

Proyecto Fin de Carrera

Titulación Ingeniería Industrial



***Implementación software de la
capa de gestión de dispositivos
del robot terrestre ROMEO-4R***

Autor: Francisco M. Barragán Rodríguez

Tutor: Aníbal Ollero Baturone
Iván Maza Alcañiz

*A mis padres, a mi hermano y a mi abuela
por su cariño y apoyo incondicional*

Índice General

1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Robots móviles	3
1.1.1. Vehículos con ruedas.....	8
1.2. ROMEO-4R	12
1.2.1. Sistema mecánico	13
1.2.2. Sistemas de alimentación.....	13
1.2.3. Actuadores	14
1.2.4. Sensores	14
1.2.5. Controladores	15
1.3. Objetivos del proyecto.....	16
1.4. Estructura del proyecto	17
2. ARQUITECTURA GENERAL DEL SISTEMA.....	20
2.1. Control Center	25
2.2. Time Server	26
2.3. Arquitectura de un robot	26
2.3.1. Capas de la arquitectura.....	27
2.3.1.1. Robot Abstraction Layer (RAL)	28
2.3.1.2. Module Manager Layer (MML).....	30
2.3.1.3. Robot Implementation Layer (RIL)	32
2.3.2. Interfaces de la arquitectura.....	34
2.4. Conclusiones.....	35
3. LA ROBOT IMPLEMENTATION LAYER (RIL).....	37
3.1. Hardware Abstraction Module (HAM).....	39
3.1.1. Drivers	42
3.1.2. Programa principal	43
3.1.3. Ficheros principales del HAM.....	44
3.1.3.1. Fichero de configuración del HAM	44
3.1.3.2. Ficheros de lectura del fichero de configuración del HAM	44
3.1.3.3. Ficheros con funciones para el programa <i>main</i>	46
3.1.4. Source	46
3.1.4.1. Comunicaciones	47
3.1.4.2. Sección crítica	52
3.1.4.3. Control	56
3.1.4.4. Tarjeta DCX-PC100.....	57
3.1.4.5. Tarjeta AX5411.....	61
3.1.4.6. Puerto serie.....	63
3.1.4.7. GPS	64
3.1.4.8. Giróscopo	71
3.1.4.9. Sónar	74
3.1.4.10. Láser.....	83

3.2. Romeo Status Module	92
3.2.1. Programa principal	93
3.2.2. Source	94
3.2.2.1. Comunicaciones	94
3.2.2.2. Sección crítica	99
3.2.2.3. RSM	101
3.3. Path Follower Module	107
3.3.1. Programa principal	108
3.3.2. Source	109
3.3.2.1. Comunicaciones	110
3.3.2.2. Sección crítica	116
3.3.2.3. Manager	121
3.3.2.4. Pure Pursuit	127
3.4. Trajectory Generation Module	137
3.4.1. Programa principal	138
3.4.2. Source	139
3.4.2.1. Comunicaciones	139
3.4.2.2. Sección crítica	144
3.4.2.3. Manager	149
3.4.2.4. Trajectory Generator	151
3.5. Temporizadores	156
3.6. Conclusiones.....	159

4. MODELO DEL ROMEO-4R Y SIMULADOR DEL HAM 161

4.1. Modelo del ROMEO-4R	161
4.1.1. Modelo cinemático	161
4.1.2. Modelo dinámico	162
4.2. Hardware Abstraction Module Simulator	164
4.2.1. Programa principal	166
4.2.2. Ficheros con funciones para el programa <i>main</i>	168
4.2.3. Source	169
4.2.3.1. Comunicaciones	169
4.2.3.2. Sección crítica	169
4.2.3.3. Simulator	170
4.2.3.4. Sónar	176
4.2.3.5. Láser	179
4.3. Conclusiones.....	179

5. CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS 182

5.1. Conclusiones.....	182
5.2. Desarrollos Futuros	183

A. ARQUITECTURA ANTIGUA DEL ROMEO-4R.....	186
A.1. Niveles de abstracción	186
A.2. El programa <i>main</i>	187
A.3. Código del programa <i>main</i>	190
B. CUADRO DE MANDOS Y CARGA DE BATERÍAS	197
B.1. Cuadro de Mandos.....	197
B.2. Carga de Baterías.....	199
BIBLIOGRAFÍA	201

Índice de Figuras

Figura 1.1-1: Estructura básica de un robot móvil	5
Figura 1.1-2: Robots móviles con ruedas	6
Figura 1.1-3: Robots móviles basado en pistas de deslizamiento	6
Figura 1.1-4: Robots móviles con patas	7
Figura 1.1-5: Robot móvil con forma humana	7
Figura 1.1-6: Robot móvil articulado	7
Figura 1.1.1-1: Configuración Ackerman.....	8
Figura 1.1.1-2: Configuración en triciclo	9
Figura 1.1.1-3: Configuración diferencial con una rueda loca al frente.....	10
Figura 1.1.1-4: Problema de tracción en la configuración diferencial	10
Figura 1.1.1-5: Configuración síncrona.....	11
Figura 1.2-1: Vista frontal y lateral del ROMEO-4R.....	12
Figura 1.2.1-1: Dimensiones del ROMEO-4R	13
Figura 2-1: Arquitectura del sistema	21
Figura 2-2: Esquema de una entidad	22
Figura 2-3: Esquema de un proceso estándar	22
Figura 2-4: Sistema de comunicaciones	24
Figura 2.3-1: Arquitectura de un robot.....	27
Figura 2.3.1.1-1: La Robot Abstraction Layer (RAL).....	28
Figura 2.3.1.2-1: La Module Manager Layer (MML).....	31
Figura 2.3.1.3-1: La Robot Implementation Layer (RIL).....	32
Figura 3-1: Esquema con los módulos de la capa RIL	37
Figura 3-2: Esquema de un módulo genérico de la capa RIL	38
Figura 3.1-1: Entradas y salidas del Hardware Abstraction Module.....	39
Figura 3.1-2: Esquema del Hardware Abstraction Module.....	42
Figura 3.1.4.1-1: Sistema de comunicaciones BBCS	47
Figura 3.1.4.4-1: Tarjeta DCX-PC100	57
Figura 3.1.4.4-2: Módulo DCX-MC200.....	57
Figura 3.1.4.4-3: Tarjeta DCX-PC100 insertada en el PC del ROMEO-4R.....	57
Figura 3.1.4.5-1: Tarjeta AX5411	62
Figura 3.1.4.5-2: Tarjeta AX5411 insertada en el PC del ROMEO-4R.....	62
Figura 3.1.4.7-1: Satélite NAVSTAR	64
Figura 3.1.4.7-2: Red de satélites NAVSTAR	65
Figura 3.1.4.7-3: Sistema DGPS	66
Figura 3.1.4.7-4: Sistema GPS instalado en el ROMEO-4R.....	67
Figura 3.1.4.8-1: Giróscopo Autogyro Navigator Plus	71

Figura 3.1.4.8-2: Gir6scopo instalado en el ROMEO-4R	71
Figura 3.1.4.9-1: Sonar BERO de Siemens	75
Figura 3.1.4.9-2: Funcionamiento b6sico de un sonar.....	75
Figura 3.1.4.9-3: Incertidumbre angular en la medida de un ultrasonido	76
Figura 3.1.4.9-4: Distancias medibles por los sonares	76
Figura 3.1.4.9-5: Diferentes casos de falsos ecos.....	77
Figura 3.1.4.9-6: Problema en la reflexi3n de las ondas	78
Figura 3.1.4.9-7: Ubicaci3n y numeraci3n de los sonares en el ROMEO-4R	78
Figura 3.1.4.9-8: Sonares instalados en la parte delantera del ROMEO-4R.....	79
Figura 3.1.4.10-1: L6ser LMS-220	83
Figura 3.1.4.10-2: Sistema de Referencia para el L6ser LMS-220	84
Figura 3.1.4.10-3: L6ser LMS-220 instalado en el ROMEO-4R	84
Figura 3.2-1: Entradas y salidas del Romeo Status Module.....	92
Figura 3.2-2: Esquema del Romeo Status Module	93
Figura 3.3-1: Entradas y salidas del Path Follower Module.....	107
Figura 3.3-2: Esquema del Path Follower Module.....	108
Figura 3.3.2.4-1: Seguimiento de caminos mediante persecuci3n pura	128
Figura 3.4-1: Entradas y salidas del Trajectory Generation Module.....	137
Figura 3.4-2: Esquema del Trajectory Generation Module	138
Figura 3.4.2.4-1: Generaci3n de trayectorias en l6neas rectas	152
Figura 3.4.2.4-2: Esquema de generaci3n de trayectorias	155
Figura 4.1.1-1: Sistema de referencia en el ROMEO-4R.....	162
Figura 4.1.2-1: Modelo del sistema de tracci3n del ROMEO-4R.....	163
Figura 4.1.2-2: Modelo del sistema de direcci3n del ROMEO-4R.....	164
Figura 4.2-1: Esquema del m3dulo de simulaci3n del HAM	165
Figura 4.2-2: Entradas y salidas en el m3dulo de simulaci3n del HAM.....	166
Figura A.1-1: Niveles de abstracci3n software	187
Figura A.2-1: Diagrama de bloques del programa completo	187
Figura A.2-3: Bloque de control.....	189
Figura B.1-1: Cuadro de mandos del ROMEO-4R	197
Figura B.2-1: Conectores para la carga de bater6as en el ROMEO-4R.....	199

Índice de Tablas

Tabla 3.1.4.1-1: Puertos usados por el Hardware Abstraction Module.....	48
Tabla 3.1.4.1-2: Slots usados para las comunicaciones del HAM	48
Tabla 3.1.4.9-1: Tipos de sonar usados en el ROMEO-4R	78
Tabla 3.1.4.10-1: Tipos de errores en el nivel de enlace e inferiores.....	86
Tabla 3.1.4.10-2: Valores de la variable angulo_y_resolucion	90
Tabla 3.2.2.1-1: Puertos usados por el Romeo Status Module.....	95
Tabla 3.2.2.1-2: Slots usados para las comunicaciones del Romeo Status Module	95
Tabla 3.3.2.1-1: Puertos usados por el Path Follower Module.....	110
Tabla 3.3.2.1-2: Slots usados para las comunicaciones del Path Follower Module.....	110
Tabla 3.3.2.1-3: Clasificación de estructuras WayPointData.....	114
Tabla 3.3.2.3-1: Identificadores de módulo.....	122
Tabla 3.3.2.3-2: Valores de la variable module_request	122
Tabla 3.3.2.3-3: Valores de la variable module_status.....	123
Tabla 3.3.2.3-4: Valores de la variable status.....	124
Tabla 3.3.2.3-5: Valores de la variable error_code	124
Tabla 3.3.2.3-6: Valores de la variable stop_functionality.....	124
Tabla 3.3.2.3-7: Posibles acciones sobre el hilo de funcionalidad	125
Tabla 3.3.2.3-8: Tipos de errores.....	127
Tabla 3.4.2.1-1: Puertos usados por el Trajectory Generation Module.....	140
Tabla 3.4.2.1-2: Slots usados para las comunicaciones del Trajectory Generation Module.....	140
Tabla B.2-1: Relación entre tensión en bornas y los niveles de carga y descarga	200