

Derivación, Evaluación y Mejora de la Calidad de Arquitecturas Software en el Desarrollo de Líneas de Producto Software Dirigido por Modelos

Javier González Huerta

Directores: Dra. Silvia Abrahão y Dr. Emilio Insfrán

Índice

1	Introducción	1
1.1	Las arquitecturas software en el desarrollo de líneas de producto software	2
1.2	Derivación, evaluación y mejora de la calidad de arquitecturas software en el desarrollo de líneas de producto	3
1.3	Planteamiento del problema	6
1.4	Objetivos e hipótesis.....	7
1.5	Contribuciones	9
1.6	Contexto de la investigación.....	11
1.7	Método de investigación	12
1.7.1	Experimentos	14
1.7.2	Estudios de caso.....	16
1.8	Estructura de la tesis	18
2	Marco Tecnológico	21
2.1	Líneas de producto software	22
2.1.1	Ingeniería de líneas de producto software.....	23
2.1.2	Variabilidad en las líneas de producto software	25
2.2	Arquitecturas software.....	27

Derivación, Evaluación y Mejora de la Calidad de Arquitecturas Software en el Desarrollo de Líneas de Producto Software Dirigido por Modelos

Javier González Huerta

Directores: Dra. Silvia Abrahão y Dr. Emilio Insfrán

2.2.1	Descripción de arquitecturas software.....	29
2.2.2	El impacto de las arquitecturas en la calidad del software	31
2.2.3	Arquitecturas software y líneas de producto.....	33
2.2.4	Variabilidad arquitectónica	35
2.3	Desarrollo de software dirigido por modelos	38
2.3.1	Model Driven Architecture	39
2.3.2	Transformaciones de modelos en DSDM	41
2.3.3	El lenguaje de transformación QVT.....	43
2.3.4	El estándar CVL para la representación de variabilidad.....	46
2.4	Aseguramiento de calidad en líneas de producto software	56
2.4.1	Atributos de calidad y líneas de productos.....	57
2.4.2	Evaluación de calidad en líneas de producto software	58
2.5	Resumen	59
3	Estado del Arte	61
3.1	Métodos de derivación en el desarrollo de LPS	62
3.1.1	Derivación de la arquitectura de producto.....	62
3.1.2	Otras técnicas de derivación.....	65
3.1.3	Herramientas y lenguajes para la automatización de la derivación.....	68
3.1.4	Discusión.....	69
3.2	Métodos de evaluación de arquitecturas para LPS.....	73

Derivación, Evaluación y Mejora de la Calidad de Arquitecturas Software en el Desarrollo de Líneas de Producto Software Dirigido por Modelos

Javier González Huerta

Directores: Dra. Silvia Abrahão y Dr. Emilio Insfrán

3.2.1	Métodos de Evaluación de arquitecturas de líneas de producto	74
3.2.2	Métodos de Evaluación de arquitecturas de producto para LPS	75
3.2.3	Métodos híbridos de evaluación de arquitecturas para LPS	76
3.2.4	Comparativa y discusión	78
3.3	Aseguramiento de calidad en el desarrollo de LPS	79
3.3.1	Atributos de calidad en la configuración de productos	80
3.3.2	Criterios de calidad en fase de diseño	83
3.3.3	Discusión.....	84
3.4	Estudios empíricos en el campo de las arquitecturas software	85
3.4.1	Marcos de clasificación para la comparación de métodos de evaluación de arquitecturas software.....	85
3.4.2	Estudios empíricos analizando la evaluación de arquitecturas software.....	87
3.4.3	Discusión.....	90
3.5	Conclusiones.....	92
4	QuaDAI, un Método para la Derivación, Evaluación y Mejora de Arquitecturas de Producto.....	95
4.1	Vista general del método.....	96
4.2	Multimodelo para la especificación de líneas de producto.....	98
4.2.1	Macromodelos, megamodelos y multimodelos	98

Derivación, Evaluación y Mejora de la Calidad de Arquitecturas Software en el Desarrollo de Líneas de Producto Software Dirigido por Modelos

Javier González Huerta

Directores: Dra. Silvia Abrahão y Dr. Emilio Insfrán

4.2.2	Vistas del multimodelo para la especificación de líneas de producto	102
4.2.3	Relaciones inter-vistas	109
4.2.4	Arquitectura del metamodelo del multimodelo.....	111
4.3	Proceso de derivación, evaluación y mejora de arquitecturas.....	114
4.3.1	Introducción a SPEM v2 como lenguaje de modelado de procesos software.....	115
4.3.2	Proceso de derivación, evaluación y mejora de arquitecturas en SPEM v2.0	118
4.4	Conclusiones.....	124
5	Derivación de la Arquitectura de Producto	127
5.1	Obtención de la configuración del producto	128
5.1.1	Configuración del producto	128
5.1.2	Validación de consistencia.....	130
5.2	Instanciación de la arquitectura de producto	138
5.2.1	Modelado de la variabilidad arquitectónica en el multimodelo.....	139
5.2.2	Generación del modelo de resolución CVL.....	144
5.2.3	Materialización de la arquitectura de producto.....	154
5.3	Conclusiones.....	154
6	Evaluación y Mejora de Arquitecturas	157
6.1	Evaluación de arquitecturas de producto	157

Derivación, Evaluación y Mejora de la Calidad de Arquitecturas Software en el Desarrollo de Líneas de Producto Software Dirigido por Modelos

Javier González Huerta

Directores: Dra. Silvia Abrahão y Dr. Emilio Insfrán

6.1.1	Medición mediante transformación a otros formalismos	160
6.1.2	Medición mediante herramientas de modelado arquitectónico	163
6.1.3	Validación de los requisitos no-funcionales	166
6.2	Transformación de arquitecturas dirigida por atributos de calidad	168
6.2.1	Directrices de diseño para la definición de transformaciones arquitectónicas dirigidas por atributos de calidad	170
6.2.2	Tradeoff entre transformaciones alternativas	176
6.2.3	Transformación de la arquitectura.....	182
6.3	Conclusiones	185
7	Herramienta de Soporte al Método QuaDAI.....	187
7.1	Infraestructura para la edición de multimodelos	188
7.2	Soporte a la derivación de arquitecturas de producto.....	193
7.2.1	Configuración del producto en desarrollo	194
7.2.2	Validación de la consistencia	195
7.2.3	Derivación del modelo de resolución CVL.....	197
7.3	Soporte a la evaluación.....	198
7.4	Conclusiones	200
8	Estudio de Caso para la Validación Empírica del Proceso de Derivación de Arquitecturas	203
8.1	Diseño del estudio de caso	204

Derivación, Evaluación y Mejora de la Calidad de Arquitecturas Software en el Desarrollo de Líneas de Producto Software Dirigido por Modelos

Javier González Huerta

Directores: Dra. Silvia Abrahão y Dr. Emilio Insfrán

8.1.1	Planificación del estudio de caso	204
8.1.2	Selección de los participantes	208
8.2	Preparación y ejecución del estudio de caso	209
8.3	Recogida de datos.....	212
8.4	Análisis de los resultados	214
8.4.1	Análisis Cualitativo	214
8.4.2	Análisis Cuantitativo.....	219
8.5	Amenazas a la validez	222
8.5.1	Validez de constructo.....	222
8.5.2	Validez interna.....	222
8.5.3	Validez externa	223
8.5.4	Fiabilidad.....	223
8.6	Lecciones aprendidas.....	223
8.7	Conclusiones.....	225
9	Una Familia de Experimentos para la Validación del Proceso de Evaluación y Mejora de Arquitecturas Software.....	227
9.1	Métodos de evaluación de arquitecturas comparados	228
9.2	Descripción general de la familia de experimentos	230
9.2.1	Paso 1: Preparación de los experimentos	231
9.2.2	Paso 2: Definición del contexto.....	231
9.2.3	Paso 3: Tareas experimentales y material	234
9.2.4	Paso 4: Experimentos Individuales	238

Derivación, Evaluación y Mejora de la Calidad de Arquitecturas Software en el Desarrollo de Líneas de Producto Software Dirigido por Modelos

Javier González Huerta

Directores: Dra. Silvia Abrahão y Dr. Emilio Insfrán

9.2.5	Paso 5: Análisis de los datos de la familia de experimentos y meta-análisis	239
9.3	Diseño de los experimentos individuales	239
9.3.1	Experimento original (UPV1)	239
9.3.2	Segundo experimento (UPV2)	244
9.3.3	Tercer experimento (UPV3)	244
9.3.4	Cuarto experimento (UNA)	245
9.3.5	Quinto experimento (UNIBAS)	245
9.3.6	Documentación y comunicación	246
9.4	Análisis de los resultados	247
9.4.1	Eficacia	249
9.4.2	Eficiencia	250
9.4.3	Facilidad de uso percibida	251
9.4.4	Utilidad percibida	252
9.4.5	Intención de uso	253
9.5	Análisis consolidado de datos	255
9.5.1	Resumen de los resultados	255
9.5.2	Meta-análisis	257
9.6	Amenazas a la validez	261
9.6.1	Validez interna	261
9.6.2	Validez Externa	262
9.6.3	Validez de constructo	263
9.6.4	Validez de las conclusiones	264
9.7	Conclusiones	264

Derivación, Evaluación y Mejora de la Calidad de Arquitecturas Software en el Desarrollo de Líneas de Producto Software Dirigido por Modelos

Javier González Huerta

Directores: Dra. Silvia Abrahão y Dr. Emilio Insfrán

10	Conclusiones y Trabajos Futuros.....	267
10.1	Conclusiones.....	267
10.1.1	Análisis de técnicas de derivación de arquitecturas de producto.....	268
10.1.2	Análisis de los métodos de evaluación de arquitecturas de producto.....	268
10.1.3	Definición de un multimodelo que de soporte a las vistas de la línea de productos.....	269
10.1.4	Definición de un proceso de derivación, evaluación y mejora de arquitecturas de producto.....	271
10.1.5	Validación empírica del método propuesto.....	272
10.2	Difusión de resultados.....	274
10.2.1	Revistas internacionales con índice de calidad relativo.....	274
10.2.2	Actas de congresos internacionales.....	275
10.2.3	Actas de talleres internacionales.....	275
10.2.4	Actas de congresos nacionales.....	276
10.2.5	Actas de talleres nacionales.....	276
10.2.6	Otras revistas no indexadas.....	276
10.2.7	Artículos en proceso de revisión.....	277
10.2.8	Resumen de publicaciones.....	277
10.3	Estancias de Investigación.....	277
10.4	Becas y galardones.....	278
10.5	Trabajos futuros.....	278

Derivación, Evaluación y Mejora de la Calidad de Arquitecturas Software en el Desarrollo de Líneas de Producto Software Dirigido por Modelos

Javier González Huerta

Directores: Dra. Silvia Abrahão y Dr. Emilio Insfrán

11	Conclusions and Further Work	281
11.1	Conclusions.....	281
11.1.1	Analysis of the product architecture derivation methods.....	282
11.1.2	Analysis of the product architecture evaluation methods.....	282
11.1.3	Definition of the multimodel with product-line viewpoint support.....	283
11.1.4	Definition of the product architecture derivation, evaluation and improvement process	284
11.1.5	Empirical validation of the proposed method.....	285
11.2	Related publications.....	287
11.2.1	Refereed International Indexed Journals (JCR).....	287
11.2.2	Refereed International Conferences.....	288
11.2.3	Refereed International Workshops	289
11.2.4	Refereed National Conferences	289
11.2.5	Refereed National Workshops.....	289
11.2.6	Other Journals	290
11.2.7	Ongoing papers.....	290
11.2.8	Summary and quality of the publications	290
11.3	Research stays	290
11.4	Grants and awards	291
11.5	Further works	291
	Apéndice A: Case Study Materials	295

Derivación, Evaluación y Mejora de la Calidad de Arquitecturas Software en el Desarrollo de Líneas de Producto Software Dirigido por Modelos

Javier González Huerta

Directores: Dra. Silvia Abrahão y Dr. Emilio Insfrán

A.1	Case Study Booklet	295
A.1.1	Problem Description	295
A.1.2	System Requirements.....	295
A.1.3	Experimental Tasks.....	297
A.2	Feature model and feature description	307
A.3	Impacts among quality attributes	314
A.4	Relationships among elements on different viewpoints.....	315
A.5	Subjective Questionnaire.....	318
A.6	Leveling Questionnaire.....	323
Apéndice B. Material experimental		327
B.1	Ejemplos de la arquitectura software, patrones y métricas	327
B.1.1.	Arquitectura software	327
B.1.2.	Árbol de utilidad de ATAM.....	328
B.1.3.	Patrones Arquitectónicos.....	328
B.1.4.	Métricas.....	331
B.1.5.	Arquitectura resultante tras la aplicación de los patrones	332
B.2	Cuestionario de evaluación de las variables subjetivas	333