**Modelo cinemático de un robot móvil con direccionamiento diferencial**

**Vehículos con ruedas**

Los vehículos con ruedas son la solución más simple movilidad en terrenos suficientemente duros y libros de obstáculos, permitiendo conseguir velocidades relativamente altas.

Como limitación más significativa cabe mencionar el deslizamiento en la impulsión. Dependiendo de las características del terreno pueden presentarse también deslizamientos y vibraciones. La locomoción mediante ruedas es poco eficiente en terrenos blandos.

Por otra parte, excepto en configuraciones muy especiales, no es posible alterar internamente el margen de estabilidad para adaptarse a la configuración del terreno, lo que limita de forma importante los caminos aceptables del soporte.

Los robots móviles emplean diferentes tipos de locomoción mediante ruedas que les confieren características y propiedades diferentes respecto a la eficiencia energética, dimensiones, cargas útiles y maniobrabilidad. La mayor maniobrabilidad se consigue en vehículos omnidireccionales. Un vehículo omnidireccional en el plano es capaz de trasladarse simultánea e independientemente en cada eje del sistema de coordenadas, y rotar según el eje perpendicular.

**Modelo cinemático**

Tal y como se muestra en la Figura 1, supóngase un sistema de referencia {G} y un sistema {L} con origen en el punto de guiado del vehículo y eje YL en la dirección del eje longitudinal del vehículo.



**Figura 1**. Modelo cinemático de un robot móvil.

Entonces, si el vehículo tiene una velocidad de desplazamiento y de rotación con respecto a {L}, con respecto a {G} la velocidad es:

* Así, si se conoce y , se podría calcular la trayectoria del vehículo (cinemática directa).
* A la inversa, si se desea que el vehículo siga una determinada trayectoria se podría calcular cual debe ser la velocidad de las ruedas y el giro (cinemática inversa).

**Modelo discreto**

La derivada de una función puede aproximarse por el cociente incremental:

Esto se conoce como derivada discreta hacia adelante, pero también puede aproximarse con el cociente incremental hacia atrás, la aproximación centrada, u otras aproximaciones más complicadas.

El resultado es que con una ecuación de este tipo, la nueva coordenada x (en t+1) se puede calcular a partir de la anterior (en t) mediante la ecuación:

Aplicando el mismo resultado al resto de coordenadas del modelo cinemático directo, se obtiene:

Por tanto, si se dispone de las coordenadas en cada instante de un determinado horizonte temporal, se puede calcular la nueva posición y orientación del robot en dicho horizonte.

**Direccionamiento diferencial**

El direccionamiento diferencial viene dado por la diferencia de velocidades de las ruedas laterales. La tracción se consigue con esas mismas ruedas. Adicionalmente, existen una o más ruedas para el soporte. En la figura 2 se muestra una imagen de dicho esquema. Nótese que para especificar la configuración hay que indicar los valores de las tres variables (x, y, ), siendo las variables de control son las velocidades de las ruedas laterales.



**Figura 2**. Locomoción mediante guiado diferencial.

Sean y las velocidades de giro de la ruedas izquierda y derecha, respectivamente. Si el radio de la rueda es , las velocidades lineales correspondientes son y . En este caso, Ia velocidad lineal y la velocidad angular correspondientes en el modelo vienen dadas por:

Sustituyendo estas expresiones en las obtenidas a partir de la Figura 1, se obtienen las velocidades de las coordenadas del robot en el sistema {G} a partir de la velocidad de giro de cada rueda:

Finalmente, utilizando el modelo discreto, se obtiene:

Y teniendo en cuenta que , siendo *f* las vueltas por segundo de cada motor, se obtiene:

Para terminar, si llamamos V a la velocidad de los motores en rps, y utilizamos las variables s para representar el estado de los sensores (s=0 sobre la línea y s=1 en caso contrario), se obtiene:

Y definiendo la constante , resulta: