

Comunicació Estratificada

(La difícil tasca d'identificar. Número 3)

Josep M. Merenciano

Departament de Llenguatges i Sistemes Informàtics
Universitat Politècnica de Catalunya

meren@lsi.upc.edu

Maig de 2012

Resum

A [\[Mer12b\]](#) hem analitzat les propietats que ha de tenir un model per tal de poder ser comunicable. Els models emprats en el desenvolupament del software expressen tant abstraccions com realitzacions d'aquestes abstraccions. En aquest treball analitzem com el fet de treballar amb models a dos nivells (abstraccions i realitzacions) exigeix introduir noves condicions per a la comunicabilitat del model

Abstract

In [\[Mer12b\]](#) we have analyzed the properties that should have a model to be communicable. Models used in the software development express both abstractions and realizations of these abstractions. In this paper we analyze how two-level models (abstractions and realizations) require introducing new conditions for model communicability

1	Gènesi	3
2	Esbós del camí	5
3	Estratificació i nivells d'abstracció	5
	3.1 Les abstraccions com a fragments	5
	3.2 Models estratificats	7
	3.3 Relació de modelització amb nivells	9
4	Construcció d'un model estratificat	9
	4.1 Múltiples models	9
	4.2 Demostració de l'estratificació	11
5	Llenguatge de noms i estratificació	13
	5.1 Un possible llenguatge	13
	5.2 Problemàtica del llenguatge proposat	14
	5.3 Estratificació del llenguatge	15
6	Comunicació estratificada: resum	20
	6.1 Model sobre les abstraccions	20
	6.2 El llenguatge de comunicació	20
7	La comunicació estratificada és possible	21
8	Principis i definicions	23
9	Referències	24

1 Gènesi

Observació inicial. Aquest apartat es repeteix en tots els informes de la sèrie *La difícil tasca d'identificar*. Per aquest motiu el fons és de color gris.

Ús de coneixement implícit. En la meua experiència en l'ensenyament (des del 2005) de les tècniques i mètodes de l'enginyeria del Software aviat em vaig adonar de com els professionals prenem algunes decisions tant inconscientment que ens sembla inconcebible que algú altre (els estudiants) pugui prendre decisions diferents. En l'anàlisi del motiu d'aquesta discrepància vaig descobrir que molts cops darrera hi havia un coneixement per part del docent o professional que era desconegut per l'estudiant. El sorprenent del cas era que aquest coneixement, fruit d'anys d'experiència i de múltiples lectures, era encapsulable en alguns principis simples, tant d'enunciació com d'aplicació.

L'Enginyeria del Software encapsula el coneixement. Però aquesta és justament l'essència de l'Enginyeria del Software. La disciplina, l'art, l'habilitat i la professió d'adquirir i aplicar coneixements científics, matemàtics, econòmics, socials i pràctics, en el desenvolupament de software¹ és tant la capacitat de reproduir desenvolupaments com la capacitat d'encapsular l'experiència prèvia, pròpia o d'altri, de transmetre-la i d'usar el coneixement rebut a través de l'experiència d'altres.

Transmissió errònia de coneixement. Des d'aquest punt de vista, la discrepància entre el docent i el discent no és deguda a una manca del discent, ans a una manca del docent. L'origen de la discrepància rau en la incapacitat del docent d'haver transmès al discent la seva experiència; el docent de l'Enginyeria del Software falla en no usar ell mateix les tècniques i mètodes que pretén ensenyar.

Propòsit d'esmena. Arribats a aquesta conclusió només hi havia un camí a seguir. Calia detectar les discrepàncies i per cadascuna analitzar quin era el coneixement emprat implícitament pel professional, explicitar-lo, i encapsular-lo en uns pocs principis simples. I això fer-ho extensiu en tot el contingut de l'assignatura Enginyeria del Software:Disseny² de la que l'autor n'era responsable. En alguns casos l'explicitació del coneixement ha estat simple, d'altres força més complex. Un cop explicitat el coneixement sovint els principis apareixien per si sols, bé per tractar-se de principis fortament coneguts, bé per tractar-se de principis extensament usats tot i que potser no explicitats o sense un nom d'ús universal. De tot plegat en sorgí un llibre (inèdit, però accessible pels estudiants de l'assignatura) on a mesura que es va avançant en un desenvolupament es van analitzant les diferents decisions possibles, els seus avantatges i inconvenients, com les anàlisis es poden encapsular en principis, i com l'ús d'aquests principis simplifica el desenvolupament.

¹Viquipèdia. Entrada "Enginyeria".

²Enginyeria Tècnica en Informàtica de Gestió, Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú. El darrer cop que es donà aquesta assignatura, per extinció del pla, fou la primavera de 2012.

La problemàtica dels identificadors. El què, el perquè, el com i el quan dels identificadors ha esdevingut un obstacle feixuc. Poca cosa hi ha en la bibliografia aplicable al context que m'interessava (visió des de l'especificació i des del disseny, fugint d'implementacions concretes com les bases de dades o l'orientació a objectes), i en canvi són molts els dubtes que els apareixen als estudiants. Per resoldre la problemàtica vaig introduir un capítol en el llibre usat com a material docent que desenvolupés els principis pertinents. Però les premisses emprades en aquests principis estaven farcides de coneixement implícit, la qual cosa les feia incomprendibles als estudiants. Calia explicitar aquest coneixement i presentar nous principis. La bola de neu s'anà fent gran i cada cop més tècnica. El resultat queda lluny del nivell dels estudiants als qui originalment anava destinat.

Informes de recerca amb origen en material docent. El material que tot i ser originalment docent és més de recerca que de transmissió docent l'he refet en termes d'informes de recerca, tot i mantenint l'estil de la redacció. El resultat és un híbrid: el contingut és més de recerca que docent, però l'estil i l'estructura el permet emprar com a material de consulta en cursos superiors.

Un apunt sobre l'estil. Com a material docent un text ha de permetre múltiples lectures: una ràpida que ens permeti situar dins la problemàtica, una pausada d'aprenentatge del contingut, lectures ràpides d'estudi i repàs, ús com a material de referència, accés ràpid a contingut antic relacionat amb el contingut nou, etc. Per aquest motiu aquest text conté diferents índexs, múltiples referències creuades, repeticions volgudes de contingut (amb el mateix text o amb text alternatiu, amb ús de diferents registres o nivells de formalisme,...), i els paràgrafs es presenten com un unitat semàntica. Aquesta darrera afirmació significa que cada paràgraf introdueix una sola idea o conseqüència; i aquesta idea es pot plasmar o resumir en el títol que encapçala el propi paràgraf. El resultat és un text més llarg del necessari per a la simple exposició, potser més feixuc a voltes, però que facilita gran part de les múltiples lectures exigides a un material docent.

2 Esbós del camí

Les abstraccions. Les abstraccions són un mecanisme simplificador que permet reduir la complexitat de les descripcions. D'aquí el seu ús intensiu en el moment de descriure realitats o plantejar models.

Comunicació d'abstraccions. A [Mer12b], hem analitzat les condicions necessàries per a fer possible la comunicació. Ara ens plantejem com cal modificar aquestes condicions davant la presència d'abstraccions i de les realitzacions d'aquestes.

Estratificació. Si fins ara exigíem la *coherència* del model per a poder permetre la comunicació, la presència de les abstraccions obliga a introduir unes condicions addicionals pel que fa a la interrelació entre les abstraccions i les diferents realitzacions. Aquestes condicions porten a definir el *model estratificat*. (Apartat 3.Estratificació i nivells d'abstracció, pàgina 5).

Construcció de models estratificats. Per construir un model estratificat procedim per nivells: construïm el model sobre les abstraccions; i a continuació per cada abstracció construïm el seu model. (Apartat 4.Construcció d'un model estratificat, pàgina 9).

Llenguatge estratificat. L'ús d'un model estratificat permet simplificar la condició del *Referent únic* del llenguatge emprat per la comunicació de les realitzacions. En concret n'hi ha prou en exigir el *Referent únic* dins de cada abstracció. El resultat és el *llenguatge estratificat*, on s'expressen per separat l'abstracció i la realització dins d'aquesta. (Apartat 5.Llenguatge de noms i estratificació, pàgina 13).

3 Estratificació i nivells d'abstracció

3.1 Les abstraccions com a fragments

Una qüestió per resoldre. Els fragments induïts per la modelització són els fragments màxims que es poden comunicar. Però la relaxació de les condicions necessàries per a la comunicació perfecta³ suggeria que la comunicació, allà on és possible, no es faci en la seva totalitat, sinó només dins de fragments. Quins són però els fragments que cal considerar?

³Vegeu l'apartat [Mer12b], apartat 6.1.Relaxació de les condicions, pàgina 24.

- (1) Com seleccionem els subconjunts del model i de la realitat⁴ que ens interessa comunicar?

Abstraccions i realitzacions. Tant les especificacions (món del problema) com els models (món de la solució) que manipulem consten d'*abstraccions* i *realitzacions*.

Necessitat de l'abstracció i de la realització. Considerarem que que tota realització només té sentit com a realització de l'abstracció que li és pròpia; i les abstraccions només tenen sentit si contenen alguna realització.

Comunicació doble. La consideració anterior fa que en cas que vulguem comunicar una realització també hem de poder comunicar l'abstracció; i en el cas que vulguem comunicar una abstracció també hem de poder comunicar les seves realitzacions.

(1)

Elements comunicables

Els elements que volem comunicar són les *abstraccions* dels fragments induïts per la modelització, i les corresponents *realitzacions*.

L'abstracció com a element. Tota *abstracció* és un *element* del món considerat. Per exemple: els *components* són elements del MODEL; els *conceptes* són elements de la REALITAT.

L'abstracció com a fragment. Una *abstracció* la podem veure com un *fragment* del món considerat; en concret com el fragment format per totes les realitzacions d'aquesta abstracció. Així, les abstraccions són un *mecanisme de fragmentació* del món considerat.

Un món de dos nivells. La doble visió d'una *abstracció* com a *element* del món, i com a *fragment* del mateix món, permet veure aquest món com una estructura amb dos nivells d'abstracció: el nivell de les *abstraccions* i el nivell de les *realitzacions*.

(2)

Fragments de comunicació

Una abstracció es pot veure com un fragment del món al que pertany. Per tant, cal assegurar que la comunicació sigui *possible* dins dels fragments expressats per les diferents abstraccions.

⁴Considerem els fragments del model i de la realitat induïts per la modelització. Per tant el que es tracta és de definir fragments dins d'aquests fragments.

3.2 Models estratificats

La relació de modelització. Sigui una *relació de modelització* $\text{REL}_{\text{model}}$ entre dos mons, estructurats en dos nivells d'abstracció cadascun d'ells. Això significa que aquesta relació ha d'estar definida tant per les realitzacions com per les abstraccions.

Necessitat d'isomorfia en els mons. Per tal que la comunicació sigui possible cal que el model sigui *isomorf* a la realitat modelitzada; i això significa exigir la *coherència* entre el model i la realitat.⁵

Preservar els nivells d'abstracció. La isomorfia entre mons estructurats a dos nivells significa que també aquesta estructuració ha de ser isomorfa. Així la coherència entre el món i la realitat no és suficient per a la comunicació perfecta; cal també que la relació de modelització mantingui l'estructuració en nivells d'abstracció.

Homogeneïtat de la modelització. Suposem un MODEL *coherent* amb la REALITAT. Per tal de preservar els nivells d'abstracció en primer lloc cal que la *modelització* d'una abstracció sigui una abstracció,⁶ i que la *modelització* d'una realització sigui una realització (i anàlogament per la *demodelització*).

Consistència en l'abstracció. Donats un model i una realitat *coherents* entre sí, la homogeneïtat de la modelització (d'abstraccions a abstraccions i de realitzacions a realitzacions) no és suficient per preservar els nivells d'abstracció. Cal també assegurar que en la *modelització* (o *demodelització*) les realitzacions no canvien d'abstracció. És a dir, cal assegurar que tota realització $\mathbf{b}:\mathbf{B}$ que és el model d'una realització $a:A$, és la realització d'un element \mathbf{B} que al seu torn és el model de l'element A del qual $a:A$ n'és una realització.

Definició. Consistència en l'abstracció. Donada una relació de modelització $\text{REL}_{\text{model}}$ sobre un MODEL i una REALITAT direm que la relació de modelització manté la consistència en l'abstracció quan per tota realització $a:A$ del model, si aquesta es modelitza amb un objecte \mathbf{b} , llavors necessàriament l'objecte \mathbf{b} ha de ser la realització d'un component \mathbf{B} que sigui model de A :

Consistència en l'abstracció

$$(\forall a : A)(\forall \mathbf{b} : \mathbf{B}) \{ \mathbf{b} : \mathbf{B} \in \text{model}(a:A) \Rightarrow \mathbf{B} \in \text{model}(A) \}^7$$

⁵Vegeu l'apartat [Mer12b], apartat 3.3.Isomorfia entre els dos mons, pàgina 9.

⁶Com que estem considerant un model i una realitat *coherents* entre sí, tenim que tant la *modelització* com la *demodelització* són unívokes. i això ens permet parlar del model d'un element com un altre element, i no pas com un conjunt d'elements.

⁷Si el model és *coherent* respecte la realitat modelitzada llavors la *consistència en l'abstracció* es pot expressar amb: $(\forall a : A)(\forall \mathbf{b} : \mathbf{B}) \{ \mathbf{b} : \mathbf{B} = \text{model}(a:A) \Rightarrow \mathbf{B} = \text{model}(A) \}$.

Definició. Model estratificat. Donada una relació de modelització que construeix un model MODEL coherent amb una determinada realitat REALITAT, direm que defineix un model estratificat si i només si es compleixen les següents condicions:

- **Homogeneïtat.** La modelització d'una abstracció és una abstracció; la modelització d'una realització és una realització; és a dir, la modelització no canvia el nivell d'abstracció dels elements involucrats.
- **Consistència en l'abstracció.** La relació de modelització compleix la propietat de la consistència en l'abstracció; és a dir, la modelització d'una realització no canvia l'abstracció d'aquesta.

Model estratificat. Un *model estratificat* és un model coherent amb la realitat que s'ha construït amb una relació de modelització homogènia (la modelització no barreja abstraccions i realitzacions) i que manté la consistència de les abstraccions. Un model és *coherent* amb una realitat si és complet i sòlid per a aquesta realitat, i si tant la modelització com la demodelització són unívocues.

Definició. Relació de modelització estratificada. Anomenarem relació de modelització estratificada a la relació de modelització que ens defineix un model estratificat.

(3)

Comunicació perfecta i nivells d'abstracció

Per tal que la comunicació perfecta de mons estructurats per nivells d'abstracció sigui possible, cal que el model sigui *estratificat*. És a dir:

- El model és *coherent* amb la realitat modelitzada
- Les abstraccions es modelitzen amb abstraccions
- Les realitzacions es modelitzen amb realitzacions
- La relació de modelització ha de mantenir la *consistència en l'abstracció*

Abstracció en els models estratificats. En un *model estratificat* quan diem que una abstracció B és el model de A, $model(A) = B$, estem dient que:

1. A és una abstracció
2. B és una abstracció
3. Les realitzacions de A són un *fragment* de la realitat
4. Les realitzacions de B són un *fragment* del model
5. B és el model del fragment de la realitat representat per A
6. B és el conjunt de tots els elements del model que són el model d'alguna realització de A.

Múltiple naturalesa de les abstraccions del model estratificat. Paga la pena repetir-ho: en un model estratificat una abstracció B del model és tant un *element* del model (en el nivell de les abstraccions), un *fragment* d'aquest (un conjunt de realitzacions), o un *model* en si mateix.

3.3 Relació de modelització amb nivells

Model abstracte i model concret. Una realització de modelització estratificada de fet defineix dos models: un *model abstracte* i un *model concret*. El *model abstracte* és el model de les abstraccions de la realitat; el *model concret* és el model de les realitzacions de la realitat.

No independència dels models. El *model concret* i el *model abstracte* definits per una mateixa relació de modelització estratificada no són independents: cal assegurar que la relació de modelització és *consistent amb l'abstracció*.

Model d'abstraccions i model de realitzacions. La propietat d'homogeneïtat de la relació de modelització assegura que els elements del model abstracte són abstraccions; i que els elements del model concret són realitzacions. Per tant el model abstracte és el fragment del model format per totes les seves abstraccions; i el model concret és el fragment del model format per totes les seves realitzacions.

Notació. El fragment de la realitat format només per les abstraccions d'aquesta l'expressarem amb $REAL_{Abs}$. El fragment del model format només per les abstraccions d'aquest l'expressarem amb $MODEL_{Abs}$.

Una o dues relacions de modelització. En un *model estratificat*, la doble essència de la *modelització*, d'abstraccions a abstraccions i de realitzacions a realitzacions, pot portar a pensar en dividir la *relació de modelització estratificada* en dues, una per les abstraccions, l'altra per les realitzacions; una és la responsable del *model abstracte*, l'altre del *model concret*. En aquest cas, però, calen mecanismes per assegurar la *consistència en l'abstracció*, és a dir, la correcta dependència entre el *model abstracte* i el *model concret* definits.

Relació de modelització a dos nivells. Una alternativa a la descomposició de la *relació de modelització estratificada* en una relació diferent per cada nivell d'abstracció, és la de considerar la *relació de modelització estratificada* com una *relació a dos nivells*: com a abstracció la *relació de modelització estratificada* s'aplica a les abstraccions; les realitzacions de la *relació de modelització estratificada* s'apliquen a les realitzacions de les abstraccions dels diferents mons. D'aquesta manera la *consistència en l'abstracció* queda assegurada pel propi mecanisme d'abstracció/realització de la *relació de modelització estratificada*.

4 Construcció d'un model estratificat

4.1 Múltiples models

Necessitat d'un model estratificat. Partim d'una realitat fragmentada en abstraccions, és a dir, estructurada en dos nivells d'abstracció. La conclusió

3, pàgina 8, exigeix que per a la comunicació el model sobre aquesta realitat ha de ser un model estratificat.

Model sobre les abstraccions. Construïm un model sobre les abstraccions de la realitat pertinent seguint els principis de modelització. La conclusió 16, pàgina 26, ens assegura que haurem obtingut un model *coherent* amb la realitat modelitzada i un llenguatge vàlid per a la comunicació (de les abstraccions).

Model sobre les realitzacions. Un cop construït el model sobre les abstraccions cal construir el model sobre les realitzacions. L'estratificació del model significa però que cada abstracció del model és al seu torn un model d'un fragment de la realitat. És a dir, *el model sobre les realitzacions que volem construir és la unió de totes les abstraccions del model vistes com a models*.

D'un a molts models. L'estratificació del model significa que tenim un model sobre les abstraccions de la realitat (el model abstracte). I que cada element B d'aquest model és un model sobre les realitzacions $a:A$ de la realitat que són realitzacions de l'abstracció A modelitzada per B . Tenim doncs tants models sobre realitzacions com abstraccions tingui el model.

L'abstracció com a model. Sigui B una abstracció del model tal que $model(A) = B$. Llavors B és un model del fragment de la realitat format per totes les realitzacions $a:A$ de A . Per tant, cal definir la relació de modelització entre les realitzacions de $a:A$ i els elements de B com a model. Però aquests elements són precisament les realitzacions $b:B$ de B .

Notació. El fragment de la realitat format per totes les realitzacions d'una abstracció A l'expressarem amb $REAL_A$. El fragment del model format per totes les realitzacions d'una abstracció B l'expressarem amb $MODEL_B$.

Construcció del model corresponent a una abstracció. Per cada abstracció B del model sobre les abstraccions, $MODEL_{Abs}$, construïm, seguint els principis de modelització, el model sobre les realitzacions de A (on A és la realitat modelitzada per B , $model(A) = B$). La conclusió 16, pàgina 26, de [Mer12b], ens assegura que haurem obtingut un conjunt de models *coherents* amb la realitat modelitzada i un conjunt de llenguatges vàlids per a la comunicació de realitzacions (de B o de A). Cal observar que cada llenguatge només és vàlid pel fragment pertinent.⁸

Dependència i independència. La construcció de cada model $MODEL_B$ és independent tant de la construcció dels altres models $MODEL_B$, com de la construcció del model $MODEL_{Abs}$ sobre les abstraccions. No es tracta però d'una independència pura, sinó que està supeditada a la condició de la *consistència en l'abstracció*.

⁸Aquí només ens interessen les condicions estructurals que permeten la comunicació, i que assegurin l'existència d'un llenguatge de comunicació; això és, la coherència dels models. A l'apartat 5.Llenguatge de noms i estratificació, pàgina 13, analitzem en profunditat com són els llenguatges de comunicació oferts pels diferents models, i com els usarem de cara a la comunicació.

Model de totes les realitzacions. La unió dels models MODEL_B , on B és una abstracció present en el model MODEL_{Abs} , l'anomenem *model de totes les realitzacions* relatives a MODEL_{Abs} , i l'expressem amb $\text{MODEL}_{Conc}(\text{MODEL}_{Abs})$.⁹

$$\text{MODEL}_{Conc}(\text{MODEL}_{Abs}) = \bigcup_{B \in \text{MODEL}_{Abs}} \text{MODEL}_B$$

Model abstracte i model concret: repetició i refinament.¹⁰ Una realització de modelització estratificada de fet defineix dos models: un *model abstracte* i un *model concret*. El *model abstracte* és el model de les abstraccions de la realitat MODEL_{Abs} ; el *model concret* és el model de les realitzacions de la realitat relatives al *model abstracte*: $\text{MODEL}_{Conc}(\text{MODEL}_{Abs})$.

4.2 Demostració de l'estratificació

Consistència en l'abstracció, de la unió de models. El model MODEL format per la unió del model sobre les abstraccions, MODEL_{Abs} , amb la unió del model de totes les realitzacions relatives a MODEL_{Abs} , és un model *consistent en l'abstracció*:

$$\text{MODEL} = \text{MODEL}_{Abs} \cup \bigcup_{B \in \text{MODEL}_{Abs}} \text{MODEL}_B \quad \text{és consistent en l'abstracció}$$

Esbós de la demostració

- *Consistència intra-fragment.* En el moment d'iniciar la construcció d'un model MODEL_B sabem que B és una abstracció. Per tant, per la unicitat de la demodelització i la solidesa del model MODEL_{Abs} , tenim que hi ha un únic A tal que $\text{model}(A) = B$. Per altra banda, la coherència del model MODEL_B que construïm assegura que per a tota realització $\mathbf{b}:B$ hi ha una única realització x tal que $\text{model}(x) = \mathbf{b}:B$. Per construcció del model MODEL_B , necessàriament x és una realització de A . D'aquesta manera la consistència en l'abstracció és assegurada dins de cada fragment.
- *Consistència extra-fragment: modelització.* Pot ser que una mateixa realització $x:A$ de la realitat sigui modelitzada per dues realitzacions \mathbf{y}, \mathbf{z} diferents? Per la *coherència* de cada fragment això només és possible si les realitzacions que modelitzen x pertanyen a fragments diferents: $\mathbf{y} \in \text{MODEL}_B$ i $\mathbf{z} \in \text{MODEL}_C$. Però el fragment de les realitzacions de A es modelitza amb el fragment MODEL_Z on Z és el model de A . En aquest cas veiem que

⁹El subíndex *Conc* significa *concrecions*, en contraposició a *abstraccions*.

¹⁰Repetim aquí el paràgraf amb el mateix títol que apareix a la pàgina 9 afegint però la notació i la terminologia que hem desenvolupat en l'apartat que ara conclouem.

hi ha dos fragments del model que “capturen” realitzacions de A , i per tant el model de A ha de contenir les dues abstraccions pertinents: $B \in \text{model}(A)$ i $C \in \text{model}(A)$. Però això es contradiu amb la *coherència*¹¹ del model sobre les abstraccions MODEL_{Abs} .

- *Consistència extra-fragment: demodelització.* Pot ser que una mateixa realització x d'un model MODEL_B modelitzi simultàniament dues realitzacions diferents x i y de la realitat? Per la *coherència* de cada fragment això només és possible si les realitzacions modelitzades per x pertanyen a fragments diferents: $y \in \text{REAL}_A$ i $z \in \text{REAL}_T$. Però el fragment de les realitzacions de A es modelitza amb el fragment MODEL_Z on Z és el model de A . En aquest cas veiem que un mateix fragment del model “captura” realitzacions tant de A com de T , i per tant ha de formar part del model d'ambdues abstraccions: $B \in \text{model}(A)$ i $B \in \text{model}(T)$. Però això es contradiu amb la *coherència*¹² del model sobre les abstraccions MODEL_{Abs} .
- *Conclusió.* Dins d'un fragment la consistència està assegurada. En la demodelització no podem canviar de fragment, i en la modelització tampoc. Per tant tenim la consistència en l'abstracció.

Coherència de la unió de models. El model MODEL format per la unió del model sobre les abstraccions, MODEL_{Abs} , amb la unió de model de totes les realitzacions relatives a MODEL_{Abs} , és un model *coherent* amb la REALITAT modelitzada.

Esbós de la demostració

- *Demodelització unívoca.* Tot element del MODEL o és una abstracció o és una realització. En el cas d'abstracció la unicitat de la demodelització i la solidesa de MODEL_{Abs} asseguren que la demodelització d'aquest element és possible i és única. En el cas de realització, aquesta realització ho és d'alguna abstracció B ; llavors la unicitat de la demodelització i la solidesa de MODEL_B asseguren que la demodelització d'aquest element és possible i és única.¹³
- *Modelització unívoca.* Tot element de la REALITAT o és una abstracció o és una realització. En el cas d'abstracció la unicitat de la modelització i la completesa de MODEL_{Abs} asseguren que la modelització d'aquest element és possible i és única. En el cas

¹¹Més concretament, per la unicitat de la modelització.

¹²Més concretament, per la unicitat de la demodelització.

¹³Si l'abstracció B no és única significa que hi ha abstraccions que comparteixen realitzacions. La consistència en l'abstracció assegura que les realitzacions compartides també s'han de compartir en les abstraccions pertinents de la realitat. I això significa que la demodelització d'una realització compartida ha de ser única. Deixem els detalls com a exercici.

de realització, aquesta realització ho és d'alguna abstracció A ; llavors la unicitat de la modelització i la completesa de MODEL_A asseguruen que la modelització d'aquest element és possible i és única.¹⁴

Un model estratificat

El model MODEL construït com la unió del model sobre les abstraccions, MODEL_{Abs} , amb el model de totes les realitzacions relatives a aquest mateix model, $\text{MODEL}_{Conc}(\text{MODEL}_{Abs})$, és un model estratificat per a la REALITAT

(4)

5 Llenguatge de noms i estratificació

5.1 Un possible llenguatge

Notació. Donat un conjunt A , usarem L_A per expressar el conjunt de noms del conjunt A ; és a dir, L_A dóna noms als elements de A . Donada una abstracció A , usarem L_A per expressar el conjunt de noms del conjunt de les realitzacions de A ; és a dir, L_A dóna noms a les realitzacions de A .¹⁵

Llenguatge ofert per un model: notació. El llenguatge de comunicació ofert per MODEL_{Abs} l'anomenarem L_{Abs} ; el llenguatge de comunicació ofert per MODEL_B l'anomenarem L_B . El context haurà de desambiguar quan L_B és el llenguatge sobre les realitzacions del model; i quan L_B és el llenguatge que el model ofereix per a comunicar-nos amb la realitat. En aquest segon cas, el llenguatge del model i el llenguatge de la realitat (o si més no, dels fragments considerats) coincideixen: $L_B = L_A$

Llenguatge de comunicació. La conclusió 16, pàgina 26, de [Mer12b], diu que si el model segueix els principis de modelització llavors els noms que el model comparteix amb la realitat són un *llenguatge de comunicació* vàlid, en el benentès que la comunicació s'esdevé només entre els fragments induïts per la modelització.

Llenguatge ofert per un model: existència. L'observació anterior assegura l'existència dels llenguatges L_{Abs} i L_B , i la seva utilitat com a llenguatges de comunicació, cadascun d'ells en el context (model i realitat) pertinents.

¹⁴Si l'abstracció A no és única significa que hi ha abstraccions que comparteixen realitzacions. La consistència en l'abstracció assegura que les realitzacions compartides també s'han de compartir en les abstraccions pertinents del model. I això significa que la modelització d'una realització compartida ha de ser única. Deixem els detalls com a exercici.

¹⁵De fet la notació és una sola: tota abstracció es pot veure com el conjunt de les seves realitzacions; i tot conjunt es pot veure com l'abstracció que captura els seus elements.

El model considerat. En el que segueix considerarem com a MODEL la unió del model sobre les abstraccions i el model de totes les realitzacions relatives al model sobre les abstraccions:

$$\text{MODEL} = \text{MODEL}_{Abs} \cup \text{MODEL}_{Conc}(\text{MODEL}_{Abs})$$

Estratificació i llenguatge. El model considerat és un model estratificat, i per tant el seu llenguatge és un llenguatge de comunicació vàlid. Per construcció, però, el llenguatge del MODEL és el llenguatge L' format per la unió de tots els llenguatges presents en el model:

$$L' = L_{Abs} \cup \bigcup_{B \in \text{MODEL}_{Abs}} L_B$$

Dependència dels llenguatges. Per tal que L' pugui ser considerat el llenguatge de MODEL, i per tant pugui ser usat com el llenguatge de comunicació, cal que compleixi les condicions exposades en la conclusió 6, pàgina 15. I en concret, per assegurar la propietat del *Referent únic* cal assegurar que la intersecció de tots els llenguatges que formen L' sigui nul·la.

Desig d'independència. La comunicació exigeix que els llenguatges de models construïts de manera independent¹⁶ tinguin llenguatges no independents: la seva intersecció ha de ser nul·la. Com a conseqüència els models deixen de ser independents!

5.2 Problemàtica del llenguatge proposat

Estratificació del model. El model s'ha construït per nivells, i hem demostrat que el model resultant era un model estratificat, això és, que compleix amb les propietats estructurals necessàries per a la comunicació perfecta.

Independència en la construcció. En la construcció del model estratificat, els models del nivell de les realitzacions s'han construït de manera (quasi) independent. I aquesta independència és un valor que volem conservar.

Dependència induïda pel llenguatge. Si com a llenguatge de comunicació pel model estratificat considrem la unió dels llenguatges dels models que integren el model estratificat, cal exigir certa dependència en els models sobre les realitzacions. El resultat és que perdem una propietat que ens interessa mantenir: la independència dels models.

¹⁶Aquesta independència no és total. El problema rau en les realitzacions que són compartides per més d'una abstracció, ja que cal assegurar que aquesta compartició es manté en ambdós mons considerats.

Camí a seguir. La idea per resoldre aquesta dificultat és usar un llenguatge per nivells: enlloc d'emprar un mateix llenguatge per tot el model, usem un llenguatge diferent per cada fragment (nivell de les realitzacions). Això exigeix que abans de comunicar una realització caldrà comunicar sobre quin fragment es fa la comunicació. Per fer-ho caldrà usar un llenguatge al nivell de les abstraccions. Tot seguit analitzem aquest camí.

5.3 Estratificació del llenguatge

5.3.1 Llenguatge estratificat

Dos noms per expressar una realització. La necessitat de no ambigüitat del llenguatge de noms (propietat del *Referent únic*) exigeix que el nom de cada realització sigui únic dins del món considerat. L'estratificació però permet resoldre la no ambigüitat exigint la referència única només dins de cada abstracció. El preu a pagar és que en la comunicació caldrà usar *dos noms*: el de l'abstracció (únic en el món) i el de la realització (únic dins l'abstracció).

Comunicació estratificada

Per comunicar o expressar una realització usarem dos noms: el de l'abstracció i el de la realització.

Exigim que el nom de l'abstracció sigui no ambigu en el model abstracte; i que el nom de la realització sigui no ambigu dins l'abstracció pertinent.

(5)

De la relaxació a la multiplicitat. La relaxació de les condicions per a la comunicació¹⁷ ens porta del tot o res a la *comunicació de fragments*. I aquesta a un *dobte nivell* de comunicació: comuniquem separatament el fragment de l'element dins del fragment. El resultat és que ara disposem de múltiples conjunts de noms: un per comunicar el fragment; i un per comunicar l'element dins del fragment.

Llenguatge per nivells. La proposta d'usar dos noms per a les realitzacions, un per l'abstracció pertinent i un altre per la realització en qüestió dins l'abstracció, és una proposta de *llenguatge per nivells*. En concret:

- *Nivell de les abstraccions.* El llenguatge ha permetre comunicar el nivell d'abstracció. Ho fem amb els noms de les abstraccions.
- *Nivell de les realitzacions.* La comunicació d'una realització es fa per nivells: primer es comunica l'abstracció, i un cop coneguda aquesta s'indica la realització dins d'aquesta abstracció.

¹⁷Vegeu [Mer12b], apartat 6.Comunicació per fragments, pàgina 24.

Definició. Llenguatge marcat. Donat model MODEL_B sobre les realitzacions d'una abstracció B , sigui L_B el llenguatge de noms¹⁸ de MODEL_B , i sigui $\text{nom}(B)$ el nom donat a l'abstracció B en el model de les abstraccions MODEL_{Abs} . Llavors definim el llenguatge marcat de B com:¹⁹

$$L_B^m = \{\text{nom}(B)\} \times L_B$$

!! (2)

El llenguatge marcat es defineix sobre un llenguatge de noms, no pas sobre el conjunt de noms del model.

Llenguatge de noms i conjunt de noms. El llenguatge de noms és aquell que és útil per a la comunicació, i que per tant és comú en el model i en la realitat. El *conjunt de noms del model* és el conjunt format per tots els noms usats en el model, i en general és diferent del *conjunt de noms de la realitat*.

Definició. Llenguatge estratificat (aproximació 1). Donat un MODEL estratificat, definim com a llenguatge estratificat²⁰ sobre aquest model el llenguatge següent:

$$L = L_{Abs} \cup \bigcup_{B \in \text{MODEL}_{Abs}} L_B^m$$

Llenguatge per nivells i llenguatge estratificat. El llenguatge estratificat és la formalització de la idea de llenguatge per nivells: L_{Abs} s'usa en el nivell de les abstraccions; i dins de cada abstracció B s'usa el llenguatge marcat corresponent, L_B^m .

Noms per a les abstraccions. L'ús d'un llenguatge estratificat significa que els noms de les realitzacions són de fet un parell $\langle \text{nomAbstracció}, \text{nomRealització} \rangle$, on cada nomRealització només té sentit dins de l'abstracció expressada per nomAbstracció .²¹

¹⁸Si MODEL_B és un model coherent construït segons els principis de modelització, sabem que el conjunt de noms comuns al model i a la realitat és el llenguatge de noms en qüestió (conclusió 14, pàgina 24, de [Mer12b]).

¹⁹En aquesta definició $\text{nom}(B)$ expressa el conjunt de noms que podem usar per a comunicar B .

²⁰Aquesta és la primera aproximació a la definició de llenguatge estratificat. En els propers informes d'aquesta sèrie presentem d'altres aproximacions que amplien i refinen la definició aquí presentada.

²¹En el nivell de les realitzacions, l'ús del llenguatge marcat assegura que el nomAbstracció s'interpreti en l'abstracció correcta.

Llenguatge estratificat (1)^{22,23}

(6)

- **Abstraccions.** Cada abstracció té el seu nom propi `nomAbstracció`
- **Realitzacions.** El nom d'una realització és el parell `<nomAbstracció, nomRealització>` on cada `nomRealització` només té sentit dins de l'abstracció expressada per `nomAbstracció`

5.3.2 Propietats del llenguatge estratificat

El *llenguatge estratificat* compleix amb les propietats suficients per ser emprat com a llenguatge de comunicació? (3) ?

Comunicació d'abstraccions. El llenguatge L_{Abs} és un llenguatge de comunicació vàlid per a $MODEL_{Abs}$. El marcatge dels llenguatges sobre les realitzacions assegura que L_{Abs} també és un llenguatge de comunicació vàlid per a el *model estratificat* $MODEL$.²⁴

Esbós de la demostració

- **Sintaxi comuna.** El nom de l'abstracció és conegut en ambdós mons. El fet que ara també considerem les realitzacions no altera aquest coneixement. Per tant el *llenguatge estratificat* quan parla d'abstraccions té la propietat de la *Sintaxi comuna*.
- **Referent únic.** El nom de l'abstracció no és ambigu al nivell de les abstraccions. En l'hipotètic cas que una realització tingués el mateix nom que una abstracció, com que en el llenguatge estratificat les realitzacions van marcades i les abstraccions no, l'homonímia desapareix. Per tant el *llenguatge estratificat* quan parla d'abstraccions té la propietat del *Referent únic*.
- **Completesa.** Tota abstracció té un nom dins de $MODEL_{Abs}$; i aquest mateix nom és el que s'usa a $MODEL$. Per tant el *llenguatge estratificat* quan parla d'abstraccions té la propietat de la *Completesa*.

²²Per simplicitat expressem la conclusió en termes d'absència de sinonímia. La generalització pel cas de permetre la sinonímia és ben simple: n'hi ha prou en demanar que `nomAbstracció` i `nomRealització` siguin conjunts.

²³Aquesta és la primera aproximació a la definició de *llenguatge estratificat*. En els propers informes d'aquesta sèrie presentem d'altres aproximacions que amplien i refinen la definició aquí presentada.

²⁴Evidentment amb L_{Abs} només podrem comunicar les abstraccions del model.

- **Semàntiques consistents.** Els noms en el model MODEL_{Abs} de les abstraccions tenen la propietat de les *semàntiques consistents*. I aquest fet no queda alterat pel fet de considerar també realitzacions. Per tant el *llenguatge estratificat* quan parla d'abstraccions té la propietat de les *Semàntiques consistents*.

Comunicació de realitzacions. Queden per veure les propietats del *llenguatge estratificat* L quan s'usa per comunicar realitzacions. Cal recordar que per comunicar una realització $b:B$ cal usar $\text{nom}=\langle \text{nomAbstracció}, \text{nomRealització} \rangle$, on nomAbstracció és el nom de l'abstracció B en el model MODEL_{Abs} ; i nomRealització és el nom de la realització dins de MODEL_B . És a dir, $\text{nom} \in L_B^m$.

Validesa de la comunicació de realitzacions. El llenguatge L_B és un llenguatge de comunicació vàlid per a MODEL_B . En ser L_{Abs} un llenguatge vàlid per a les comunicacions de les abstraccions en el MODEL tenim que el llenguatge marcat L_B^m és un llenguatge de comunicació vàlid per a MODEL si el que volem comunicar són les realitzacions de B .

Esbós de la demostració

- **Sintaxi comuna.** El nom de l'abstracció és conegut en ambdós mons; i dins l'abstracció el nom de la realització també és conegut en ambdós mons. És a dir, el parell format pel nom de l'abstracció i el nom de la realització és expressable en ambdós mons. Per tant el *llenguatge estratificat* quan parla de realitzacions té la propietat de la *Sintaxi comuna*.
- **Referent únic.** El nom nomAbstracció de l'abstracció segons el llenguatge L_{Abs} no és ambigu en el nivell de les abstraccions; i donada l'abstracció B el nom nomRealització d'una realització qualsevol segons el llenguatge L_B tampoc no és ambigu. En conseqüència, el referent del parell $\langle \text{nomAbstracció}, \text{nomRealització} \rangle$ és únic. Per tant el *llenguatge estratificat* quan parla de realitzacions té la propietat del *Referent únic*.
- **Completesa.** Per completesa de L_B sobre B , tota realització d'una abstracció B té un nom nomRealització . Però per completesa de L_{Abs} sobre MODEL , tota abstracció B de MODEL té un nom nomAbstracció . Així, tota realització de MODEL té un nom en forma de $\langle \text{nomAbstracció}, \text{nomRealització} \rangle$. Per tant el *llenguatge estratificat* quan parla de realitzacions té la propietat de la *Completesa*.
- **Semàntiques consistents.** En el MODEL el llenguatge L_{Abs} de les abstraccions té la propietat de les *semàntiques consistents*. Dins de cada fragment MODEL_B el llenguatge L_B també té la propietat de les *Semàntiques consistents*. Per tant, l'ús d'un nom del model de les abstraccions permet comunicar un element A i el seu model B ; però dins del fragment REAL_A del món corresponent a aquest element, l'ús d'un nom permet comunicar una realització de l'abstracció i el seu model. Tot

plegat fa que un nom $\langle \text{nomAbstracció}, \text{nomRealització} \rangle$ es pugui usar en els mons sencers per expressar una realització i el seu model.²⁵ Per tant el *llenguatge estratificat* quan parla de realitzacions té la propietat de les *Semàntiques consistents*.

Llenguatge estratificat i comunicació. El marcatge dels llenguatges oferts pels models MODEL_B assegura que la intersecció de tots els llenguatges que apareixen en la definició del *llenguatge estratificat* L és un intersecció nul·la. Quan ens movem per les abstraccions, L és vàlid com a llenguatge de comunicació, i quan ens movem per les realitzacions també. Per tant el *llenguatge estratificat* és vàlid com a llenguatge de comunicació entre el model MODEL construït i la REALITAT pertinent.

Llenguatge estratificat i comunicació

(7)

- **Model estratificat.** Sigui MODEL el model construït com la unió del model MODEL_{Abs} sobre les abstraccions, i el model de totes les realitzacions relatives a MODEL_{Abs} .
- **Llenguatge estratificat.** Sigui el *llenguatge estratificat* L definit com la unió del llenguatge L_{Abs} sobre els abstraccions, amb la unió dels *llenguatges marcats* L_B^m definits sobre cada abstracció B .
- **Comunicació estratificada.** Llavors L és un llenguatge vàlid per a la comunicació entre el MODEL i la REALITAT pertinent.

²⁵Cal observar que per tal que aquest raonament sigui vàlid cal exigir la *consistència en l'abstracció*.

6 Comunicació estratificada: resum

6.1 Model sobre les abstraccions

Mecanisme de construcció. Usem els principis de modelització (*Espill*, *Franquícia*, *Franquícia obligada* i *Referent únic*) per a construir el model MODEL_{Abs} sobre les abstraccions.²⁶

Model i realitat. El model MODEL_{Abs} resultant és un model *coherent* sobre la *realitat induïda* per la modelització. Per tant, a efectes comunicatius, és el model qui defineix la realitat.

Llenguatge de les abstraccions. La coherència del model MODEL_{Abs} , juntament amb el fet que s'ha construït seguint els principis de modelització, significa que el conjunt de noms definit per MODEL_{Abs} , que anomenem llenguatge L_{Abs} sobre les abstraccions, és un llenguatge vàlid per a la comunicació de les abstraccions.

6.2 El llenguatge de comunicació

Llenguatge sobre les abstraccions. Donat el model MODEL_{Abs} sobre les abstraccions, els noms d'aquest model que s'han manllevat de la realitat constitueixen el llenguatge L_{Abs} sobre les abstraccions.

Llenguatge sobre les realitzacions. Donat el model MODEL_B , on B és un component, els noms d'aquest model que s'han manllevat de la realitat constitueixen el llenguatge L_B sobre les realitzacions de B.

Llenguatge de comunicació. El llenguatge de comunicació és el llenguatge estratificat construït amb els llenguatges L_{Abs} i els múltiples llenguatges L_B , on B és una abstracció del model.

²⁶Com hem vist a [Mer12b], apartat 5.3.5. *Referent únic en absència de sinonímia*, pàgina 21, la prohibició de la sinonímia permet relaxar aquestes condicions a un del dos casos següents: (1) enlloc d'*Espill* exigim l'*Espill (feble)*; o (2) mantenim *Espill* però no demanem el *Referent únic*.

Construcció d'un model estratificat i d'un llenguatge par a la comunicació

(8)

1. **Descripció de la realitat modelitzada.** El *glossari* delimita la realitat modelitzada, i assegura la propietat del *Referent únic* en la realitat.
2. **Model sobre les abstraccions.** El construïm usant els principis de modelització (*Espill, Franquícia, Franquícia obligada i Referent únic*).
3. **Model sobre les realitzacions.** Per cada una de les abstraccions A de la realitat construïm un model $MODEL_B$ coherent.
4. **Llenguatge sobre les abstraccions.** El llenguatge L_{Abs} sobre les abstraccions és el conjunt de noms comuns entre $MODEL_{Abs}$ i $REAL_{Abs}$.
5. **Llenguatge sobre les realitzacions.** El llenguatge L_B de les realitzacions de cada component B és el conjunt de noms comuns entre $MODEL_B$ i $REAL_B$.
6. **Comunicació.** Per comunicar una abstracció usem el nom de $MODEL_{Abs}$; per comunicar una realització usem el nom pertient de $MODEL_B$ marcat amb el nom donat a B dins de $MODEL_{Abs}$.²⁷

7 La comunicació estratificada és possible

Conclusions planeres. Tot seguit plantegem les conclusions d'aquest capítol en termes planers. Entre parèntesis fem referència al concepte tècnic associat. Cal tenir present que hi ha condicions que cal exigir des d'un punt de vista tècnic, que no apareixen en l'exposició planera presentada.

Nivells d'abstracció. En l'informe [Mer12b] hem vist com model i realitat han de compartir una mateixa estructura. Ara bé, la nostra realitat està estructurada en nivells d'abstracció, i per tant també ho haurà d'estar el model. (Estratificació).

Model sobre les abstraccions. La primera etapa per a la construcció d'un model estructurat en nivells d'abstracció és la construcció del model sobre les abstraccions. Per fer-ho usem els principis de modelització: *Espill, Franquícia, Franquícia obligada i Referent únic*.

Model sobre les realitzacions. En una segona etapa, per cada abstracció B del model acabat de construir, construïm el model de les realitzacions

d'aquesta abstracció.

Model per nivells. La unió del model sobre les abstraccions, amb tots els models sobre les realitzacions de cadascuna de les abstraccions d'aquest primer model, és el model estructurat per nivells d'abstracció que estem cercant. (Model estratificat).

Llenguatge de comunicació. Els noms usats per a la comunicació són els noms introduïts en el model sobre les abstraccions i els introduïts en els diferents models sobre les realitzacions. Per comunicar les realitzacions caldrà emprar el nom de l'abstracció i el nom de la realització. (Llenguatge estratificat).

8 Principis i definicions

Definicions

Consistència en l'abstracció, [7](#)

Llenguatge estratificat (aproximació 1), [16](#)

Llenguatge marcat, [15](#)

Model estratificat, [7](#)

Relació de modelització estratificada, [8](#)

9 Referències

En la bibliografia de desenvolupament de software la temàtica aquí tractada es passa molt per sobre. L'objectiu d'aquest informe és justament explicitar el contingut que en la bibliografia està implícit. Per aquest motiu no podem presentar una bibliografia adient, més enllà de la que ja presentàvem a [\[Mer12a\]](#).

- [Mer12a] Josep M. Merenciano. *Principis de modelització en un desenvolupament de software (La difícil tasca d'identificar, 1)*. Informe de recerca, Universitat Politècnica de Catalunya. 2012.
- [Mer12b] Josep M. Merenciano. *Comunicació de models (La difícil tasca d'identificar, 2)*. Informe de recerca, Universitat Politècnica de Catalunya. 2012.