

• 1400191483
Copia 1

**Medición del Factor Modificabilidad
en el Proyecto LESD**

Núria Castell
Olga Slávkova

Report LSI-94-18-R

 **UPC**
Facultat d'Informàtica
de Barcelona - Biblioteca

27 MAYO 1994

MEDICIÓN DEL FACTOR MODIFICABILIDAD EN EL PROYECTO LESD

Nuria Castell, Olga Slavkova

Departament LSI, Universitat Politècnica de Catalunya,

08028 Barcelona, Spain.

Email: castell@lsi.upc.es

Email: slavkova@lsi.upc.es

Resumen

El proyecto LESD (Linguistic Engineering for Software Development) tiene como objetivo el desarrollo de herramientas informáticas para el análisis y el razonamiento sobre especificaciones funcionales o preliminares en inglés de software aeroespacial. Estas herramientas ayudarán a controlar la calidad del software a desarrollar en su primera etapa: la fase de especificación. Como factores principales de calidad de las especificaciones en LESD se han considerado la trazabilidad, la modificabilidad, la completitud, la consistencia y la verificabilidad. En este trabajo se define el factor modificabilidad y se describe el modelo matemático para su evaluación. Se da un ejemplo para ilustrar la medición de la modificabilidad.

Abstract

The LESD project (Linguistic Engineering for Software Development) aims to develop a set of computer tools for analysing and reasoning about aerospace software functional specifications in English. These tools will help to control the software quality at its first step: the specification phase. As specifications quality factors LESD considers traceability, modifiability, completeness, consistency and verifiability. This paper deals with one of them: the modifiability factor, defining the concept and describing the mathematic model used to evaluate this factor. An example is given to illustrate the modifiability measurement.

1 Introducción: el proyecto LESD

El proyecto LESD (Linguistic Engineering for Software Development) [Borillo,91] nace en el centro ARAMIHS de Toulouse (Francia), centro creado mediante acuerdo entre el CNRS y la empresa MATRA MARCONI SPACE. En el proyecto participan investigadores del IRIT (Institut de Recherche en Informatique de Toulouse), de la Universidad de Ciencias Paul Sabatier, de la Universidad de Letras Le Mirail, de la empresa MATRA y, desde hace tres años, a través de una acción integrada hispano-francesa, algunos investigadores de la Universitat Politècnica de Catalunya. La finalidad de LESD es el desarrollo de herramientas informáticas para el análisis y el razonamiento sobre especificaciones funcionales o preliminares en inglés de software aeroespacial.

La arquitectura actual de LESD [Castell,94] se divide en dos partes: la primera engloba el análisis sintáctico-semántico y de dominio de las especificaciones, obteniéndose la representación conceptual de las mismas (por tanto nos situamos en el marco de la Ingeniería Lingüística); la segunda entra en el campo de la Inteligencia Artificial y engloba los mecanismos de razonamiento sobre la representación de los requerimientos.

El trabajo hasta ahora realizado en el proyecto LESD ha consistido en el desarrollo de los analizadores sintáctico y semántico de dichas especificaciones, el estudio del conocimiento necesario para la interpretación de las mismas, el diseño de un sistema de representación del conocimiento adecuado (usando un formalismo basado en frames) y la implementación de mecanismos de razonamiento para la evaluación a nivel simbólico de los factores de calidad de las especificaciones, siempre dentro de un dominio espacial. Los requerimientos que componen una especificación son analizados sucesivamente e interpretados siendo posteriormente integrados a la Base de requerimientos tomando en consideración la representación del dominio (Base de Conocimiento).

Se ha definido la tipología de los objetos y las actividades del dominio, así como el conjunto de relaciones para estructurar el léxico y las entidades del dominio: taxonómicas (la relación *is-a*), meronómicas (descomposición de un objeto en sus componentes), temporales (especialmente entre actividades), de caracterización (por ejemplo *status* caracteriza *system*) y de funcionalidad temática (*agente, objeto...*).

Además del control simbólico de la calidad, actualmente se están añadiendo algoritmos de medición de los cinco factores de calidad de las especificaciones considerados en LESD: trazabilidad, modificabilidad, completitud, consistencia y verificabilidad. La evaluación a nivel simbólico de estos factores supone el desarrollo de algoritmos de razonamiento sobre la representación conceptual de las especificaciones en lenguaje natural.

Hasta ahora se ha desarrollado un factor de calidad particularmente importante en el diseño de software: la trazabilidad [Borillo,92]. En la definición de este factor en LESD se ha optado por un enfoque interactivo en el cual el ingeniero plantea una consulta precisando un conjunto de entidades ligadas entre sí mediante relaciones. La respuesta del sistema consiste en una lista de requerimientos cuya representación conceptual posee esas entidades

y relaciones. Una descripción detallada del proceso puede verse en [Toussaint,92]. El algoritmo desarrollado para analizar las consultas y calcular las respuestas está basado en la noción de tipo. Por tanto los requerimientos seleccionados son aquellos cuyas entidades son del tipo de la entidad dada en la consulta. Esto permite clasificar los requerimientos del más específico al más general en función de la derivación (mediante la relación **is-a**) entre las entidades presentes en la consulta y las entidades presentes en cada requerimiento. El cálculo de las respuestas supone la activación de un mecanismo de inferencias sobre la base de conocimiento.

Uno de los propósitos de LESD actualmente consiste en estudiar el factor modificabilidad, extrapolando los mecanismos ya implementados en el entorno del proyecto. En los siguientes párrafos se desarrollan y fundamentan la definición del factor modificabilidad y las fórmulas para su evaluación.

2 Definición del factor modificabilidad en LESD

El tratamiento de la modificabilidad de las especificaciones en LESD tiene que abarcar dos tareas: primera, analizar el nivel de complejidad de las modificaciones tanto en el conjunto de todos los requerimientos (medición global) como para cada requerimiento en particular (medición local); segunda, seleccionar la lista de los requerimientos que pueden ser afectados por una modificación en particular. La automatización del tratamiento de la modificabilidad de las especificaciones permitirá conseguir la objetividad de la evaluación tanto global como local y evitará faltas en la lista de requerimientos a revisar como consecuencia de una modificación realizada.

En [IEEE,84] la modificabilidad de las especificaciones se define en función del nivel de redundancia y de la facilidad, completitud y consistencia de las modificaciones. La redundancia y la facilidad de realizar las modificaciones en el conjunto de requerimientos que representan las especificaciones en LESD se caracterizan por el nivel de interconexión entre los requerimientos. La idea intuitiva es evidente: mientras más alto es el nivel de interconexión más difícil se hace la modificación y crece la posibilidad de detectar redundancia de los requerimientos. Por su parte, la completitud y la consistencia de las modificaciones dependen del nivel de propagación de una modificación concreta en todos los requerimientos directa o indirectamente afectados por dicha modificación. De esta forma hemos fundamentado la formalización del concepto de modificabilidad en LESD en función de nivel de interconexión entre los requerimientos. La interconexión entre diferentes requerimientos se define por el uso común de conceptos definidos en el dominio de LESD (i.e., por la información mutua).

El modelo de medición de la modificabilidad, además de indicar el nivel global de modificabilidad del conjunto de requerimientos, tiene que ser apropiado para definir el nivel local de modificabilidad en caso de una modificación concreta e indicar el subconjunto de los requerimientos a modificar (posiblemente) como consecuencia de esta modificación.

El modelo matemático más adecuado para cuantificar la información mutua en un conjunto de requerimientos via conceptos (definidos en el dominio en LESD) en uso común es el descrito en [Emden,70]. El modelo ha sido adaptado para el cálculo del nivel de complejidad de un programa en [Robillard,89]. En este modelo las interconexiones en un conjunto de predicados via objetos en uso común se representan por la siguiente matriz de interconexiones:

$$matriz(objeto_i, predicado_j) = \begin{cases} X, & \text{si el predicado contiene el objeto,} \\ 0, & \text{en caso contrario.} \end{cases}$$

La construcción de la matriz de interconexiones para el conjunto de los requerimientos se explica en el párrafo 4; antes veremos la aplicación de las fórmulas desarrolladas en [Emden,70] para la evaluación de la información mutua en caso de la medición global de la modificabilidad de los requerimientos en LESD.

3 Medición global de la modificabilidad

La cantidad de la información mutua C de un conjunto es el indicador del nivel de interconexión entre los elementos de este conjunto y se define en [Emden,70] como diferencia entre entropías. Las fórmulas para el cálculo de la entropía y la información mutua propuestas en [Emden,70] para una m -partición de un conjunto de n elementos son:

$$H = \log n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m n_i \log n_i$$

$$C = \sum_{i=1}^m H_i - H$$

Para poder aplicar el modelo matemático de Emden sobre el conjunto de requerimientos de las especificaciones en LESD, consideremos una m -partición del conjunto de n requerimientos en subconjuntos mutuamente independientes tal que los n_i requerimientos de cada subconjunto; ($i = 1, m$) están interconectados via conceptos comunes y

$$\sum_{i=1}^m n_i = n$$

Asociemos a las m particiones el conjunto de números no negativos $\{\frac{n_1}{n}, \dots, \frac{n_m}{n}\}$;

$$\sum_{i=1}^m \frac{n_i}{n} = 1$$

Es evidente que cada número $\frac{n_i}{n}$ indica la probabilidad de que un requerimiento pertenezca a la partición; Definiremos ahora la interconexión entre dos requerimientos en términos de la matriz de interconexión.

Dos requerimientos i y j están interconectados si existe por lo menos una entidad k t.q. $Matriz(i,k) \neq 0$ y $Matriz(j,k) \neq 0$

La entropía H_i se calcula considerando sólo los n_i requerimientos del subconjunto_i. En general puede existir una k -partición del subconjunto_i. En este caso la medición de H_i se realiza con la siguiente fórmula:

$$H_i = \log n_i - \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^k n_{ij} \log n_{ij}$$

En caso de que en un (sub)conjunto de k requerimientos no exista partición, la fórmula para calcular la entropía será equivalente a la fórmula de cálculo de la entropía propuesta en [Robillard,89]:

$$H = \log k - \frac{1}{k} \sum_{i=1}^l p_i \log p_i$$

donde l es la cantidad de diferentes configuraciones de los valores en las filas de la matriz de interconexiones y p_i es la cantidad de veces que se repite la configuración_i. Para calcular l y p_i consideremos la siguiente definición:

Dos requerimientos i y j tienen la misma configuración si para todas las columnas de la submatriz que corresponde al subconjunto de requerimientos se cumple:

$$Matriz(i, columna) \neq 0 \iff Matriz(j, columna) \neq 0$$

Si además de tener la misma configuración, todos los valores de las filas coinciden, podemos decir que tenemos *redundancia* en la base de requerimientos en LESD.

Para poder medir el nivel de interconexión independientemente del tamaño del conjunto de los requerimientos, se define una métrica nueva **Interconnectivity Level**:

$$IL = \frac{C}{\log n}$$

La cantidad $\log n$ representa la entropía máxima del conjunto de los requerimientos, por lo tanto normaliza de forma lógica la cantidad C .

Para realizar los cálculos de las medidas H, C, H_i y de la métrica IL se necesita una matriz de interconexiones entre los requerimientos análoga a la matriz de relaciones predicado-objeto utilizada en [Emden,70] que tiene que construirse automáticamente a partir de la base de requerimientos en LESD.

4 Matriz de interconexiones de los requerimientos

Definimos la matriz de interconexiones de los requerimientos de la siguiente forma: cada fila de la matriz corresponde a la **identificación de un requerimiento** y las columnas corresponden a las diferentes **entidades** (i.e., objetos, actividades, relaciones temporales). Los valores de $Matriz(fila_i, columna_j)$ pueden ser:

- **1**, si la dependencia entidad; $_j$ -requerimiento; es de primer nivel (i.e., la entidad; se menciona explícitamente en el requerimiento;);
- \neg **1**, si la entidad; de primer nivel de dependencia está negada;
- **2**, si la dependencia entidad; $_j$ -requerimiento; es de segundo nivel (i.e., la entidad; se menciona explícitamente en el requerimiento;, pero depende de otra entidad mencionada explícitamente);
- \neg **2**, si la entidad; de segundo nivel de dependencia está negada;
- **3**, si la dependencia entidad; $_j$ -requerimiento; es de tercer nivel (i.e., si la entidad; se relaciona mediante relaciones del dominio con las entidades de primer o segundo nivel de dependencia);
- **0**, en el resto de los casos.

La construcción de la matriz de interconexiones se realiza analizando uno por uno los requerimientos. Para cada requerimiento a analizar se crea una fila nueva y se ejecutan los siguientes pasos:

Paso 1. Se marcan con **1** o \neg **1** las columnas que corresponden a las entidades de primer nivel de dependencia y con **2** o \neg **2** las columnas que corresponden a las entidades de segundo nivel de dependencia. Para aquellas entidades que todavía no están incluidas como columnas se añaden columnas nuevas.

Paso 2. Localización de las entidades de tercer nivel de dependencia:

2.1 Si la entidad referenciada es un objeto específico o una subclase: se marcan con **3** las columnas de los objetos/ clases mas generales según las relaciones taxonómicas/ meronómicas para esta entidad. Si no están, se añaden columnas nuevas.

2.2 Si la entidad es un objeto general o una clase: se marcan con **3** todos sus componentes/ subclases según las relaciones taxonómicas / meronómicas para esta entidad. Si no están, se añaden columnas nuevas.

Paso 3. A todos los elementos de la matriz que no tienen valores **1**, \neg **1**, **2**, \neg **2** o **3** se les asigna valor **0**.

Para definir la m -partición del conjunto de los requerimientos tenemos que obtener los requerimientos interconectados via entidades comunes de los m subconjuntos mutuamente independientes siguiendo los pasos indicados:

Paso 1. Definimos la submatriz de interconexiones del requerimiento₁.

La primera fila pertenece a la submatriz; cada nueva fila añadida a la submatriz corresponde a un requerimiento interconectado con los ya incluidos anteriormente (según la definición de la interconexión).

Las columnas marcadas en el requerimiento₁ pertenecen a la submatriz. Posteriormente se añaden todas las columnas marcadas en las filas nuevas y diferentes a las escogidas anteriormente.

Paso 2. Excluir de la matriz las n_1 filas de la submatriz definida en el paso 1.

Paso 3. Repetir los pasos 1 y 2 para cada nueva matriz hasta haber definido todas las submatrices y de esta forma todos los subconjuntos _{i} , $i = 1, m$ de requerimientos interconectados.

Sobre las m submatrices se pueden calcular las medidas H_i , $i = 1, m$. Sobre la matriz de interconexión se calculan las medidas H y C . En base a estas medidas se obtiene el valor de la métrica IIL de modificabilidad global de requerimientos.

Las filas que componen una submatriz corresponden al subconjunto de requerimientos posiblemente a modificar si se realizan modificaciones en dicho subconjunto.

En [Robillard,89] se propone el concepto de perfil de complejidad que visualiza de forma gráfica el nivel de complejidad de cada instrucción del programa. Para el tratamiento de la modificabilidad, desde el punto de vista del usuario, también sería útil tener un perfil de la modificabilidad de los requerimientos que permita visualizar el peso individual de cada requerimiento en la modificabilidad del conjunto de los requerimientos.

5 Medición local de la modificabilidad

Para evaluar localmente la modificabilidad de un requerimiento se define otra métrica *Individual Interconnectivity Level* que refleja la relación entre el nivel de interconexión individual de un requerimiento _{i} y el nivel de interconexión global del conjunto de requerimientos C :

$$IIL = \frac{C_i}{C}$$

Podemos diferenciar dos casos de cálculo de C_i :

- si nos interesa el nivel de interconexión del requerimiento _{i} considerando todos sus entidades (tanto las referenciadas directamente como las relacionadas), C_i se calcula sobre la submatriz del subconjunto al cual pertenece el requerimiento _{i} ;
- si nos interesa el nivel de interconexión del requerimiento _{i} considerando un subconjunto de dichas entidades, la submatriz se construirá siguiendo los mismos pasos, pero cambiando la definición de la interconexión por la siguiente:

Dos requerimientos i y j están interconectados si para cada elemento k del subconjunto de entidades se cumple: $Matriz(i,k) \neq 0$ y $Matriz(j,k) \neq 0$

Ilustraremos las evaluaciones global y local con un conjunto concreto de requerimientos.

6 Ejemplo de medición de la modificabilidad en LESD

Para facilitar la ilustración del cálculo de la modificabilidad consideremos la siguiente representación conceptual del requerimiento:

```
< id_req > -  
    activity: < value >  
    agent: < value >  
    object: < value >  
    time: < value >
```

Para diferenciar en la matriz de interconexiones las entidades de primer, segundo y tercer nivel de dependencia establecemos el siguiente convenio en la representación conceptual de los requerimientos:

```
< value > corresponde a una entidad de primer nivel;  
( < value > ) establece orden de dependencia de las entidades de segundo nivel;  
( < value > ) corresponde a una entidad de tercer nivel.
```

Consideremos el siguiente conjunto de requerimientos:

- req.1 The IOI-GS shall control the automatic systems of the flight configuration.
- req.2 The IOI-GS shall obtain and analyse memory dumps from any computer on-board the space vehicle.
- req.3 The IOI-GS shall monitor the use of flight configuration on-board resources by the systems and payloads.
- req.4 The IOI-GS shall monitor the status of the space vehicle.
- req.5 The IOI-GS shall monitor the health and safety of the space vehicle.
- req.6 The IOI-GS shall monitor the configuration data of the space vehicle with regards to equipment and software.
- req.7 The IOI-GS shall monitor subsystems and cargo resources data.
- req.8 The IOI-GS shall monitor continuously the use of resources by the space vehicle.
- req.9 During the launch phase, the IOI-GS shall receive space vehicle telemetries to follow the progress of this phase.
- req.10 During the launch phase, the IOI-GS shall monitor crew status, space vehicle subsystems and trajectory.
- req.11 Each audio emergency signal shall have a tone specific to each emergency condition.
- req.12 The visual annunciation shall indicate the specific emergency condition.
- req.13 Hardware failures shall not result in software executing hazardous operations.
- req.14 Hardware failures shall not be compromised by the software design.
- req.15 Operation staff shall be able to override an automatic switch - over capability.

La representación conceptual de los requerimientos para este conjunto será:

```
req.1 -  
    activity: control  
    agent: ioigs (system)
```

object: automatic system (*system*) (flight configuration)

req.2 -

activity: obtain (*monitor*), analyse (*monitor*)

agent: ioigs (*system*)

object: memory dump (*data*) (computer), space vehicle (*equipment, software, hardware*)

req.3 -

activity: monitor (*obtain, analyse, receive*)

agent: ioigs (*system*)

object: use (resources, flight-configuration, system, payloads)

req.4 -

activity: monitor (*obtain, analyse, receive*)

agent: ioigs (*system*)

object: status (*data*) (space vehicle (*equipment, software, hardware*))

req.5 -

activity: monitor (*obtain, analyse, receive*)

agent: ioigs (*system*)

object: health (*status, data*), safety (*status, data*), space vehicle (*equipment, software, hardware*)

req.6 -

activity: monitor (*obtain, analyse, receive*)

agent: ioigs (*system*)

object: configuration data (space vehicle (*equipment, software*)) (*data*)

req.7 -

activity: monitor (*obtain, analyse, receive*)

agent: ioigs (*system*)

object: cargo resources data (*cargo, resources, data*), subsystems (*system*)

req.8 -

activity: monitor (*obtain, analyse, receive*)

agent: ioigs (*system*)

object: use (resources, space vehicle (*equipment, software, hardware*))

req.9 -

activity: receive (*monitor*)

agent: ioigs (*system*)

object: telemetry (space vehicle (*equipment, software, hardware*))

but: follow (progress)

time: launch phase

- req.10** –
 activity: **monitor** (*obtain, analyse, receive*)
 agent: **ioigs** (*system*)
 object: **status (crew), space vehicle (equipment, software, hardware), subsystem (system), trajectory (data)**
 time: **launch phase**
- req.11** –
 activity: **have**
 agent: **audio emergency signal** (*emergency annunciation, signal*)
 object: **tone** (*emergency condition (state)*)
- req.12** –
 activity: **indicate**
 agent: **visual annunciation** (*emergency annunciation, signal*)
 object: **emergency condition** (*state*)
- req.13** –
 activity: **not activate**
 agent: **hardware failures** (*hardware, space-vehicle*)
 object: **software executing hazardous operations** (*software, space-vehicle*)
- req.14** –
 activity: **not be compromised**
 agent: **software design** (*software, space-vehicle*)
 object: **hardware failures** (*hardware, space-vehicle*)
- req.15** –
 activity: **override**
 agent: **operaton staff** (*staff*)
 object: **automatic switch – over capability**

La matriz de interconexión correspondiente al conjunto de requerimientos es (hemos cambiado las filas y las columnas para facilitar su presentación):

<i>columna</i>	<i>req₁</i>	<i>req₂</i>	<i>req₃</i>	<i>req₄</i>	<i>req₅</i>	<i>req₆</i>	<i>req₇</i>	<i>req₈</i>	<i>req₉</i>	<i>req₁₀</i>	<i>req₁₁</i>	<i>req₁₂</i>	<i>req₁₃</i>	<i>req₁₄</i>	<i>req₁₅</i>
control	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IOIGS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
system	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0
autom. system	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
flight config.	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
obtain	0	1	3	3	3	3	3	3	0	3	0	0	0	0	0
analyse	0	1	3	3	3	3	3	3	0	3	0	0	0	0	0
monitor	0	3	1	1	1	1	1	1	3	1	0	0	0	0	0
receive	0	0	3	3	3	3	3	3	1	3	0	0	0	0	0
memory dump	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
data	0	3	0	3	3	3	3	0	0	3	0	0	0	0	0
computer	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
space-vehicle	0	1	0	1	1	2	0	2	1	1	0	0	3	3	0
equipment	0	3	0	3	3	2	0	3	3	3	0	0	0	0	0
software	0	3	0	3	3	2	0	3	3	3	0	0	3	3	0
hardware	0	3	0	3	3	0	0	3	3	3	0	0	3	3	0
resource	0	0	2	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0
payload	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
use	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
status	0	0	0	1	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
health	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
safety	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
config.data	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cargo	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
cargo res.data	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
subsystems	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
telemetry	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
follow	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
progress	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
launch phase	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0
crew	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
trajectory	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
have	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
audio em.signal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
em. annunciation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0
emergency cond.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0
tone	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
indicate	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
visual annun.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
activate	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0
hardware failure	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
soft.ex.hazar.op.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
be compromised	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
soft.design	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
override	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

operation staff	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
staff	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
aut.switch.capab.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
signal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0
state	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0

Los valores de las variables del modelo para este caso son:

$$m = 3; \quad n = 15$$

$$n_1 = 12(\text{requerimientos } 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14)$$

$$n_2 = 2(\text{requerimientos } 11, 12)$$

$$n_3 = 1(\text{requerimiento } 15)$$

La submatriz₁ se compone por las filas 1 ... 10, 13, 14 y por las columnas 1 ... 32, 40 ... 44.

$$\forall i: i = 1, 12: p_i = 1$$

$$H_1 = \log 12 - \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} p_i \log p_i$$

$$H_1 = \log 12$$

La submatriz₂ se compone por las filas 11, 12 y por las columnas 33 ... 39, 49, 50.

$$\forall i: i = 1, 2: p_i = 1$$

$$H_2 = \log 2 - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 p_i \log p_i; \quad H_2 = \log 2$$

La submatriz₃ se compone por la fila 15 y por las columnas 45 ... 48.

$$H_3 = \log 1$$

Los valores de H, C, IL para la matriz de interconexiones son:

$$H = \log 15 - \frac{1}{15}(12 \log 12 + 2 \log 2 + 1 \log 1); \quad H = 0.62771$$

$$C = (\log 12 + \log 2) - H; \quad C = 2.5503$$

$$IIL = C / \log 15; \quad IIL = 0.94177$$

Para ilustrar el cálculo de nivel individual de interconexión tomaremos el caso de requerimiento 2 y el subconjunto de actividades (system, automatic system). La submatriz correspondiente está formada por las filas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y las columnas 1, 4...33. Los valores de las medidas y las métricas para este caso son:

$$m = 2; \quad n_1 = 1 \text{ (requerimiento 1)}; \quad n_2 = 9 \text{ (requerimientos 2...9)}$$

La submatriz₁ se compone por la fila 1 y por las columnas 1, 4, 5.

$$H_1 = \log 1$$

La submatriz₂ se compone por las filas 2...10 y por las columnas 6...32.

$$\forall i : i = 2, 10 : p_i = 1$$

$$H_2 = \log 9 - \frac{1}{9} \sum_{i=2}^{10} p_i \log p_i; \quad H_2 = \log 9$$

Los valores de H, C, IIL para el requerimiento₂ son:

$$H = \log 10 - \frac{1}{10} 9 \log 9; \quad H = 0.325$$

$$C_2 = \log 9 - H; \quad C_2 = 1.8721$$

$$IIL = \frac{C_2}{2.5503}; \quad IIL = 0.73409$$

7 Conclusiones y trabajo futuro

El trabajo hasta ahora realizado en la primera fase del proyecto LESD ha consistido en el desarrollo de herramientas para el análisis de especificaciones escritas en lenguaje natural. Se han fijado cinco factores de calidad de las especificaciones (trazabilidad, completitud,

consistencia, verificabilidad y modificabilidad), habiéndose creado ya las técnicas de evaluación de la trazabilidad, y actualmente se están desarrollando e implementando los algoritmos de razonamiento sobre la representación conceptual de las especificaciones correspondientes a la modificabilidad, siempre dentro de un dominio espacial.

En función de los algoritmos de evaluación que obtengamos, se construirá el sistema de control de calidad de las especificaciones, basado en la medición cuantitativa del software [Slavkova,93].

7 Referencias

[Emden,70] M.H.van Emden: *Hierarchical Decomposition of Complexity*. MACHINE INTELLIGENCE 5, Pag.361- 380 (1970).

[Robillard,89] P.N.Robillard, G.Boloix: *The Interconnectivity Metrics: A New Metric Showing How a Program is Organized*. The Journal of Systems and Software 10, 29-39 (1989).

[Borillo, 91] Borillo M., Toussaint Y., Borillo A.: *Motivations du project LESD*. Conferencia Linguistic Engineering'91, Versailles, Francia (16-17 Enero 1991).

[Borillo, 92] Borillo M., Castell N., Latour D., Toussaint Y., Vardejo M.F.: *Applying Linguistic Engineering to Software Engineering: The traceability problem*. The European Conference on Artificial Intelligence (ECAI92), Viena, Austria (Agosto 1992).

[Castell, 94] Castell N., Slavkova O., Tuells T., Toussaint Y.: *Quality Control of Software Specifications Written in Natural Language*. Report LSI-94, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España.

[IEEE, 84] *IEEE Guide to Software Requirements Specifications*, ANSI/IEEE Std 729-1983 (1983).

[Slavkova, 93] Slavkova O.: *Modelo para el control de calidad en LESD basado en la medición del software*. Report LSI-93-26-R, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España (1993).

[Toussaint, 92] Toussaint Y.: *Méthodes Informatiques et Linguistiques pour l'aide a la Spécification de Logiciel*. Tesis Doctoral. Universidad Paul Sabatier, Toulouse, Francia (1992).

Departament de Llenguatges i Sistemes Informàtics
Universitat Politècnica de Catalunya

Research Reports – 1994

- LSI-94-1-R “Logspace and logtime leaf languages”, Birgit Jenner, Pierre McKenzie, and Denis Thérien.
- LSI-94-2-R “Degrees and reducibilities of easy tally sets”, Montserrat Hermo.
- LSI-94-3-R “Isothetic polyhedra and monotone boolean formulae”, Robert Juan-Arinyo.
- LSI-94-4-R “Una modelización de la incompletitud en los programas” (written in Spanish), Javier Pérez Campo.
- LSI-94-5-R “A multiple shooting vectorial algorithm for progressive radiosity”, Blanca Garcia and Xavier Pueyo.
- LSI-94-6-R “Construction of the Face Octree model”, Núria Pla-Garcia.
- LSI-94-7-R “On the expected depth of boolean circuits”, Josep Díaz, María J. Serna, Paul Spirakis, and Jacobo Torán.
- LSI-94-8-R “A transformation scheme for double recursion”, José L. Balcázar.
- LSI-94-9-R “On architectures for federated DB systems”, Fèlix Saltor, Benet Campderrich, and Manuel García-Solaco.
- LSI-94-10-R “Relative knowledge and belief: SKL preferred model frames”, Matías Alvarado.
- LSI-94-11-R “A top-down design of a parallel dictionary using skip lists”, Joaquim Gabarró, Conrado Martínez, and Xavier Messeguer.
- LSI-94-12-R “Analysis of an optimized search algorithm for skip lists”, Peter Kirschenhofer, Conrado Martínez, and Helmut Prodinger.
- LSI-94-13-R “Bases de dades bitemporals” (written in Catalan), Carme Martín and Jaume Sistac.
- LSI-94-14-R “A volume visualization algorithm using a coherent extended weight matrix”, Daniela Tost, Anna Puig, and Isabel Navazo.
- LSI-94-15-R “Deriving transaction specifications from deductive conceptual models of information systems”, María Ribera Sancho and Antoni Olivé.
- LSI-94-16-R “Some remarks on the approximability of graph layout problems”, Josep Díaz, María J. Serna, and Paul Spirakis.

LSI-94-17-R "SAREL: An assistance system for writing software specifications in natural language", Núria Castell and Àngels Hernández.

LSI-94-18-R "Medición del factor modificabilidad en el proyecto LESD" (written in Spanish), Núria Castell and Olga Slávkova

LSI-94-19-R "Algorismes paral·lels SIMD d'extracció de models de fronteres a partir d'arbres octals no exactes" (written in Catalan), Jaume Solé and Robert Juan-Arinyo.

LSI-94-20-R "Una paral·lelització SIMD de la conversió d'objectes codificats segons el model de fronteres al mdel d'octrees clàssics" (written in Catalan), Jaume Solé and Robert Juan-Arinyo.

Copies of reports can be ordered from:

Nuria Sánchez
Departament de Llenguatges i Sistemes Informàtics
Universitat Politècnica de Catalunya
Pau Gargallo, 5
08028 Barcelona, Spain
secrelsi@lsi.upc.es