagen que pudiera causar que las distancias sean trasladadas incorrectamente al sistema de control de movimiento. Seguidamente, deberían correlacionarse las distancias medidas en la imagen (usualmente en píxeles) con las distancias medidas sobre la transmisión o el motor, tales como pasos o conteos. Finalmente, se necesitará correlacionar el sistema coordinado de visión con el del control de movimientos de modo tal de corregir cualquier desalineación entre los dos sistemas coordinados. Esta traducción de distancias en una imagen a distancias en un sistema de control de movimientos depende de una variedad de parámetros, incluyendo la distancia entre la cámara al objeto que se mueve y el tipo de lente. Utilizando un enfoque (zoom) diferente en la cámara cambia el tamaño de los objetos desde la perspectiva de la cámara y, consecuentemente, cualquier medición realizada sobre el objeto va a ser diferente de la que se realizó antes de mover la cámara. La Figura 1 muestra el diagrama de un sistema simple de visión y movimientos.

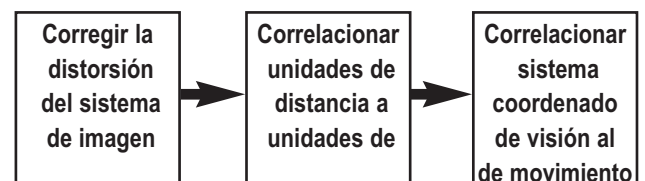


Figura 1

Corrección de las Formas Más Comunes de Distorsión

Quando se calibra un sistema de control de movimientos guiado por visión donde el control de movimientos se mueve en un plano bidimensional, idealmente se desea asegurar que la cámara se halle perfectamente perpendicular a la superficie plana o a la transmisión que se mueve relativa a la cámara. Si la cámara no se halla perpendicular, se obtendrá una distorsión debido a la perspectiva y la parte de la superficie más cercana a la cámara aparecerá más grande que aquélla más alejada de la misma, aún si las dos partes son del mismo tamaño. Algunos paquetes de software, tal como el [NI Vision software](#), pueden corregir la distorsión debido a la perspectiva durante el proceso de calibración utilizando una característica especial de calibración.

La distorsión de la lente es otra fuente de error al calibrar el sistema, y proviene de las imperfecciones de la lente cerca de los bordes, lo que puede causar que líneas rectas parezcan curvadas cerca del borde de la imagen. Al igual que la distorsión de la perspectiva, la distorsión de la lente también puede tenerse en cuenta durante el proceso de calibración utilizando características especiales disponibles en algunos

programas de procesamiento de imágenes, tales como el *NI Vision*.

Correlacionando Unidades de Imagen con Unidades de Movimientos

La calibración de un sistema de control de movimientos guiado por visión puede realizarse de diversas maneras. Una de los métodos más fáciles consiste en calibrar el sistema experimentalmente utilizando datos recogidos de los componentes de visión y de movimientos. Utilizando este método se mueve el sistema de control de movimientos a varios lugares y se registran las distancias de traslación usando el sistema de visión de maquinarias. Con los datos así recogidos se puede determinar una ecuación para traducir unidades de píxeles de la cámara en unidades que el sistema de transmisión de movimientos pueda usar, tales como conteos de un codificador (*encoder*). Volviendo al ejemplo del teléfono celular de recoger y colocar, supóngase que se mueve la transmisión 1 cm en la dirección X y, usando un microscopio, se observa que la misma se movió 100 píxeles en la dirección X. Luego, se puede crear una constante de calibración que debería ser igual a 0,01 cm/píxel, lo cual significa que cada píxel que se mide es igual a 0,01 cm de la transmisión.

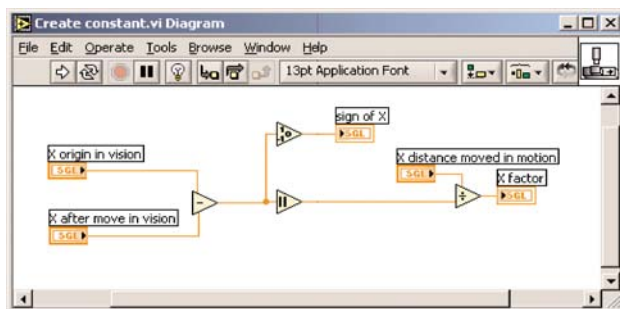


Figura 2: Código simple para correlacionar unidades de imagen a unidades de control de movimientos usando LabVIEW.

Correlacionando los Sistemas Coordinados de Visión y Movimientos

Luego de eliminar o tener en cuenta los efectos de la distorsión de las imágenes, otra precaución que debería considerarse al diseñar un sistema es asegurarse que el sistema coordinado de la cámara se halle alineado con el sistema coordinado del componente de control de movimientos. Dependiendo de la aplicación y el grado de precisión que se desea alcanzar, eso puede ser crítico para alcanzar el máximo rendimiento. Una cámara que no se encuentre perfectamente alineada con el sistema coordinado de control de movimientos producirá errores en las posiciones que comanda. Por ejemplo, si se usa una transmisión y la cámara no está alineada con ella, al moverse dicha transmisión justo en la dirección X la cámara podría registrar movimiento de la misma tanto en la dirección X como en la Y. La desalineación

del sistema de coordenadas puede corregirse utilizando transformaciones de coordenadas, las que pueden tomar las coordenadas de un sistema, tal como el de la transmisión, y transformarlas a otro sistema coordinado, tal como el de la cámara. Las aplicaciones robóticas requieren estas transformaciones de coordenadas para determinar adónde necesitan llegar los valores conjuntos para conseguir que el final del brazo arribe a la posición deseada. En la imagen siguiente, el sistema de coordenadas negro es el de la cámara, en tanto que el verde, rotado un cierto ángulo, pertenece a la transmisión.

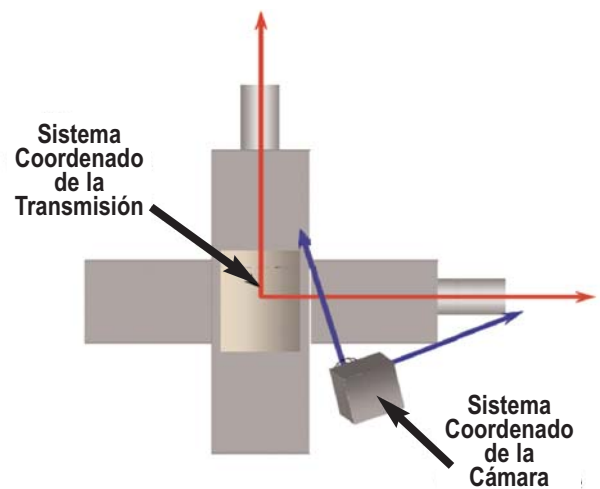
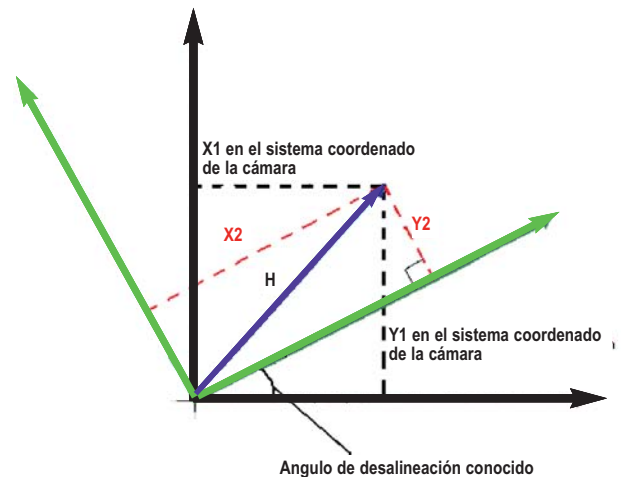


Figura 3: Los sistemas coordinados del control de movimientos y de visión pueden estar desalineados causando imprecisiones al tratar de comunicar distancias entre los mismos.

Una de las primeras cosas que deben determinarse es cuán grande es el ángulo entre los dos sistemas coordinados, al que se denominará ángulo de desalineación. Se lo puede determinar moviendo simplemente la transmisión a lo largo de un vector conocido, preferiblemente algo bastante simple, y luego midiendo el inicio y fin de la posición usando el sistema de visión de maquinarias. La diferencia entre el movimiento comandado en la transmisión y el medido usando la imagen de la cámara ayudará a determinar cuál es el ángulo de rotación. Por ejemplo, supóngase que la transmisión se mueve solo 2.000 unidades sobre el eje X (desde la posición 0,0 a la

2.000,0). Debido a que solo hubo un movimiento sobre el eje X, cualquier movimiento sobre el eje Y en la imagen ayudará a determinar el ángulo de desalineación. Si la imagen obtenida por la cámara muestra que la transmisión se movió 173 píxeles sobre el eje X y 100 píxeles sobre el eje Y, se puede calcular el ángulo de rotación tomando el arco tangente de Y/X, o sea, 100/173, que es igual a 30°.

Luego de determinar el ángulo de desalineación, el próximo paso es determinar la conversión entre las unidades de visión y las de movimiento. Ello se logra comparando la longitud del movimiento medido sobre la imagen con la correspondiente a la medida en el control de movimientos. Para determinar la longitud del movimiento sobre la imagen se puede usar la hipotenusa del triángulo creado al poner el vector X con el vector Y. Así, usando el teorema de Pitágoras, se encuentra que la longitud, Z, es $Z = (X^2 + Y^2)^{1/2}$, de modo entonces que se obtiene la longitud del movimiento sobre la imagen igual a $(100^2 + 173^2)^{1/2} = 200$ píxeles.

En base al ejemplo anterior ahora se sabe que la relación de las unidades de visión y movimiento es 200:2.000, o 1:10. Una advertencia que debe hacerse al calibrar es que, cuanto más muestras se tomen en la calibración, más precisa será el resultado. Otra advertencia es que se debe estar consciente que el sistema de control de movimientos puede tener pequeñas imperfecciones que pueden causar que se mueva algo distinto en diferentes partes e la trayectoria. Para incrementar la repetibilidad, debería hallarse la relación de conversión tomando muestras múltiples desde diferentes puntos. Además, usando esa relación, se puede advertir que, a fin de observar 1 píxel de movimiento en la imagen, se debería tener que mover la transmisión al menos 10 unidades. Es común encontrar que en este tipo de sistemas, la resolución de la transmisión es a menudo mucho mayor que la de la cámara, lo que significa que pequeños cambios en la imagen pueden llevar a grandes cambios en el movimiento. Si se verifica constantemente la posición de la transmisión a fin de ver dónde se halla, se puede encontrar que ella salta alrededor de la posición buscada. Si éste es el caso, debería también considerarse la implementación de un área de paso muerto de modo tal que, cuando la transmisión arribe a la posición que se considera suficientemente cerca de la buscada, el control de movimientos no continúe haciendo ajustes.

Transformaciones de Coordenadas

El próximo paso que debe tomarse es usar la información de los sistemas para determinar cómo trasladar la ubicación de un punto en el sistema coordenado de la cámara al sistema coordenado de la transmisión. Para ilustrar mejor cómo hacer la transformación, supóngase que se desea mover la transmisión

de la posición 0,0 a la nueva posición X_1 e Y_1 (representada en azul) en el sistema coordenado de la cámara, donde X_1 e Y_1 están en el primer cuadrante, como se grafica en la figura siguiente.

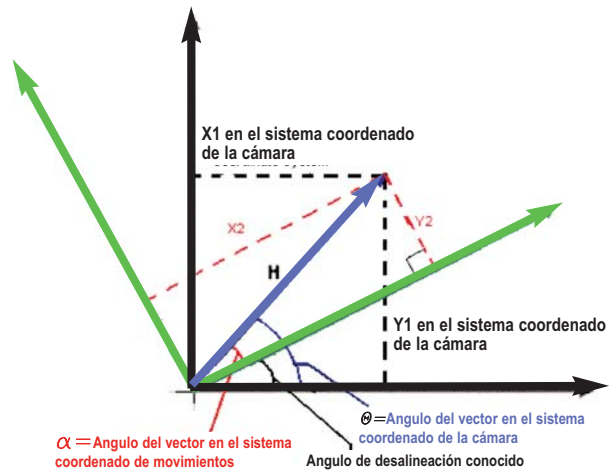


Figura 4

Para hacer una transformación de coordenadas, se requiere conocer las coordenadas (X, Y) del punto en el sistema coordenado de la transmisión, representado por las líneas rojas punteadas en la figura anterior. La información que ya se conoce son las coordenadas X e Y en el sistema coordenado de la cámara y, utilizándolos, se puede hallar fácilmente el ángulo de desalineación en su sistema coordenado. Hallar el ángulo del vector en el sistema coordenado de la transmisión es tan simple como restar del ángulo de desalineación conocido el ángulo del vector en el sistema coordenado de la cámara. Se puede formar un triángulo rectángulo con el Vector H como la hipotenusa y los valores desconocidos Y_2 y X_2 en los restantes lados. Por lo tanto, se puede hallar la longitud de dos de los lados conociendo la longitud del tercer lado y un ángulo. Debido a que se conoce el ángulo en el sistema coordenado de la transmisión, se puede usar el teorema del seno y del coseno para encontrar los restantes lados, lo cual brinda lo siguiente:

$$\begin{aligned} \text{sen}(\theta_3) &= Y_2/H \quad \text{se hace} \quad H \cdot \text{sen}(\alpha) = Y_2 \\ \text{cos}(\theta_3) &= X_2/H \quad \text{se hace} \quad H \cdot \text{cos}(\alpha) = X_2 \end{aligned}$$

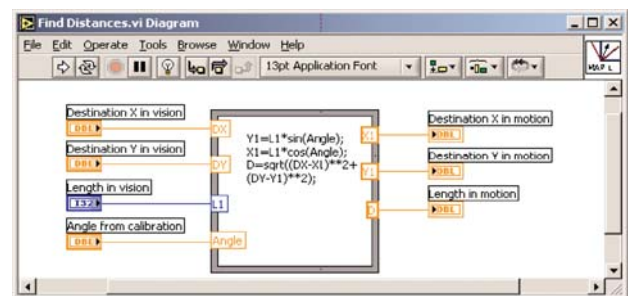


Figura 5: Código para hacer transformaciones simples de coordenadas usando LabVIEW..



Usando ese conjunto simple de ecuaciones se puede determinar la transformación de coordenadas a partir de coordenadas conocidas en una imagen a coordenadas desconocidas de la transmisión. Cuando se implementa este método, debe advertirse que, cuando el vector cae en algún otro cuadrante, las ecuaciones serán diferentes, no obstante lo cual, determinar las ecuaciones para los otros cuadrantes es muy similar al método antes mostrado.

En ciertas aplicaciones, se puede calibrar el conjunto movimiento-visión usando un control de lazo cerrado. La idea subyacente a este método es usar la diferencia entre la ubicación "ideal" y la observada de una característica de la imagen como la señal de error que maneja el lazo de control. Por ejemplo, esa característica podría ser la ubicación de una muesca de una parte que se está posicionando en la cual se quiera alinear la muesca con alguna ubicación ideal de la imagen. Como el lazo de control ajusta la parte de la cámara en iteraciones sucesivas, el error se hace más pequeño hasta que desaparece la diferencia entre la ubicación ideal y la observada de dicha parte o elemento. Utilizando este método se pueden alinear fácilmente los sistemas coordenados de la cámara y de la transmisión. Se puede llevar este procedimiento aún más lejos usando algoritmos de estimación que permiten controlar los componentes al tiempo que se toman en cuenta las imperfecciones del sistema, tal como las variaciones de luz y bajas velocidades de cuadro de la adquisición de imágenes.

Conclusión

Los sistemas de control de movimiento guiados por visión industrial son útiles en una variedad de aplicaciones que van desde el análisis automatizado de colonias de células a simples aplicaciones de recoger y colocar. El diseño de tales sistemas puede ser un desafío, aunque ellos abrirán nuevas oportunidades para maximizar la productividad. La calibración es, por supuesto, una parte del sistema total, aunque es una parte importante. Corregir la distorsión del sistema de visión, correlacionar las unidades de visión con las de movimiento y hacer las transformaciones de coordenadas son aspectos importantes a considerar para mejorar la precisión, repetibilidad y el valor total de un sistema de movimiento guiado por visión.