

Serie de proyectos de investigación en Ingeniería de Software

Documento No. 1

Tomás Balderas Contreras
tbaldera@mail.cs.buap.mx
Coordinación de Ciencias de la Computación
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica
Curso de Ingeniería de Software

24 de agosto, 2002

Contenido

1	Falla del vuelo 501 del cohete Ariane 5	1
1.1	Sistema de control de vuelo	2
1.2	Detalles del suceso	2
1.3	Descripción de la falla de software	3
2	Proyecto Guía SWEBOK	3
2.1	Historia del proyecto	4
2.2	Descripción de la guía	4
	Referencias	5

1 Falla del vuelo 501 del cohete Ariane 5

Los cohetes Ariane son lanzadores no tripulados construidos por la Agencia Espacial Europea (ESA) y son empleados para colocar su carga útil en la órbita de la Tierra, los cohetes son lanzados desde Kourou en la Guayana Francesa. El 4 de junio de 1996 el vuelo 501, el primero, del lanzador Ariane 5 fracasó, provocando la autodestrucción del cohete y la pérdida de su carga útil que incluía varios satélites. La figura 1 muestra un diagrama del cohete con indicaciones de sus componentes.

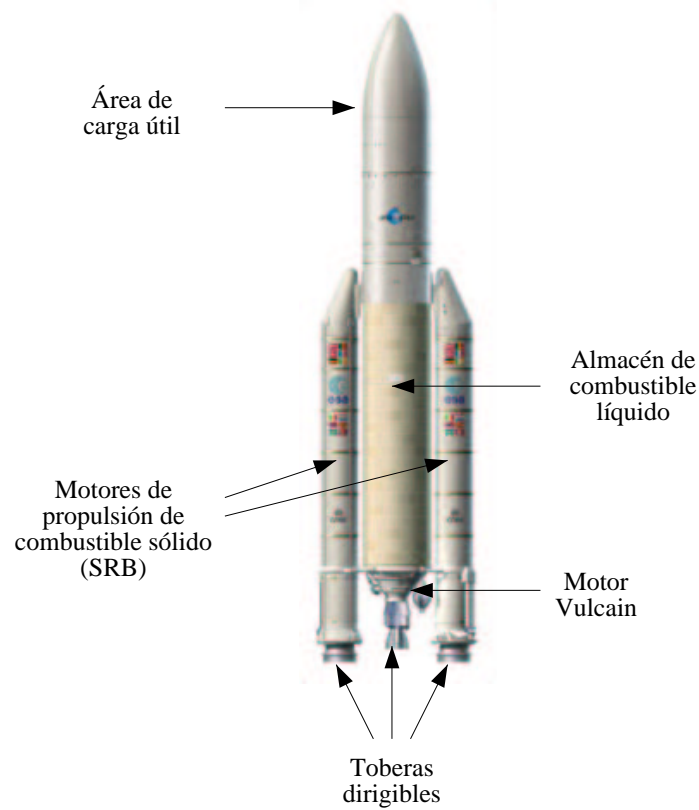


Figura 1: Diagrama del cohete Ariane 5.

1.1 Sistema de control de vuelo

El sistema de control de vuelo del Ariane 5 está compuesto por el Sistema de Referencia Inercial (SRI) que calcula la posición y los movimientos del cohete, y la Computadora de a Bordo (OBC) que, en base a la información transmitida por el SRI, ejecuta el programa de vuelo y controla todas las toberas del lanzador. Existen dos SRIs idénticos en hardware y software, uno está activo y el otro funciona como respaldo. La OBC y otros componentes también están duplicados con el propósito de incrementar la confiabilidad del sistema de control de vuelo.

1.2 Detalles del suceso

La comisión encargada de determinar las causas del incidente estableció en su reporte la siguiente sucesión de eventos que provocaron el fracaso de la misión, en base a la documentación disponible y a la inspección de los componentes del sistema de control que fueron recuperados [1]:

- La secuencia de autodestrucción inició 39 segundos después del despegue y a casi 4000 metros de altitud, ocurrió como consecuencia de la desintegración del cohete debido a un ángulo de ataque de más de 20 grados.
- El ángulo de ataque excesivo fue causado por el giro de las toberas de los SRBs y del motor Vulcain a sus posiciones extremas. Este giro fue ordenado por el software de la OBC en base a la información proporcionada por el SRI activo.
- La información transmitida por el SRI activo fue un valor de diagnóstico que la OBC interpretó como información de vuelo. Este valor fue originado por una excepción de software ocurrida en ambos SRIs, que dejaron de funcionar debido a sus políticas de manejo de excepciones.
- La OBC no pudo conmutar al SRI de respaldo pues este dejó de funcionar 72 ms antes, es decir, 36.7 segundos después del despegue.

1.3 Descripción de la falla de software

La excepción en el software de los SRIs tuvo lugar durante la conversión de un valor de punto flotante de 64 bits a un valor entero con signo de 16 bits pues el valor de punto flotante era mayor al valor entero más grande que puede ser representado por un entero con signo de 16 bits (32767). Este valor de punto flotante (BH), inesperadamente alto, está relacionado con la velocidad horizontal medida. Además esta conversión no contaba con ningún tipo de protección para evitar la excepción, aún cuando otras variables en el mismo módulo sí contaban con tal protección.

Esencialmente el SRI del Ariane 5 es igual al del Ariane 4. El módulo que originó la excepción está activo antes del lanzamiento y durante 40 segundos después del despegue. Sin embargo no se ha presentado la misma falla en los vuelos del Ariane 4 pues su trayectoria es tal que el valor de la variable relacionada con la velocidad horizontal (BH) no alcanza un valor fuera de los límites establecidos por el software. Sin embargo, la aceleración inicial y la trayectoria del Ariane 5 provocan que la velocidad horizontal se incremente más rápido y el valor de BH crezca hasta generar la excepción, todo durante los 40 segundos en que dicho módulo no realiza ninguna operación relevante para el Ariane 5.

De acuerdo con el reporte de la comisión [1, 2], la pérdida de información referente a la posición del cohete se debió a errores de especificación y diseño del software de los SRIs. El error no fue detectado durante las fases de revisión y pruebas pues ni el SRI ni el sistema de control de vuelo completo fueron adecuadamente analizados y verificados con datos sobre la trayectoria y condiciones de vuelo del Ariane 5.

2 Proyecto Guía SWEBOK

El objetivo general de este proyecto es lograr el reconocimiento de la Ingeniería de Software como una profesión y una auténtica disciplina de ingeniería, lo que

tendrá como consecuencia la constante actualización de los profesionales y el mejoramiento de su nivel de competencia. Para lograr este objetivo se propone la acreditación de los planes de estudio en Ingeniería de Software de las universidades así como la expedición de certificaciones y licencias a los profesionistas en esta área. Sin embargo, para realizar todos estos planes y alcanzar el grado de profesionalización deseado es necesario contar con un cuerpo central de conocimientos en Ingeniería de Software, es decir, una suma, consensada y generalmente aceptada, de conocimientos en el área que sirva como base para la evaluación de planes de estudio, la elaboración de exámenes de certificación, etc.

2.1 Historia del proyecto

Desde 1993 ha habido esfuerzos por parte de los miembros de la Sociedad de Computación del IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) y de la ACM (Association for Computing Machinery) para identificar y delimitar a la Ingeniería de Software como una profesión. En 1994 hubo un acuerdo entre las dos asociaciones para formar un comité conjunto cuya misión fue establecer criterios y normas para la práctica profesional de la Ingeniería de Software que sirvieran de base a la toma de decisiones al respecto en la industria, a las certificaciones profesionales y a los planes de estudio.

Como resultado de las actividades realizadas por el comité ahora los ingenieros de software, las corporaciones y otras organizaciones cuentan, desde 1998, con un código de ética y práctica profesional en Ingeniería de Software que tiene la aprobación y el respaldo de la Sociedad de Computación del IEEE y de la ACM. También fue establecido un conjunto de criterios para acreditación en Ingeniería de Software que ha sido utilizado. El siguiente paso fue elaborar un compendio del conocimiento disponible en Ingeniería de Software que contara con el consenso y la aprobación de la comunidad involucrada. Este es el origen del proyecto Guía SWEBOK (Guide to the Software Engineering Body Of Knowledge).

La elaboración de la guía ha pasado por tres etapas. La primera de ellas (*strawman*) concluyó con la publicación de una versión preliminar que fue un modelo de organización de las versiones posteriores. Con la publicación de [4] culmina la segunda fase (*stoneman*). La tercera fase (*ironman*) comenzará en cuanto se tenga disponible información sobre la aplicación de la guía por varios miles de seguidores del proyecto.

2.2 Descripción de la guía

La Guía SWEBOK tiene la finalidad de organizar el cuerpo de conocimientos acumulado durante más de 30 años que debe ser dominado por cada ingeniero de software. Este cuerpo de conocimientos está dividido en diez áreas de conocimiento que ocupan, cada una, un capítulo propio en la guía. Cada capítulo está escrito por uno o más especialistas en el área correspondiente y proporciona, entre otros puntos, la descripción de dicha área, una selección de

temas concernientes a esta y una lista de referencias a capítulos de libros y artículos que porporcionan mas información. Las áreas que considera la guía son:

- Administración de la configuración del software
- Construcción del software
- Diseño del software
- Métodos y herramientas de la Ingeniería de Software
- Administración de la Ingeniería de Software
- Proceso de Ingeniería de Software
- Mantenimiento y evolución del software
- Análisis de la calidad del software
- Análisis de requerimientos del software
- Pruebas del software.

La guía no está enfocada en la descripción detallada de tecnologías específicas existentes, sino en sus principios generales. Relacionado con esto la guía establece un cuerpo necesario, mas no suficiente, de conocimientos que se encuentran delimitados por el ámbito de la Ingeniería de Software. También menciona la existencia de conocimientos de otras disciplinas muy relacionadas (ciencias de la computación, administración de proyectos, etc.) que cada ingeniero de software debe poseer.

La guía SWEBOK difiere de un libro de texto en Ingeniería de Software en que su propósito no es definir el cuerpo de conocimientos, sino proporcionar una orientación sobre la organización de este conjunto de conocimientos y las referencias de consulta disponibles para comprenderlo. Es de esperar que tanto la guía como el conocimiento evolucionen a través de los años y no se mantengan estáticos.

Referencias

- [1] Inquiry Board. 1996. ARIANE 5 - Flight 501 Failure. Inquiry Board report.
- [2] Le Lann, G. 1997. An Analisis of the Ariane 5 Flight 501 Failure - A System Engineering Perspective. En *Proc. of the 1997 Workshop on Engineering of Computer-Based Systems*.
- [3] Bourque, P., R. Dupuis, A. Abran, J. W. Moore y L. L. Tripp. 1999. The Guide to the Software Engineering Body of Knowledge. *IEEE Software* 16(6):35-44.

- [4] Abran, A. y J. W. Moore editores ejecutivos. P. Bourque, R. Dupuis y L. L. Tripp editores. 2001. *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge: Trial Version*. California: IEEE Computer Society Press.