

# ROBOTICA

por OLLERO BATURONE –Editorial Marcombo

Foreword

Prólogo

Prefacio del autor

## CAPÍTULO 1. Introducción

1.1. Robótica

1.2. Esquema general del sistema robot

1.3. Robots manipuladores

1.3.1. Sistema mecánico

1.3.2. Actuadores

1.3.3. Sensores y sistemas de control

1.4. Robots móviles

1.5. Robots autónomos y telerrobótica

1.6. Conclusiones

1.7. Referencias

## CAPÍTULO 2. Morfología de los robots

2.1. Estructura de robots manipuladores

2.1.1. Tipos de articulaciones

2.1.2. Estructuras básicas

2.1.2.1. Configuración cartesiana

2.1.2.2. Configuración cilíndrica

2.1.2.3. Configuración polar o esférica

2.1.2.4. Configuración angular

2.1.2.5. Configuración Scara

2.1.3. Orientación del efector final

2.1.4. Efectores finales

2.2. Nuevas estructuras para robots manipuladores

2.2.1. Robots redundantes

2.2.2. Robots flexibles

2.2.3. Manos

2.3. Robots móviles

2.3.1. Vehículos con ruedas

2.3.1.1. Ackerman

2.3.1.2. Triciclo clásico

2.3.1.3. Direccionamiento diferencial

2.3.1.4. Skid Steer

2.3.1.5. Pistas de deslizamiento

2.3.1.6. Síncronas

2.3.1.7. Otras configuraciones

2.3.2. Locomoción mediante patas

2.3.3. Configuraciones articuladas

2.3.4. Robots submarinos y aéreos

2.4. Conclusiones

2.5. Referencias

## CAPÍTULO 3. Representación de la posición y orientación

- 3.1. Posición y orientación en el plano
- 3.2. Posición y orientación en el espacio
- 3.3. Transformación inversa
- 3.4. Transformaciones compuestas
- 3.5. Otras representaciones de la orientación
- 3.6. Conclusiones
- 3.7. Referencias

## CAPÍTULO 4. Modelos cinemáticos de robots

- 4.1. Introducción
- 4.2. Relaciones entre sistemas de referencia
- 4.3. Modelo directo del manipulador
  - 4.3.1. Modelo de un robot manipulador con  $n$  articulaciones
- 4.4. Modelo inverso del manipulador
- 4.5. Velocidades lineales y angulares
  - 4.5.1. Velocidad lineal
  - 4.5.2. Velocidad angular
  - 4.5.3. Propagación de velocidades
- 4.6. Jacobiano del manipulador
- 4.7. Modelos cinemáticos de robots móviles
  - 4.7.1. Hipótesis básicas
  - 4.7.2. Restricciones cinemáticas
  - 4.7.3. Modelo jacobiano
  - 4.7.4. Modelos de diferentes configuraciones
  - 4.7.5. Estimación de la posición y orientación
  - 4.7.6. Vehículos robóticos con manipuladores
- 4.8. Conclusiones
- 4.9. Referencias

## CAPÍTULO 5. Modelo dinámico

- 5.1. Aspectos dinámicos en robótica
- 5.2. Articulación simple de rotación
- 5.3. Generalización: modelo de un robot manipulador con  $n$  articulaciones
- 5.4. Formulación de Lagrange-Euler
- 5.5. Obtención del modelo dinámico mediante el método de Newton-Euler
  - 5.5.1. Aceleraciones
  - 5.5.2. Ecuaciones de Newton-Euler
- Formulación iterativa
- 5.6. Análisis del modelo dinámico de los manipuladores
- 5.7. Obtención de las trayectorias articulares
- 5.8. Modelos dinámicos de vehículos robóticos
- 5.9. Conclusiones
- 5.10. Referencias

## CAPÍTULO 6. Arquitecturas para control de robots

- 6.1. Introducción: funciones básicas y de control inteligente
- 6.2. Especificaciones
- 6.3. Requerimientos generales de la arquitectura
  - 6.3.1. Programabilidad

- 6.3.2. Eficiencia
- 6.3.3. Capacidad de evolución
- 6.3.4. Grado de autonomía
- 6.3.5. Fiabilidad
- 6.3.6. Adaptabilidad
- 6.4. Tipos básicos de arquitecturas según reactividad
- 6.5. Aproximación al diseño de la arquitectura
  - 6.5.1. Diseño funcional de la arquitectura
  - 6.5.2. Gestión de ejecución e implantación
- 6.6. Soluciones hardware y software
- 6.7. Conclusiones
- 6.8. Referencias

## CAPÍTULO 7. Sensores

- 7.1. Introducción: sensores y magnitudes
- 7.2. Clasificaciones y características de sensores
- 7.3. Medidas de desplazamientos lineales y giros
  - 7.3.1. Potenciómetros para medida de desplazamientos
  - 7.3.2. Codificadores ópticos
    - 7.3.2.1. Máquinas síncronas, transformadores y resolvedores
  - 7.3.3. Medida de velocidad de ejes
- 7.4. Sensores de presencia y proximidad
- 7.5. Sensores de tacto
- 7.6. Medidas de fuerza y par
- 7.7. Sensores de navegación
  - 7.7.1. Sensores Doppler
  - 7.7.2. Compás magnético
  - 7.7.3. Giróscopos
    - 7.7.3.1. Giróscopos mecánicos
    - 7.7.3.2. Giróscopos electrónicos
    - 7.7.3.3. Giróscopos ópticos
  - 7.7.4. Sistemas de navegación inercial
  - 7.7.5. Estimación de posición de vehículos basada en estaciones de transmisión
- Aplicación del GPS
- 7.7.6. Sensores para vehículos auto guiados industriales
- 7.8. Conclusiones
- 7.9. Referencias

## CAPÍTULO 8. Control de las articulaciones de un robot manipulador

- 8.1. Estrategias de control de articulaciones
- 8.2. Control desacoplado de articulaciones
- 8.3. Control basado en el modelo dinámico
  - 8.3.1. Ejemplos introductorios
  - 8.3.2. Control basado en el modelo
- Par computado
- 8.4. Control adaptativo de robots
  - 8.4.1. Introducción
  - 8.4.2. Par computado adaptativo
  - 8.4.3. Controlador de inercia adaptativa

- 8.5. Control con aprendizaje
- 8.6. Control en espacio cartesiano
- 8.7. Control de esfuerzos
  - 8.7.1. Rigidez
  - 8.7.2. Control de rigidez
  - 8.7.3. Control híbrido esfuerzos/posición
- Conclusiones
- Referencias

## CAPÍTULO 9. Control de robots móviles

- 9.1. Control de movimientos de vehículos autónomos
- 9.2. Seguimiento de caminos explícitos
- 9.3. Seguimiento de caminos empleando métodos geométricos
  - 9.3.1. Seguimiento mediante persecución pura
  - 9.3.2. Control geométrico mediante generación de polinomios de orden cinco
- 9.4. Aplicación de la teoría de control
  - 9.4.1. Controlabilidad y estabilización
  - 9.4.2. Seguimiento de trayectorias
    - 9.4.2.1. Trayectorias de referencia
    - 9.4.2.2. Ley de control lineal
    - 9.4.2.3. Ley de control no lineal
  - 9.4.3. Seguimiento de caminos
    - 9.4.3.1. Planteamiento del problema
    - 9.4.3.2. Ley de control lineal
    - 9.4.3.3. Ley de control no lineal
  - 9.4.4. Seguimiento de caminos utilizando el modelo de la bicicleta
- 9.5. Seguimiento predictivo generalizado
- 9.6. Control reactivo
- 9.7. Conclusiones
- 9.8. Referencias

## CAPÍTULO 10. Generación de trayectorias

- 10.1. Planteamiento del problema
- 10.2. Definición paramétrica de las curvas
- 10.3. Técnicas de interpolación
  - 10.3.1. Técnicas básicas de interpolación
  - 10.3.2. Empleo de funciones spline
- 10.4. Generación de caminos en el espacio cartesiano
- 10.5. Generación de trayectorias para manipuladores
- 10.6. Trayectorias articulares para manipuladores robóticos
  - 10.6.1. Empleo de polinomios cúbicos
  - 10.6.2. Empleo de polinomios cúbicos con puntos de paso
  - 10.6.3. Empleo de polinomios de orden superior
  - 10.6.4. Empleo de funciones lineales con enlace parabólico
- 10.7. Generación en tiempo real
- 10.8. Conclusiones
- 10.9. Referencias

## CAPÍTULO 11. Programación de robots

- 11.1. Sistemas de programación de robots

- 11.2. Programación por guiado
- 11.3. Programación textual
- 11.4. Sistemas de referencia
- 11.5. Especificación de movimientos en robots manipuladores
- 11.6. Estructuras de datos
- 11.7. Especificación de localizaciones
- 11.8. Interacción con el entorno y características tiempo real
- 11.9. Programación de vehículos robóticos
- 11.10. Conclusiones
- 11.11. Referencias

## CAPÍTULO 12. Detección de colisiones y planificación de caminos

- 12.1. Detección, evitación y planificación
- 12.2. Funciones de detección, evitación y planificación
- 12.3. Detección y evitación de colisiones mediante reacción directa a información de sensores
- 12.4. Modelos
  - 12.4.1. Modelado mediante ocupación de celdas
  - 12.4.2. Empleo de estructuras jerárquicas
  - 12.4.3. Modelos del entorno basado en primitivas 3-D de sólidos
  - 12.4.4. Expansión de obstáculos
  - 12.4.5. Modelado en el espacio de configuraciones
- 12.5. Detección y evitación de colisiones empleando modelos
- 12.6. Planificación basada en modelo geométrico
  - 12.6.1. Planteamiento del problema
  - 12.6.2. Métodos en espacio cartesiano
  - 12.6.3. Métodos en espacio de configuraciones
- 12.7. Métodos re activos
  - 12.7.1. Campos potenciales
- 12.8. Conclusiones
- 12.9. Referencias

## CAPÍTULO 13. Telerrobótica

- 13.1. Introducción y conceptos básicos
- 13.2. Teleactuación
- 13.3. Diseño de sistemas de control de teleoperación
- 13.4. Sistemas bilaterales maestro-esclavo
- 13.5. Empleo de gráficos predictivos
- 13.6. Teleprogramación e interacción con el entorno
- 13.7. Control de supervisión
- 13.8. Telesensorización
- 13.9. Sistemas de visión en teleoperación
  - 13.9.1. Cámaras
  - 13.9.2. Visualizadores
  - 13.9.3. Visualización de imágenes virtuales
  - 13.9.4. Transmisión de imágenes para teleoperación
- 13.10. Conclusiones
- 13.11. Referencias

## Apéndice