

Una propuesta para el reconocimiento semiautomático de operaciones utilizando un enfoque lingüístico

*Aldrin Fredy Jaramillo F.**, *Carlos Mario Zapata J.***, *Fernando Arango I.****

(Recibido el 24 de febrero de 2005. Aceptado el 23 de junio de 2005)

Resumen

En el contexto de automatización de los procesos de desarrollo de *software* el reconocimiento automático de las operaciones de las clases a partir de las descripciones textuales de un sistema es un tema de investigación que permanece abierto. En este artículo se presenta una propuesta que aborda este problema, la cual está basada en grafos conceptuales de Sowa y un tratamiento lingüístico de sus componentes que se fundamenta en la identificación de la clasificación del verbo tomando como base tres características: telicidad, dinamicidad y durabilidad.

----- *Palabras clave:* ingeniería de requisitos, reconocimiento automático de operaciones, diagrama de clases, procesamiento de lenguaje natural (PLN), grafos conceptuales de Sowa, generación automática de diagramas UML.

A proposal for semiautomatic recognition of operations using a linguistic approach

Abstract

In the context of the process of software development automated recognition of class operations from textual descriptions of a system is an open research topic. This paper presents a proposal to deal with this problem, which is based on Sowa's conceptual graphs and a linguistic treatment of their components; this treatment is based on verb classification identification from three features: telicity, dynamism and durability.

----- *Key words:* requirements engineering, automated class operations recognition, class diagram, Natural Language Processing (NLP), Sowa's conceptual graphs, automatic generation of UML diagrams.

* Departamento de Ingeniería de Sistemas. Universidad de Antioquia. Medellín - Colombia. Calle 67 N.° 53-108, A. A. 1226. Teléfono: (574) 210 55 30. Fax: (574) 263 82 82. afjara@udea.edu.co.

** Escuela de Sistemas. Universidad Nacional. Medellín - Colombia. Carrera 80 N.° 65-223. Teléfono: (574) 425 53 30. Fax (574) 234 10 02. cmzapata@unalmed.edu.co.

*** Escuela de Sistema. Universidad Nacional. Medellín - Colombia. Carrera 80 N.° 65-223. Teléfono: (574) 425 53 30. Fax (574) 234 10 02. farango@unalmed.edu.co.

Introducción

El lenguaje Unificado de Modelamiento UML [1] incluye una colección de modelos que apoyan el proceso de desarrollo del *software* desde la determinación de las necesidades y expectativas de los clientes y usuarios hasta el diseño definitivo de una solución. Dentro de los diferentes modelos de UML se encuentra el diagrama de clases como un modelo estructural que agrupa los objetos del mundo en “clases”, es decir, conjuntos de objetos que muestran las características más representativas de los objetos del mundo. En la figura 1 se presenta la simbología básica de un diagrama de clases.

De otro lado, en el ámbito de la ingeniería de *software* se han generado propuestas tendientes a mejorar la calidad del *software* mediante la automatización del proceso de desarrollo, desde la captura de requisitos hasta la generación del código, pasando por la elaboración de los modelos. De manera particular, el reconocimiento automático de los elementos del diagrama de clases, a partir de la descripción textual del sistema, ha sido uno de los principales retos en estas propuestas, las cuales han presentado avances en la identificación de atributos, clases y asociaciones. Sin embargo, la identificación de operaciones permanece como un tema abierto en las investigaciones de punta [2-8].

En este artículo se presenta una propuesta para la identificación semiautomática de las operaciones correspondientes a las clases de un sistema a partir de un escenario. La propuesta está basada en la utilización de grafos de Sowa en combinación con la identificación de la clasificación de los verbos allí presentes tomando como base tres características de ellos: telicidad, dinamismo y durabilidad. En [9] y [10] se presentan trabajos

dirigidos a la generación automática de grafos de Sowa a partir de descripciones textuales, lo cual permite hacer mayor énfasis en el proceso de identificación de operaciones de las clases a partir de los grafos generados.

Grafos conceptuales de Sowa: conceptos fundamentales

Un grafo conceptual de Sowa, en adelante grafo conceptual, es un grafo bipartito [11] con dos diferentes clases de nodos: conceptos y relaciones.

- **Conceptos.** Representan entidades, acciones, y atributos. Los nodos de conceptos tienen dos atributos: tipo, que indica la clase del elemento representado por el concepto, y referente, que indica la instancia específica de la clase referida por el nodo.
- **Relaciones.** Muestran la interrelación entre los nodos de conceptos. Los nodos de relaciones tienen a su vez dos atributos: la valencia, que indica el número de conceptos involucrados en la relación, y el tipo, que puede expresar el rol temático que se produce entre dos conceptos, tomando como base la gramática de casos [12], u otros tipos de vínculos que se puedan producir entre conceptos.

Los grafos conceptuales pueden ser representados mediante una notación gráfica, lineal o mediante un estándar denominado CGIF (Conceptual Graph Interchange Format). Cada grafo conceptual representado en cada una de las tres anteriores formas puede ser trasladado a una representación lógica equivalente en cálculo de predicados. Por ejemplo, la sentencia “John va a Boston en bus” se representa con la notación gráfica que se muestra en la figura 2.

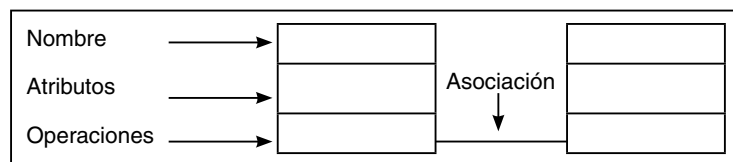


Figura 1 Simbología básica de un diagrama de clases

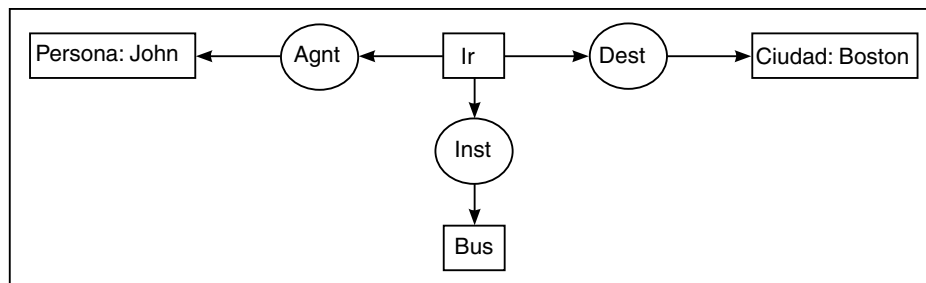


Figura 2 Representación gráfica en grafo conceptual de la sentencia “John va a Boston en bus”

La representación lineal correspondiente es:

[Ir] –

(Agnt) [Persona: John]

(Dest) [Ciudad: Boston]

(Inst) [Bus]

Y en formato CGIF, queda así:

(exists ((?x Ir)(?y Person)(?z Ciudad)(?w Bus))

(and (Nombre ?y John) (Nombre ?z Boston)

(Agnt ?x ?y) (Dest ?x ?z) (Inst ?x ?w)))

Finalmente, la representación en cálculo de predicados tiene la siguiente forma:

(∃x: Ir) (∃y: Persona) (∃z: Ciudad) (∃w: Bus)

(Nombre(y, 'John') ∧ Nombre(z, 'Boston') ∧

Agnt(x, y) ∧ Dest(x, z) ∧ Inst(x, w))

La representación de escenarios mediante grafos conceptuales facilita la clara identificación de los actores, por un lado, y los roles temáticos u otro tipo de relaciones conceptuales, que componen cada sentencia. Adicionalmente, es posible lograr la formalización a través del cálculo de predicados, lo cual permite el tratamiento computacional de las expresiones en caso de ser requerido. En la tabla 1 se describen algunos de los principales roles temáticos utilizados en la construcción de grafos conceptuales:

Consideraciones lingüísticas

Clasificación de los verbos por su aspecto léxico (Aktionsart)

Muchos lingüistas y filósofos han observado que los verbos representan situaciones (eventos o estados) con diferentes propiedades de aspecto léxico, a lo cual se ha denominado Aktionsart. Este término fue introducido por W. Streitberg

Tabla 1 Algunos roles temáticos utilizados en la construcción de grafos conceptuales

Rol	Definición
Agnt	Agente: persona o cosa que realiza un evento.
Instr	Instrumento: objeto inanimado que un agente utiliza para llevar a cabo un evento. Puede ser parafraseado mediante la palabra: “usando”.
Exp	Experimentador: entidad que recibe, acepta, experimenta o sufre el efecto de una acción.
Thm	Tema: entidad que es movida por la acción o evento denotado por el predicado.
Perc	Percibido: hace referencia a la entidad percibida, a menudo es apareado con EXP.
Go	Objetivo: lugar al cual se mueve algo o cosa hacia la cual se dirige la acción.
Loc	Ubicación: identifica el lugar o la orientación espacial de un estado o acción.

en 1891 (“Perfective und imperfective Aktionsart in Germanischen”, *Beitraege zur Geschichte der deutschen Sprache* 15, 70-177) con la intención de crear un vocablo técnico para el aspecto léxico. En la actualidad la Aktionsart (o modo de acción) es también denominada aspecto inherente o carácter aspectual. Una de las principales clasificaciones que reconoce el aspecto léxico de los verbos es realizada por Vendler [13-15] quien discrimina los verbos aspectualmente en cuatro tipos: estados, realizaciones, actividades y logros. En la tabla 2 se presentan sus características.

Cada tipo de verbo está determinado por la presencia (+) o ausencia (-) de las características aspectuales dinamicidad, durabilidad y telicidad, como se muestra en la tabla 3.

La dinamicidad establece la diferencia entre eventos ([+Dynamic]) y estados ([-Dynamic]).

La durabilidad denota situaciones que toman tiempo (estados, actividades y realizaciones). La telicidad es una característica reconocida por Vendler en la naturaleza de los verbos. Los verbos télicos denotan situaciones con un fin u objetivo inherente [16-18]. La presencia de telicidad se denota [+telic], de manera contraria su ausencia se denota [-telic]. Los verbos marcados [+telic] en un lexicon (diccionario computacional donde aparecen las palabras con sus respectivos aspectos sintácticos y semánticos asociados de acuerdo con los criterios definidos para la composición del mismo) son uniformemente interpretados como tales, independientemente de otros constituyentes o contextos pragmáticos, mientras que los verbos marcados como [-telic] no tienen una interpretación homogénea, es decir, su telicidad dependerá del contexto [19]. Esto significa, por ejemplo, que a pesar de que un verbo haya sido

Tabla 2 Clasificación aspectual de los verbos propuesta por Vendler

<i>Tipo de verbo</i>	<i>Características</i>	<i>Ejemplos</i>
Estado	— Evento que no ocurre sino que se da. — Situaciones no dinámicas.	Saber, conocer, querer, amar, tener, ser, etc.
Actividad/proceso	— Evento dinámico que ocurre y progresa en el tiempo. — Evento no delimitado. — Situaciones dinámico—durativas <i>atélicas</i> : Sin referencia al punto final de la eventualidad.	Andar, correr, caminar, leer, escribir, nevar, comer, reír, llorar, nadar, etc.
Realización	— Evento dinámico delimitado que progresa hacia un límite interno (<i>télico</i>). — Situaciones dinámico durativas.	Correr la maratón, escribir una carta, pintar, construir, etc.
Logro	— Evento dinámico delimitado, de duración muy breve, sin fases. — Culmina en un punto. — Situaciones dinámicas puntuales sin duración.	Alcanzar la cima, nacer, encontrar, reconocer, morir, llegar, florecer, etc.

Tabla 3 Características aspectuales de los tipos de verbos

<i>Tipo de verbo</i>	<i>Telicidad</i>	<i>Dinamicidad</i>	<i>Durabilidad</i>	<i>Ejemplos</i>
Estado	-	-	+	Conocer, tener
Actividad	-	+	+	Marchar, pintar
Realización	+	+	+	Destruir
Logro	+	+	-	Notar, ganar

clasificado como de actividad los demás constituyentes de la frase podrían determinar que la sentencia completa sea télica [20].

De la propuesta de Vendler, en relación con la identificación de los elementos de un diagrama de clases, se puede concluir:

1. Los verbos de estado son candidatos a asociaciones.
2. Los logros no son candidatos a operaciones puesto que no poseen durabilidad.
3. Las actividades no son candidatas a operaciones puesto que carecen de telicidad, es decir, no se dirigen a un punto final (objetivo).
4. Las realizaciones, por sus características aspectuales (dinamicidad, durabilidad y telicidad), son candidatas a operaciones.
5. En ocasiones el verbo solo no es un indicador de pertenencia a una categoría. Se requiere información adicional de la frase. Por ejemplo: los verbos correr y escribir aparecen en las categorías actividad y realización (tabla 2). Por lo tanto, cuando el verbo corresponde

a la categoría actividad, debe verificarse la telicidad de la frase. Si la frase es télica, el verbo es candidato a una operación.

Estructuras léxicas conceptuales (ELC)

Los aspectos léxicos hacen referencia al tipo de situación denotada por el verbo, solo o en combinación con otros constituyentes. De acuerdo con Dorr y Olsen [20] es posible representar los aspectos léxicos de los verbos, solos o en la frase, usando representaciones de estructuras léxicas conceptuales (ELC), de manera que tales resultados estén disponibles en un lexicón para diferentes aplicaciones de PLN (un lexicón con información de las ELC de verbos del español puede encontrarse en [21]). Así mismo, Dorr y Olsen han establecido patrones de ELC asociados a las categorías verbales propuestas por Vendler (tabla 4) y un algoritmo para la determinación de las características aspectuales de los verbos que hacen parte del lexicón.

Algoritmo para la determinación de características aspectuales:

// L = Estructura léxica conceptual para ser evaluada.

Tabla 4 Patrones de ELC asociados a las categorías verbales

<i>Tipo de verbo</i>	<i>Patrón</i>	<i>ELC</i>
1. Estado	1	be ident/perc/loc (thing 2)...
2. Actividad	1	act loc/perc (thing 1)...
	2	act loc/perc (thing 1) (with instr...
	3	act loc/perc (thing 1) (on loc/perc (thing 2))...
	4	act loc/perc (thing 1) (on loc/perc (thing 2)) (with instr...
3. Realización	1	cause/let (thing 1) (go loc (thing 2) (toward/away_from...))...
	2	cause/let (thing 1) (go/be ident (thing 2))...
	3	cause/let (thing 1) (go loc (thing 2))...
	4	cause/let (thing 1) (go exist (thing 2))...
4. Logro	1	go loc (thing 2) (toward/away_from...))...
	2	go loc (thing 2)...
	3	go exist (thing 2)...
	4	go ident (thing 2)...

// Nodo inicial = Primer nodo de la ELC por
 // ejemplo:
 // Dada la ELC: cause/let (thing 1) (go loc //
 // (thing 2) (toward/away_from...))...

// El nodo inicial es: cause/let. De manera similar
 // el nodo interno corresponde a:

// (toward/away_from...)

1. Inicialice: $T(L) = [\emptyset T]$, $D(L) = [\emptyset D]$, $R(L) = [\emptyset R]$

2. Si el nodo inicial de $L \in \{CAUSE, LET, GO\}$ entonces

$T(L) = [+T]$

Si el nodo inicial de $L \in \{CAUSE, LET\}$ entonces

$D(L) = [+D]$, $R(L) = [+R]$

Si el nodo inicial de $L \in \{GO\}$ entonces

$D(L) = [+D]$

3. Si el nodo inicial de $L \in \{ACT, BE, STAY\}$ entonces

Si el nodo interno de $L \in \{TO, TOWARD, FOR_{Temp}\}$ entonces

$T(L) = [+T]$

Si el nodo inicial de $L \in \{BE, STAY\}$ entonces

$R(L) = [+R]$

Si el nodo inicial de $L \in \{ACT\}$ entonces

$D(L) = [+D]$, $R(L) = [+R]$

4. Regrese $T(L)$, $D(L)$, $R(L)$

De acuerdo con lo anterior una posible operación ocurre cuando:

1. El nodo inicial de la ELC corresponde a las primitivas CAUSE o LET.

2. El nodo inicial de la ELC corresponde a la primitiva ACT y el nodo interno corresponde

a TO, TOWARD o FOR_{Temp} . En este caso, el verbo correspondiente podría ser atético pero la actividad completa podría ser télica.

Descripción de la propuesta y caso de estudio

Propuesta

Dado un escenario, para cada una de las sentencias se realizarán los siguientes pasos:

1. A partir de la sentencia se genera automáticamente, de acuerdo con [9], el grafo conceptual correspondiente.

2. Se establece el sentido de utilización del verbo. El sentido de un verbo no es único; por ejemplo, el verbo adquirir puede tener el sentido de aprender (si lo que se adquiere es información) o comprar (si lo que se adquiere es un bien). En un lexicon pueden encontrarse los posibles sentidos de un verbo y las ELC asociadas a cada uno de estos sentidos.

Este proceso se realiza apareando los roles temáticos de los grafos conceptuales con los roles temáticos presentes en cada uno de los sentidos de los verbos del lexicon. Como resultado se obtiene un subconjunto de sentidos, el cual es presentado al usuario en un orden determinado con base en el grado de coincidencia obtenido en el apareamiento. Finalmente, de este subconjunto de sentidos el usuario elegirá el que corresponde a la oración. La realización en forma automática de este proceso no es un asunto trivial y su discusión está fuera del alcance de este artículo. Sin embargo, el lector encontrará en [22-24] una descripción detallada de un método para identificar el sentido de un verbo a partir de roles temáticos y ELC. En esta etapa de la investigación no se pretende realizar automáticamente la determinación del sentido del verbo. Esta tarea se hará de forma asistida por el usuario con base en los roles temáticos.

3. Una vez establecido el sentido del verbo se determina la categoría del mismo mediante la

utilización de las ELC asociadas al verbo en el lexicón. De acuerdo con lo planteado en la sección anterior serán candidatos a operaciones aquellos verbos cuyas ELC cumplan las siguientes condiciones:

- El nodo inicial de $L \in \{CAUSE, LET\}$ o
- El nodo inicial de $L \in \{ACT\}$ y el nodo interno de $L \in \{TO, TOWARD, FOR_{Temp}\}$

(Actividad tética).

Caso de estudio

A continuación se presenta un caso de estudio adaptado de [25] para ilustrar el proceso de identificación semiautomática de operaciones.

Escenario: retiro de dinero

1. El cliente tiene una cuenta.
2. El cliente conoce su clave.
3. El sistema inicia el retiro.

4. El cliente entra la cuenta y la clave desde el teclado.
5. El sistema toma la cuenta y la clave.
6. El cliente ingresa la cantidad desde el teclado.
7. El sistema toma la cantidad.
8. El sistema genera la información del retiro.
9. El banco toma la información del retiro.
10. El banco aprueba el retiro.
11. El sistema dispensa el dinero.
12. El retiro finaliza.

Con el ánimo de mostrar el proceso sólo se tomarán las primeras sentencias.

1. Se construyen los grafos conceptuales correspondientes a las sentencias, los cuales se muestran en la figura 3.

2. Determinación del sentido de los verbos.

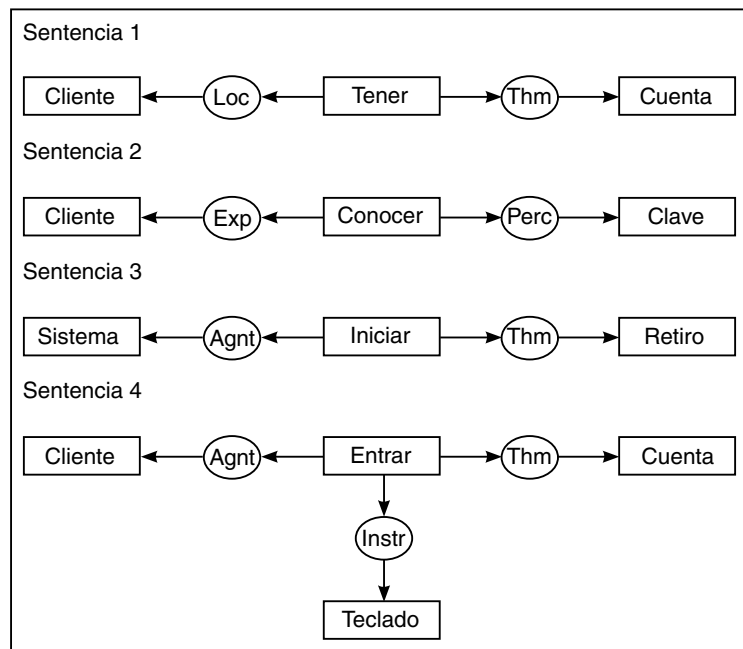


Figura 3 Grafos conceptuales para las primeras cuatro sentencias del ejemplo

En la tabla 5 se ejemplifica el proceso para el verbo *tener*, de manera similar se procede con los demás verbos. Inicialmente se extrae del lexicon [21] la información requerida para llevar a cabo el proceso.

El grafo conceptual de la sentencia 1 presenta los roles temáticos relacionados con el verbo *tener*: Thm y loc. Un apareamiento de los roles temáticos y la información del lexicon permite la mejor determinación del sentido del verbo.

En este caso particular se obtienen los posibles sentidos: Have y Possess. El usuario elige el

sentido *have*, por lo tanto *be loc* será el valor de ELC utilizado para establecer la categoría del verbo. La información de los verbos luego de establecer sus sentidos es presentada en la tabla 6.

3. Determinación de los tipos de verbos.

De acuerdo con las ELC de cada verbo, los patrones de ELC asociados a cada tipo de verbo y el algoritmo para la determinación de características aspectuales la categorización de cada verbo y su respectivo mapeo a operaciones se presenta en la tabla 7.

Tabla 5 Información del verbo tener extraída del lexicon

Verbo	Sentido	Roles temáticos	ELC (nodo inicial)
Tener	Get	Agnt, thm, src, ben(por)	cause
	Get	Agnt, ben, thm, src	cause
	Hold	Agnt, thm, instr(por)	cause
	Hold	Agnt, thm, loc	Cause
	Hold	Exp, perc, mod-prop(a)	be perc
	Hold	Prop(que)	be perc
	Possess	Thm, loc	be loc
	Have	Thm, loc	be loc
	Hold	Thm, poss	be poss
	Hold	Agnt, thm, loc	let

Tabla 6 Información de los verbos luego de establecer sus sentidos

Verbo	Roles temáticos	ELC (nodo inicial)
Tener	Thm, loc	be loc
Conocer	Exp, perc	be perc
Iniciar	Agnt, thm, go	Cause
Entrar	Agnt, thm, prop	cause

Tabla 7 Resultados del proceso de mapeo de verbos a operaciones

Verbo	ELC (nodo inicial)	Tipo de verbo de acuerdo con su ELC	¿Candidato a operación?
Tener	be loc	Estado	No
Conocer	be perc	Estado	No
Iniciar	cause	Realización	Sí
Entrar	cause	Realización	Sí

Como resultado del proceso los verbos *iniciar* y *entrar* son candidatos a operaciones en el diagrama de clases correspondiente al escenario.

Conclusiones

Se ha presentado una propuesta para el reconocimiento semiautomático de operaciones, a partir de descripciones textuales de un sistema, utilizando un enfoque lingüístico. Los casos de estudio realizados son alentadores, a su vez muestran cómo la calidad de los resultados se encuentra estrechamente relacionada con la especificación de patrones lingüísticos de cada uno de los verbos almacenados en un lexicón. Como parte fundamental de la propuesta se han introducido los grafos de Sowa, cuya utilización permite identificar los roles temáticos que acompañan al verbo en cada una de las sentencias. Igualmente, se han presentado los planteamientos lingüísticos que sustentan la propuesta y se ha mostrado cómo la información de cada grafo es analizada lingüísticamente con el fin de establecer la categoría de los verbos de acuerdo con los planteamientos de Vendler: estados, actividades, realizaciones y logros. Así mismo, se ha caracterizado lingüísticamente las operaciones y presentado un análisis de cómo la naturaleza de los verbos y sus patrones léxicos permiten el reconocimiento semiautomático de las mismas. Finalmente, la propuesta y su aplicación han sido ilustradas mediante un caso de estudio.

Trabajos futuros

Como resultado de esta investigación quedan planteados temas que pueden ser abordados en futuros proyectos entre los que se cuentan:

- Implementar el método de identificación del sentido de los verbos [22-24].
- Extender la propuesta al reconocimiento automático de asociaciones del diagrama de clases y elementos de otros diagramas UML como los diagramas de actividades y casos de uso.

- Construir un lexicón especialmente diseñado para el tratamiento de la identificación de verbos del español bajo las categorías de Vendler.
- Desarrollar un prototipo en el cual se implemente la propuesta.

Referencias

1. OMG. Object Management Group. "OMG unified modeling language specification". 2004. En: <http://www.omg.org/UML/>. Consultado el 15 de febrero de 2005.
2. P. Chen. "English sentences structures and entity - relationship diagrams". En: *Elsevier science publishing*. Department of computer science Louisiana State University. New York. 1983. pp. 127-149.
3. E. A. Buchholz. "Using natural language for Database Design". En: *Proceedings Deutsche Jahrestagung für Künstliche Intelligenz*. Germany. 1994. p. 5.
4. G. Kristen. *Object Orientation: The KISS Method. From information architecture to information systems*. Addison-Wesley. 1994.
5. H. R. Harmain. "CM-Builder: an automated NL-Based CASE Tool". En: *Proceedings of the fifteenth IEEE International Conference on Automated Software Engineering (ASE'00)*. Grenoble. 2000. p. 9.
6. Fiese. "A Survey on Approaches for Writing Precise Natural Language Requirements". Fraunhofer Institut Experimentelles Software Engineering. 2001. En: www.iese.fraunhofer.de/publications/. Consultado el 31 de enero de 2005.
7. L. R. Mich. "NL-OOPS: a requirements analysis tool based on natural language processing". En: *Proceedings of the 3rd International Conference on Data Mining 2002*. Bologna. 2002. pp. 321-330.
8. H. Mayr. "Requirements engineering and Conceptual Pre-design". University of Klagenfurt. 2004. En: www.uni-klu.ac.at/uniklu/. Consultado el 15 de febrero de 2005.
9. J. F. Sowa et al. "Implementing a semantic interpreter using conceptual graphs". En: *IBM Journal of Research and Development*. January. 1986. pp. 57-69.
10. L. Zhang et al. "Learning to generate CGs from domain specific sentences". Department of Computer Science and Engineering. Shanghai Jiao Tong University. Shanghai. China. 2000. En: <http://apex.sjtu.edu.cn/people/zhanglei/>. Consultado el 15 de enero de 2005.

11. J. F. Sowa. *Knowledge representation: Logical, philosophical and computational foundations*. 1st. ed. Thompson Learning. 1999.
12. C. Fillmore. "The Case for Case". En: *Universals in Linguistics Theory*. E. Bach. R. Harms eds. Holt, Rinehart and Winston Publishing Company. 1968. pp. 1-90.
13. Z. Vendler. "Verbs and Times". En: *Linguistics in Philosophy*. Ithaca. NY. CUP. 1957. pp. 97-121.
14. A. Kenny. *Action, emotion and will*. London. Routledge. 1963.
15. D. Dowty. *Word meaning in Montague grammar*. Dordrecht. Reidel. 1979.
16. H. Garey. *Verbal aspect in French language*. 1957. pp. 91-110.
17. L. J. Brinton. *The development of English aspectual systems*. Cambridge. 1988.
18. C. Smith. *The parameter of aspect*. Dordrecht. Kluwer. 1991.
19. M. B. Olsen. "The semantics and pragmatics of lexical aspect features". En: *Studies in the Linguistic Sciences*. Vol. 24. N.º 2. 1994.
20. B. Dorr. "Aspectual modifications to a LCS database for NLP applications". Laboratory for language and media processing. Department of Computer Science and Institute for Advanced Computer Studies. University of Maryland. 1997. En: www.umiacs.umd.edu/~bonnie/publications.html. Consultado el 15 de febrero de 2005.
21. B. Dorr. Computational "Lexicon". Copyright (c) University of Maryland. 2001. En: www.umiacs.umd.edu/~bonnie/publications.html. Consultado el 25 de enero de 2005.
22. R. Green et al. "Lexical resource integration across the syntax-semantics interface". Institute for Advanced Computer Studies. Department of Computer Science. College of Information Studies. University of Maryland. 2001. En: www.umiacs.umd.edu/~bonnie/publications.html. Consultado el 20 de enero de 2005.
23. R. Green et al. "Mapping WordNet senses to a lexical database of verbs". Institute for Advanced Computer Studies. Department of Computer Science. University of Maryland. 2001. En: www.umiacs.umd.edu/~bonnie/publications.html. Consultado el 18 de enero de 2005.
24. R. Green et al. "Mapping lexical entries in a verbs database to WordNet senses". Institute for Advanced Computer Studies. Department of Computer Science. University of Maryland. 2001. En: www.umiacs.umd.edu/~bonnie/publications.html. Consultado el 15 de febrero de 2005.
25. L. Dong et al. "Automatic transition from use-cases to class model". Department of Electrical and Computer Engineering. University of Calgary. 2003. En: www.enel.ucalgary.ca/people/eberlein/publications/. Consultado el 15 de febrero de 2005.