

Indice

Introducción		1
1	Introducción a la técnica de IA	13
1.1	Definición, historia	13
1.2	Subcampos de la IA	19
2	Sistemas Expertos	27
2.1	Campos de aplicación	28
2.1.1	MYCIN	31
2.1.2	XCON	32
2.2	Componentes	33
2.2.1	Base de conocimientos	34
2.2.2	Mecanismo de inferencia	35
2.2.3	Componente explicativo	37
2.2.4	Interfase de usuario	38
2.2.5	Componente de adquisición	38
2.3	Desarrollo	40
2.3.1	El equipo de desarrollo	40
2.3.2	Métodos auxiliares en el desarrollo	42
2.3.3	"Rapid Prototyping" (Construcción rápida de prototipos)	43
3	Consulta	45
3.1	Usuarios de un Sistema Experto	45
3.2	Tipo de consulta	47
3.3	Motivos de una consulta	49
3.4	Ejemplo de una consulta	50
4	Representación del conocimiento	55
4.1	Reglas de producción	57
4.2	Redes semánticas	59
4.3	Frames (Marcos)	63
4.4	Cálculo de predicados	67
4.5	Estrategias de inferencia	71

Indice

5	Lenguajes y sistemas de programación	83
5.1	PROLOG	85
5.1.1	Sintaxis y semántica	87
5.1.2	Mecanismos importantes	89
5.1.3	Ejemplo de programación	92
5.1.4	Diálogo con el programa ejemplo	95
5.2	LISP	99
5.2.1	Listas y átomos	100
5.2.2	La 'función' en LISP	102
5.2.3	Forma de trabajo de un sistema LISP	104
5.3	Interlisp-D	108
6	Shells	113
6.1	El Shell S.1	116
6.1.1	Clases	117
6.1.2	Atributos, jerarquía de clases	118
6.1.3	Reglas	123
6.1.4	Bloques de control	128
6.1.5	Interfase de usuario	130
6.1.6	Resumen	131
6.2	KEE	132
6.2.1	Representación del conocimiento orientada al objeto	132
6.2.2	Representación del conocimiento basada en reglas	138
6.2.3	Ejemplo de una base de conocimientos	140
6.2.4	Observaciones complementarias sobre la representación del conocimiento	147
6.2.5	Interfase de usuario	148
6.2.6	Resumen	151
6.3	El Shell MED1	153
6.3.1	Concepto de la representación del conocimiento y procesamiento de conocimientos	154
6.3.2	Ejemplo de una base de conocimiento	160
6.3.3	Complementos a la representación del conocimiento	164
6.3.4	Interfase de usuario	165
6.3.5	Resumen	166
6.4	LOOPS	167

7	Ejemplo EXPS.MASTERMIND	171
7.1	Generalidades sobre el juego "Mastermind"	171
7.2	Estructura funcional	173
7.3	Estructuración de las reglas	179
8	La Experiencia del desarrollo del proyecto SIUX	185
8.1	Sinopsis del proyecto	185
8.2	Objetivos y decisiones	190
8.2.1	Situación de partida	190
8.2.2	Objetivos	191
8.2.3	Decisión de diseño	192
8.3	Fases de desarrollo del SIUX	193
8.3.1	La elección del Shell	195
8.3.2	Desarrollo de las bases de conocimiento	198
8.4	Experiencias durante el desarrollo del proyecto	205
A	Anexos	A-1
A.1	Cuadro sinóptico sobre Tools	A-1
A.2	Cuadro sinóptico sobre Sistemas Expertos	A-7
A.3	Glosario	A-25
	Bibliografía	A-33
	Literatura	A-37
	Indice de términos clave	A-39

Índice

1	Introducción	1
1.1	Ventajas de los Sistemas Expertos	3
1.2	Los Sistemas Expertos y su entorno	5
2	Tecnología para el desarrollo de Sistemas Expertos	7
2.1	Lenguajes de representación del conocimiento	7
2.1.1	Reglas	8
2.1.1.1	Representación del conocimiento mediante reglas	8
2.1.1.2	Mecanismos de inferencia para reglas	10
2.1.2	Frames	13
2.1.3	Otras formas de representación	20
2.2	Componentes que forman un Sistema Experto	22
2.3	Herramientas para el desarrollo de Sistemas Expertos	25
3	Proyectos	29
3.1	Introducción	29
3.2	Tipo de aplicación Diagnóstico: Proyecto ExTra	31
3.2.1	Planteamiento y objetivo del proyecto	31
3.2.2	Condiciones marco	33
3.2.3	Desarrollo del proyecto	33
3.2.4	Solución técnica	35
3.2.4.1	Sinopsis	35
3.2.4.2	Parámetros médico-clínicos	36
3.2.4.3	Abstracción de datos	38
3.2.4.4	Reglas para la descripción de complicaciones	42
3.2.4.5	Generación de hipótesis	45
3.2.4.6	Valoración y determinación del estado de las hipótesis ..	45
3.2.4.7	Tratamiento del tiempo	47
3.2.4.8	Resultado	48
3.2.5	Aplicación	49

3.3	Tipo de aplicación Diagnóstico: Proyecto BS-DIAG	54
3.3.1	Planteamiento y objetivo del proyecto	54
3.3.2	Condiciones marco	59
3.3.3	Desarrollo del proyecto	60
3.3.4	Solución técnica	63
3.3.4.1	Sinopsis	63
3.3.4.2	Estrategia del diagnóstico	65
3.3.4.3	Representación del conocimiento	66
3.3.4.4	Mecanismo de inferencia	71
3.3.4.5	Componente de adquisición	72
3.3.4.6	Ingeniería del conocimiento	73
3.3.4.7	Resultado de la solución técnica	74
3.3.5	Aplicación	74
3.4	Tipo de aplicación Diagnóstico: Proyecto MegaFileX	76
3.4.1	Planteamiento y objetivo del proyecto	76
3.4.2	Condiciones marco	78
3.4.3	Desarrollo del proyecto	78
3.4.4	Solución técnica	79
3.4.4.1	Sinopsis	79
3.4.4.2	Primera versión	79
3.4.4.3	Segunda versión	84
3.4.4.4	Tercera versión	89
3.4.4.5	Resultado	95
3.4.4.6	Aplicación	98
3.5	Tipo de aplicación Configuración: Proyecto ExTel	102
3.5.1	Planteamiento y objetivo del proyecto	102
3.5.2	Condiciones marco	103
3.5.3	Desarrollo del proyecto	104
3.5.4	Solución técnica	105
3.5.4.1	Sinopsis	105
3.5.4.2	Representación del conocimiento	108
3.5.4.3	Funciones de ExTel	109
3.5.4.4	Mantenimiento de la base de conocimientos	111
3.5.5	Aplicación	111
3.5.6	Perspectiva	114

3.6	Tipo de aplicación Configuración: Proyecto PROoVER	115
3.6.1	Planteamiento y objetivo del proyecto	115
3.6.2	Condiciones marco	116
3.6.3	Desarrollo del proyecto	118
3.6.4	Solución técnica	118
3.6.4.1	Definiciones	118
3.6.4.2	Proceso en tres etapas	119
3.6.4.3	Resultado	128
3.6.5	Aplicación	129
3.6.6	Perspectiva	132
3.6.7	Ejemplos de representación del conocimiento	133
3.6.7.1	Prototipo	133
3.6.7.2	Versión de demostración	135
3.6.7.3	Versión de producto	137
3.7	Tipo de aplicación Asesoramiento: Proyecto USV	140
3.7.1	Planteamiento y objetivo del proyecto	140
3.7.2	Condiciones marco	141
3.7.3	Desarrollo del proyecto	142
3.7.4	Solución técnica	143
3.7.4.1	Sinopsis	143
3.7.4.2	Estructura de la base de conocimientos	143
3.7.5	Aplicación	147
3.7.6	Perspectiva	148
3.8	Tipo de aplicación Asesoramiento: Proyecto CAD/X	150
3.8.1	Planteamiento y objetivo del proyecto	150
3.8.2	Condiciones marco	153
3.8.3	Desarrollo del proyecto	153
3.8.4	Solución técnica	155
3.8.4.1	Fuentes de conocimientos	155
3.8.4.2	Tipos de conocimientos	155
3.8.4.3	Paradigmas de programación	157
3.8.4.4	Estrategia de selección	158
3.8.4.5	Implementación	164
3.8.4.6	Resultado	165
3.8.5	Aplicación	167

Indice

3.9	Tipo de aplicación Lingüística:	
	Proyecto METAL	169
3.9.1	Introducción	169
3.9.2	Planteamiento	171
3.9.2.1	Ambigüedad	171
3.9.2.2	Dependencia del contexto	173
3.9.2.3	Implicidad	173
3.9.2.4	Infinidad	174
3.9.3	Condiciones generales para un análisis automático	175
3.9.4	Desarrollo del proyecto	176
3.9.5	METAL como sistema basado en reglas	177
3.9.5.1	Estructura de las reglas	177
3.9.5.2	Control de la aplicación de reglas	184
3.9.5.3	Problemas de complejidad	184
3.9.5.4	Pesos en METAL	186
3.9.6	El entorno de desarrollo de METAL	188
3.9.6.1	Sistema de desarrollo	188
3.9.6.2	Gestión de la Versión	193
3.9.7	Adaptación a un producto completo	194
4	Conceptos de herramienta para Sistemas Expertos	196
4.1	Introducción	196
4.2	Concepto de herramienta ExTool	198
4.2.1	Introducción	198
4.2.2	Los objetos de la base de conocimientos	204
4.2.2.1	Frames	204
4.2.2.2	Atributos	205
4.2.2.3	Clases de valores	208
4.2.2.4	Reglas	209
4.2.2.5	Conjuntos de reglas	214
4.2.3	Definición de las ejecuciones procedurales	215
4.2.4	Adquisición de conocimientos	217
4.2.5	Consultas	219
4.2.6	Adaptación de ExTool a aplicaciones especiales	225
4.2.7	Perspectiva	226
4.3	Concepto de herramienta DOMINO-EXPERT	227
4.3.1	Introducción	227
4.3.2	Ideas sobre marcos y objetivos	229

4.3.3	Definición del lenguaje de representación del conocimiento en DOMINO-EXPERT	233
4.3.3.1	Sinopsis sobre las características lingüísticas	234
4.3.3.2	Representación declarativa del conocimiento	236
4.3.3.3	Representación de reglas y conocimiento procedural	241
4.3.3.4	Conocimiento de control para la interpretación de la red	248
4.3.4	Adquisición de conocimientos en DOMINO-EXPERT ...	250
4.3.4.1	Adquisición del conocimiento declarativo	252
4.3.4.2	Adquisición del conocimiento en forma de reglas y de control	254
4.3.5	Mecanismo de resolución de problemas	257
4.3.5.1	Cruzador de red de bloques de reglas	258
4.3.5.2	Supervisor de bloques de reglas	261
4.3.5.3	Razonamiento hacia delante y hacia atrás	262
4.3.5.4	Reason Maintenance System	264
4.3.6	Componente explicativo y sistema de test	264
4.3.6.1	El punto de vista del ingeniero del conocimiento	265
4.3.6.2	El punto de vista del usuario	268
4.3.7	Perspectivas de futuro del DOMINO-EXPERT	270
5	El proceso de desarrollo de Sistemas Expertos	271
5.1	Introducción	271
5.1.1	Análisis del problema	273
5.1.2	Planificación del sistema	273
5.1.3	Desarrollo para alcanzar la madurez de aplicación	274
5.1.4	Aplicación y mantenimiento	274
5.2	El subproceso "Análisis del Problema"	275
5.2.1	Forma de trabajo del experto	276
5.2.2	Tipo y alcance del conocimiento utilizado para la solución de problemas	279
5.2.3	Entorno de aplicación del Sistema Experto	282
5.2.4	Usuario del Sistema Experto	283
5.2.5	Coste y beneficio del Sistema Experto	285
5.2.6	Duración del análisis del problema	287
5.2.7	Lista de verificación para el análisis del problema	288

Indice

5.3	El subproceso “Planificación del Sistema”	289
5.3.1	Sinopsis	289
5.3.2	Primer paso en la planificación del sistema: “análisis de los requisitos”	293
5.3.3	Segundo paso en la planificación del sistema: “Proyecto”	298
5.3.4	Tercer paso en la planificación del sistema: “Realización parcial del proyecto”	304
5.3.5	Cuarto paso en la planificación del sistema: “Validación del proyecto”	305
5.3.6	Planificación de sistema “sin final”?	306
5.4	El subproceso “Desarrollo para alcanzar la madurez de la aplicación”	308
5.4.1	Adquisición de conocimientos	309
5.4.2	Estrategia de ampliación de la base de conocimientos ...	310
5.4.3	Test y ejecución del programa piloto	311
5.5	El subproceso “aplicación y mantenimiento”	312
5.6	Resumen	314
	Literatura	315
	Glosario	319
	Indice analítico	326