Universidad Nacional de Rosario

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura

Resúmen I

Ingeniería de Software I

Autor:
Arroyo, Joaquín

22 de junio de 2023

1. Introducción

1.1. ¿Que es la Ingeniería de Software?

Enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable del desarrollo, operación y mantenimiento de software. NATO, 1968

La construcción de múltiples versiones de un software llevada a cabo por múltiples personas. Parnas, 1978

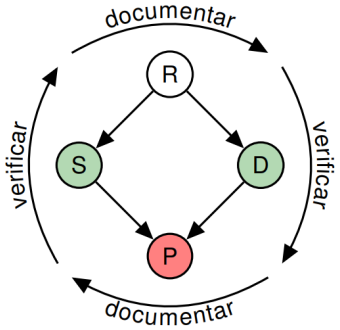
Construcción de software de una envergadura o complejidad tales que debe ser construido por equipos de ingenieros. Ghezzi, 1991

En resumen, la Ingeniería de Software es o debería ser:

- Desarrollo de software de dimensión industrial
- Desarrollo sistemático, disciplinado y cuantificable
- Desarrollo de productos que tienen una vida muy larga
- Desarrollo en equipo
- Diseños estándar
- Producir software garantizado

1.2. Las cuatro descripciones fundamentales

- Requerimientos del usuario (R) (Única descripción informal)
- Diseño de la estructura del programa (D)
- Especificación funcional del programa (S)
- Programa (P)



1.3. ¿Que debe saber un Ingeniero de Software?

- Dominar a fondo las técnicas de descripción. Esencialmente debe dominar los lenguajes formales
- Etender qué hace que una descripción particular sirva o no para un propósito determinado
- Moverse en distintos niveles de abstracción
- Describir modelos mediante lenguajes formales
- Verificar propiedades de los modelos
- Escribir modelos formales y abstractos del programa
- Documentar y validar los requerimientos del usuario
- Escribir un modelo abstracto semiformal del diseño

- Escribir una especificación funcional abstracta y formal
- Verificar que el programa satisface el diseño y la especificación funcional

1.4. Proceso de desarrollo de Software

El proceso que se sigue para construir, entregar y hacer evolucionar el software, desde la concepción de una idea hasta la entrega y el retiro del sistema.

Propiedades: confiable, predecible y eficiente.

Dividir una tarea compleja en etapas manejables, determinar el orden de las etapas, criterio de transición para pasar a la siguiente etapa, criterio para determinar la finalización de cada etapa, criterio para comenzar y elegir la siguiente.

Existen varios modelos de desarrollo que se pueden seguir:

- **Modelo de Cascada**:

  Primera versión: Flujo secuencial entre las etapas, cada etapa tiene una entrada y una salida, para comenzar con una etapa deben haber finalizado las anteriores.

  Versión actual: Es posible volver a las etapas anteriores, no es necesario haber terminado con las anteriores, la verificación no se hace solo al final.

- **Modelo de transformaciones formales**:

  S se transforma progresivamente en un modelo menos abstracto.

  $-abstracto = +concreto = +refinado$

  Cada ref_i es una transformación formal que devuelve un modelo más concreto.

  P $\Rightarrow S_{n-1} \Rightarrow ... \Rightarrow S_1 \Rightarrow S$

  La transformación final devuelve P. De esta forma P es correcto por construcción.

- **Desarrollo ágil**:

  Se basa en desarrollo iterativo e incremental

  Descompone las tareas en pequeños incrementos con mínima planificación

  Las iteraciones duran entre 2 y 4 semanas

  En cada iteración un equipo realiza R, D, P y verificación para implementar un incremento

  El sistema resultante se muestra al cliente

  Comunicación cara a cara más que documentos técnicos

  El equipo incluye a un representante del cliente

  Software que funciona es la medida de progreso

  Técnicas que se usan: xUnit, pair programming, test driven development, patrones de diseño, etc.

1.5. Introducción a los Métodos Formales

Lenguajes, técnicas y herramientas basadas en matemática y/o lógica para describir y verificar sistemas de software

Comprenden: Lenguajes de especificación formal, verificación de modelos (model checking), prueba de teoremas, testing basado en modelos, cálculo de refinamiento.

Varios estándares internacionales exigen el uso de métodos formales: RTCA DO-178B, IEC SCAISRS, ESA SES, etc.

Lenguajes de especificación formal: Una sintaxis formal y estandarizada. Una semántica formal descripta en términos operativos, denotacionales o lógicos. Un aparato deductivo, también formal, que permite manipular los elementos del lenguaje según su sintaxis para demostrar teoremas.

Especificación funcional(S): Los lenguajes de especificación formal se usan casi siempre para escribir la especificación funcional de un programa. S es el criterio de corrección para P.

1.6. Requisitos vs Especificaciones

Los requisitos son declaraciones o descripciones de las funcionalidades, características y restricciones que debe cumplir un sistema o software. Representan las necesidades y expectativas de los usuarios, clientes u otras partes interesadas.

Las especificaciones son descripciones detalladas y técnicas de cómo se implementarán los requisitos del sistema o software. Estas descripciones suelen incluir información sobre el diseño, la arquitectura, los algoritmos, las interfaces y otros detalles técnicos necesarios para construir el sistema.

2. Z

2.1. Definiciones básicas

2.1.1. Tipos de datos elementales

Siempre en mayuscula y entre corchetes, por ejemplo:
[TITULO, DIRECTOR, GUIONISTA]

2.1.2. Tipos de datos enumerados

$msg ::= ok \mid error$

2.1.3. Conjuntos

Siempre los conjuntos se definen a partir del conjunto base $\mathbb{Z}$, por ejemplo:
$\mathbb{N} == \{n : \mathbb{Z} \mid n \geq 0\}$, $DINERO == \mathbb{N}$

2.1.4. Axiomas

Los axiomas se definen en cajas como la siguiente, sin nombre. Los identificadores que se utilizan en las demás definiciones, son los que se definen en dicho axioma, y estos funcionan como una *'variable global'*.

Por ejemplo:

$$size : \mathbb{N}$$
$$\hline$$
$$size = 10$$

2.2. Máquinas jerárquicas

Supongamos que queremos especificar una base de datos de Películas, podríamos definir las siguientes máquinas, teniendo en cuenta los tipos definidos en la sección anterior:

Pelicula
$$dirs : \mathbb{P}\, DIRECTOR$$
$$guions : \mathbb{P}\, GUIONISTA$$

BD
$$peliculas : TITULO \pfun Pelicula$$

SIEMPRE hacer el Init de las máquinas

PeliculaInit
$$Pelicula$$
$$\hline$$
$$dirs = \emptyset$$
$$guions = \emptyset$$

BDInit
$$BD$$
$$\hline$$
$$peliculas = \emptyset$$

2.3. Transiciones

Tenemos dos tipos, las Δ y las Ξ, en la primera, uno tiene que asignar un valor a las variables primadas, en la otra, las variables primadas quedan con el mismo valor implicitamente. Tomando como ejemplo las definiciones de la sección anterior, tenemos:

PeliculaDelta

$\Delta Pelicula$
...

...
$dirs' = dirs \cup ...$
$guions' = guions \cup ...$

PeliculaXi

$\Xi Pelicula$
...

...

2.4. Promoción de operaciones

Esto se utiliza, cuando tenemos una operación definida en un nivel de una máquina, y queremos pasarla a otra máquina de mayor nivel, que en su definición, incluye dicha máquina de menor nivel.

Supongamos que tenemos las máquinas definidas en las secciones anteriores, en dicho caso, *Pelicula* es la máquina de menor jerarquía, y *BD* la de mayor.

Para realizar la promoción, se utiliza el operador θ, el cual construye instancias de un tipo; θA construye una instancia del tipo A. Si A es:

A

$x : X$
$y : Y$

entonces las instancias de A son registros de la forma:

$< x : cte\_de\_tipo\_x, y : cte\_de\_tipo\_y >$

donde $cte\_de\_tipo\_x$ y $cte\_de\_tipo\_y$ son constantes de tipo X e Y, respectivamente. Esto se interpreta diciendo que la variable x vale $cte\_de\_tipo\_x$ y lo mismo para y. Por lo tanto, θA construye tuplas de esa forma.

Una expresión θ no dice qué instancia en particular se crea, sino que da las reglas para crearla. Estas condiciones hay que buscarlas en el esquema donde aparecen las expresiones θ y son:

- Todos los predicados del esquema en los cuales aparecen las expresiones θ.
- Para las expresiones de la forma θA, todos los predicados donde aparecen libres las variables que se declaran en A.
- Siempre se utiliza para los tipos esquema; es decir los tipos que definen los esquemas.
- Para las expresiones de la forma $\theta A'$, todos los predicados donde aparecen libres y primadas las variables que se declaran en A.
- Para encontrar esos predicados muchas veces es necesario expandir esquemas.

Para ver el funcionamiento de θ supongamos que tenemos la siguiente operación, la cuál modifica un director de una película.

A nivel de *Pelicula* tenemos:

ModificarDirOk

$\Delta Pelicula$
$do? : DIRECTOR$
$dn? : DIRECTOR$
$rep! : MSG$

$do? \in dirs$
$dn? \notin dirs$
$dirs' = (dirs \setminus do?) \cup dn?$
$guions' = guions$
$rep! = ok$

Para pasar a nivel de *BD*, realizamos lo siguiente:

ModificarDirBDOk

ΔBD
$ModificarDir$
$t? : TITULO$
$rep! : MSG$

$t? \in dom(peliculas)$
$peliculas(t) = \theta Pelicula$
$peliculas' = peliculas \oplus \{t? \pfun \theta Pelicula'\}$
$rep! = ok$

Se utiliza la operación *ModificarDir* (Completa), en la operación de la máquina de mayor nivel.
(Notar que en ambos casos, faltaría definir las operaciones $'error'$ para poder definir las operaciones completas).
En algunos casos, se puede realizar un *Marco de promoción* general, para evitar redundancia.
Por ejemplo:

PeliculaABD

ΔBD
$\Delta Pelicula$
$t? : TITULO$

$t? \in dom(peliculas)$
$peliculas(t?) = \theta Pelicula$
$peliculas' = peliculas \oplus \{t? \pfun \theta Pelicula'\}$

Esto nos permite definir las siguientes operaciones *ModificarDirBDOk* y *ModificarGuiBDOk* de una forma mas sencilla:
$ModificarDirBDOk == PeliculaABD \land ModificarDir$
$ModificarGuiBDOk == PeliculaABD \land ModificarGui$

En caso de que no nos alcance el marco general, podemos agregar lo que nos falta de la siguiente forma:
$ModificarDirBDOk == [PeliculaABD;\ ... \mid ...] \land ModificarDir$

También se puede hacer promoción de operaciones a varios elementos(batch) de la siguiente forma:

ModificarDirBatchOk

ΔBD
$batch? : TITULO \pfun PELICULA$
$rep! : MSG$

$dom(batch?) \subseteq dom(peliculas)$
$ran(batch?) \subseteq ran(peliculas)$
$peliculas' = peliculas \oplus \{t? : dom(batch?);\ ModificarDir \mid peliculas(t) = \theta Pelicula \bullet t \pfun \theta Pelicula'\}$
$rep! = ok$

2.5. Propagación de errores en promoción

Teniendo el ejemplo anterior, supongamos que tenemos dos errores a nivel de *Pelicula*(máquina inferior) los cuales son *PeliculaError*1 y *PeliculaError*2, que aplican sobre *ModificarDir*, y además que tenemos un error a nivel *BD*(máquina superior), *BDError*1. Para pasar los errores de la máquina inferior, a la definición final de *ModificarDir* a nivel de máquina superior, lo hacemos de la siguiente manera:

$ModificarDirBD == ModificarDirBDOk \lor BDError1 \lor (\Xi BD \land (PeliculaError1 \lor PeliculaError2))$

2.6. Composición de operaciones

Se utiliza el operador $\fatsemi$, por ejemplo $OP1 == OP2 \fatsemi OP3$

La definición formal de este operador es la siguiente, supongamos que $OP2$ y $OP3$ se definen sobre el esquema E el cual declara las variables $e1$ y $e2$, la composición entre $OP2$ y $OP3$ se define de la siguiente forma:

$OP2 \fatsemi OP3 == (OP2[e1''/e1', e2''/e2'] \land OP3[e1''/e1, e2''/e2])\backslash(e1'', e2'')$

donde $\backslash(e1'', e2'')$ oculta las variables introducidas por el renombramiento, de manera tal que desaparece el estado intermedio, esto quiere decir, si tenemos:

$A == [x : X;\ y : Y \mid P(x, y)]$

entonces el esquema $B == A\backslash(x)$

nos deja $B == [y : Y \mid \exists x \bullet P(x, y)]$

Generalmente, se utiliza el reemplazo de variables en estos casos, ya que $OP2$ y $OP3$ pueden tener variables de entrada que coinciden, o se puede dar el problema que se detalla en la siguiente sección. Esto se realiza de la siguiente manera:

$OP2[n1?/n?] \fatsemi OP3[n2?/n?]$

Se cambia $n?$ por $n1?$ en $OP1$ y $n?$ por $n2?$ en $OP2$. Esto se debe realizar de una forma coherente dependiendo como se componen $OP1$ y $OP2$.

2.7. Problema de promoción de dos o más operaciones

Supongamos el siguiente escenario:

$A == [x : X, y : Y]$, $B == [v, w : A]$

$AOP_s == [\Delta A \mid P_s]$, $AOP_t == [\Delta A \mid P_t]$

Si queremos hacer la siguiente operación, que aplique una operación sobre v y otra sobre w:

OP_{12}

$\Delta B;\ AOP_s;\ AOP_t$

$v = \theta A \land v' = \theta A'$
$w = \theta A \land w' = \theta A'$

Lo cual no es correcto, ya que implica que $v = w \land v' = w'$

La solución es utilizar decoración de variable de la siguiente forma:
$AOP_u == AOP_t[x_1/x, x_2/x', y_1/y, y_2/y']$
Luego, tenemos

OP_{12}
$\Delta B;\ AOP_s;\ AOP_u$

$v = \theta A \land v' = \theta A'$
$w = \theta A_1 \land w' = \theta A_2$

Por convención, 1 es el estado actual y 2 el estado siguiente.
Tener cuidado cuando se hace composición ya que este problema puede aparecer y es necesario el renombramiento.

2.8. Funciones booleanas

Las funciones(parciales) booleanas son funciones que parten de cierto tipo y llegan al tipo *Bool*. Por ejemplo, si modelamos una guardia de hospital donde hemos declarado el tipo (básico) *PACIENTE* podríamos definir la función booleana $atendido : PACIENTE \pfun Bool$ tal que si atendido p es verdadero significa que el paciente p ya fue atendido, y si es falso significa que aun no fue atendido.
El tema es que en Z no existe el tipo *Bool* (aunque se lo podría definir como un tipo enumerado, $Bool :: t \mid f$) y las funciones booleanas no son en absoluto necesarias, y en general son perjudiciales e indican que el especificador no domina completamente la notación Z.
Toda función booleana en Z puede (y debe) ser reemplazada por un conjunto.

2.9. Invariantes

Los invariantes se pueden definir en la definición(valga la redundancia) de las máquinas jerárquicas, o al estilo de B o TLA en una definición aparte:
Estilo 1:

Pelicula
$dirs : \mathbb{P}\ DIRECTOR$
$guions : \mathbb{P}\ GUIONISTA$
$\forall\ d : dirs \bullet d : guions$

Estilo 2:

PeliculaInv
Pelicula

$\forall\ d : dirs \bullet d : guions$

Generalmente elegimos utilizar el **Estilo 2** porque es ventajoso para el programador y obliga al especificador a escribir especificaciones más claras dado que debe hacer explícitas todas las precondiciones.

2.10. Obligaciones de prueba

Lemas de invariancia:
Sean $A_1, A_2, ..., A_n$ las operaciones de una especifiación.
Sea I una invariante de dicha especificación.
Sea S_0 el estado inicial de la especificación.
Entonces, se deben probar los siguientes lemas de invariancia:
$L_i, L_{A_1}, L_{A_2}, ..., L_{A_n}$ donde
$L_i = I \land S_0 \Rightarrow I'$
$L_{A_i} = I \land A_i \Rightarrow I'$ con $i = 1, ..., n$
Esto quiere decir, si el invariante vale en el estado de partida, y ejecuto la operación, en el estado que me devuelve dicha operación, sigue valiendo el invariante.

2.11. Definición de funciones extra

Se pueden definir funciones extra, que no esten definidas por defecto en Z, segun convenciencia. Por ejemplo, podemos definir la función *sum* de una secuencia de enteros, o una función *len* sobre secuencias de cualquier tipo X:

$$
\begin{array}{|l}
sum : \operatorname{seq} \mathbb{Z} \to \mathbb{Z} \\
\hline
sum \langle\rangle = 0 \\
\forall\, s : \operatorname{seq} \mathbb{Z};\ n : \mathbb{Z} \bullet sum(s \frown \langle n \rangle) = n + sum(s)
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{|l}
\forall\, X \bullet len : \operatorname{seq} X \to \mathbb{N} \\
\hline
len \langle\rangle = 0 \\
\forall\, X \bullet \forall\, s : \operatorname{seq} X, x : X \bullet len(s \frown \langle x \rangle) = 1 + len(s)
\end{array}
$$

3. Referencias

- J.-R. Abrial. The B-book: Assigning Programs to Meanings. Cambridge University Press, New York, NY, USA, 1996.
- Brian Berenbach, Daniel Paulish, Juergen Kazmeier, and Arnold Rudorfer. Software & Systems Requirements Engineering: In Practice. McGraw-Hill, Inc., New York, NY, USA, 2009.
- Frank Buschmann, Regine Meunier, Hans Rohnert, Peter Sommerlad, and Michael Stad. Pattern-Oriented Software Architecture — A System of Patterns. John Wiley Press, 1996.
- Paul Clements, David Garlan, Len Bass, Judith Stafford, Robert Nord, James Ivers, and Reed Little. Documenting Software Architectures: Views and Beyond. Pearson Education, 2002.
- Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson, and John Vlissides. Patrones de diseño. Addison Wesley, 2003.
- Carlo Ghezzi, Mehdi Jazayeri, and Dino Mandrioli. Fundamentals of software engineering (2. ed.). Prentice Hall, 2003.
- David Harel. Statecharts: A visual formalism for complex systems. Sci. Comput. Program., 8:231–274, June 1987.
- Michael Huth and Mark Ryan. Logic in Computer Science: Modelling and Reasoning about Systems. Cambridge University Press, New York, NY, USA, 2004.
- Michael Jackson. Software requirements & specifications: a lexicon of practice, principles and prejudices. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., New York, NY, USA, 1995.
- D. L. Parnas. On the criteria to be used in decomposing systems into modules. Commun. ACM, 15:1053–1058, December 1972.
- B. Potter, D. Till, and J. Sinclair. An introduction to formal specification and Z. Prentice Hall PTR Upper Saddle River, NJ, USA, 1996.
- A. W. Roscoe. The Theory and Practice of Concurrency. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, USA, 1997.