

Sistemas de Control

Una vez analizadas las características de las partes del robot, se estudiarán los sistemas de control para después pasar a su configuración. Los sistemas de control forman parte integral de la vida cotidiana y sus aplicaciones se pueden encontrar en todos lados. Un sistema de control integra diversos procesos con la finalidad de cumplir un conjunto de especificaciones en las salidas de los procesos. Los sistemas de control, actualmente, nos ayudan a mover grandes máquinas con gran precisión y exactitud al regular su posición y velocidad [1].

2.1 Introducción a los Sistemas de Control

El control es un campo del conocimiento de gran utilidad en la ingeniería y la ciencia. Ha sido piedra angular en el desarrollo de la tecnología, ya que posibilita obtener un óptimo desempeño de sistemas autónomos. Por ejemplo, la velocidad o precisión que podría alcanzar un ser humano con respecto a la de una máquina [5].

El hombre ha utilizado el control con fines variados a lo largo de la historia. Los griegos, hacia el año 300 A.C., utilizaban sistemas de control de nivel de líquidos. En 1681 Denis Papin inventó una válvula de seguridad para controlar la presión de las máquinas de vapor. En el siglo XVII Cornelis Drebbel inventó un sistema de control de temperatura. Para 1745 Edmun Lee desarrolló un control de velocidad para un molino de viento. De la misma manera James Watt inventó el gobernador centrífugo de velocidad para controlar la velocidad de los motores de vapor. Esto solo por mencionar algunos [1].

Hoy en día el uso de los sistemas de control es muy diverso, se pueden aplicar desde la guía y navegación de proyectiles así como de naves espaciales, barcos y aviones. En la industria también encontramos numerosos usos para los sistemas de control. Pero los sistemas de control no están limitados a la ciencia o la industria. Podemos encontrar sencillos sistemas de control en los sistemas de calefacción de las casas, por ejemplo. Incluso los sistemas de entretenimiento, como los DVD's o reproductores de CD, cuentan con un sistema de control integrado [4].

2.2 Características de un sistema de control

Un sistema de control produce una salida o respuesta para una entrada o un estímulo dado, como se muestra en la figura 2.1.

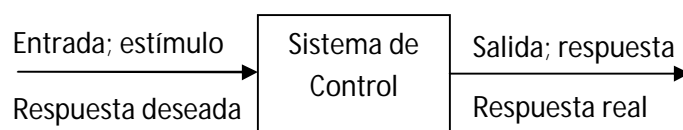


Figura 2.1: Representación de un Sistema de Control [1].

La entrada representa una respuesta deseada y la salida representa una respuesta real. Existen dos factores que hacen que la salida sea diferente a la entrada. El primero se conoce como *respuesta transitoria*, el cual esta presente cuando existe un cambio instantáneo de la entrada con respecto al cambio gradual de la salida. Después de la respuesta transitoria, un sistema físico aproxima su respuesta en *estado estable*, en donde trata de aproximarse a la respuesta deseada [1].

La precisión es el segundo factor que puede ocasionar que la salida sea diferente a la entrada. Esta diferencia es conocida como *error en estado estable* y en ocasiones depende de las características físicas del dispositivo que se desea controlar [1].

2.3 Configuraciones de un Sistema de Control

Existen dos configuraciones de sistemas de control: lazo abierto y lazo cerrado. En un sistema de control de lazo abierto la salida siempre se rige por la señal de entrada y no es capaz de realizar compensaciones a las perturbaciones que se suman a la señal de actuación del controlador, esto se debe a que carece de una retroalimentación [1].

Un sistema de control de lazo cerrado mide la señal de la respuesta de salida y la compara con la señal de la respuesta de entrada mediante una trayectoria de retroalimentación, la cual permite estimar las perturbaciones exteriores para que estas puedan ser corregidas [1].

Para poder realizar el control de cualquier proceso es necesario contar con el modelo matemático del mismo. El modelo matemático de estos procesos puede estar en el dominio de la frecuencia o en el del tiempo. Los modelos en el dominio de la frecuencia requieren de una función de transferencia y se utilizan principalmente en sistemas lineales que no varían en el tiempo, haciendo de ésta su principal desventaja. Los modelos en el dominio del tiempo permiten modelar procesos más complejos, con múltiples entradas y salidas.

2.4 Tipos de Sistemas de Control

Existen diferentes tipos de sistemas de control, estos pueden ser de acción proporcional, acción integral, acción proporcional-integral, acción proporcional-derivativa y acción proporcional-integral-derivativa. Estos tipos de control mejoran el error en estado estable y la respuesta transitoria. El modelo de cualquiera que sea el dominio que se elija requiere de modelos matemáticos que pueden ser demasiado complejos y analizarlos resultaría muy difícil.

2.5 Alternativas de Sistemas de Control

Los tipos de control como los que se mencionaron anteriormente realizan de manera eficiente la función de mantener estable un sistema, pero son vulnerables a cambios e incertidumbres que no se tomaron en cuenta cuando se diseñaron. Existen algunas

alternativas que se han desarrollado recientemente. Una de estas alternativas es el control adaptivo el cual puede modificar su comportamiento para responder a cambios que no estaban previstos en el diseño. Otra alternativa es el Control Robusto el cual considera las incertidumbres que se presentan en un sistema para responder de manera óptima. También se encuentra el control difuso, el cual a diferencia de los sistemas de control convencionales, utiliza el conocimiento experto para realizar una acción de control.

2.5.1 Control Adaptivo

Un control adaptivo es un tipo de control no lineal el cual puede modificar su comportamiento en respuesta a cambios en la dinámica del sistema a las perturbaciones. En un mecanismo de adaptación se presenta una solución en tiempo real al problema de diseño para sistemas con parámetros conocidos [14].

Existen dos tipos de controladores adaptivos; los Controladores Adaptivos con Modelo de Referencia y los Controladores Autoajustables. Los primeros intentan alcanzar para una señal de entrada definida, un comportamiento de lazo cerrado dado por un modelo de referencia. Mientras que los segundos tratan de alcanzar un control óptimo, sujeto a un tipo de controlador y a obtener información del proceso y sus señales [14].

Las ventajas de los controladores adaptivos con modelo de referencia están en su rápida adaptación para una entrada definida y en la simplicidad de tratamiento de la

estabilidad. Los controladores autoajustables tienen la ventaja de que se adaptan para cualquier caso y en particular para perturbaciones no medibles [14].

Un control adaptivo se puede utilizar en procesos industriales muy complejos donde la variación de los parámetros de un sistema no se puede determinar desde el inicio.

2.5.2 Control Robusto

Un proceso puede ser demasiado complejo para ser descrito de forma precisa por un modelo matemático. Se puede considerar que cualquier modelo matemático de un proceso va a ser en mayor o en menor grado impreciso o va tener incertidumbres o errores de modelado. Si se desea controlar de manera eficiente un proceso es necesario contar con la información de las posibles fuentes de incertidumbre y evaluar su efecto sobre el comportamiento del sistema [14].

El control robusto abarca los problemas que se caracterizan por considerar incertidumbres en el modelo que sean tolerables por un controlador lineal y que no varíe en el tiempo [14].

Las principales aplicaciones de la teoría de control robusto se han llevado a cabo en las áreas de control de procesos químicos, robótica, estructuras flexibles y control de aeronaves.

2.5.3 Control Difuso

Un sistema de control difuso es una alternativa muy útil a los sistemas de control que requieren de un modelo matemático demasiado complejo. Este tipo de sistema de control utiliza el conocimiento experto para generar una base de conocimientos, la cual le otorga al sistema la capacidad de tomar decisiones. La base del funcionamiento de este tipo de sistema de control es la lógica difusa. Se hace referencia a esta alternativa de control debido a que se utilizará para controlar los movimientos del Robot UDLAP. El Capítulo 3 presenta con más detalle la teoría de la lógica difusa.