

Delfos: Un Modelo Basado en Unificación para la Representación y el Razonamiento en Sistemas de Gestión de Diálogo

Gabriela Fernández
Dpto. de Lengua Inglesa
(Filología Inglesa)
Universidad de Sevilla

José F. Quesada
Dpto. de Ciencias de la Computación
e Inteligencia Artificial
Universidad de Sevilla

Resumen

Este trabajo presenta una arquitectura para el diseño de sistemas de gestión de diálogo basada en los principios de la Ingeniería del Conocimiento: el diálogo se contempla como una actividad que requiere conocimiento, experiencia y habilidad. Por tanto, se diferenciará un nivel de especificación de conocimiento (tanto para actos de habla como para estructuras de diálogo) y un nivel de razonamiento especializado en el tratamiento del discurso. Ambos niveles utilizan la unificación como modelo básico de representación y tratamiento de la información facilitando la integración con otros módulos de PLN.

1 Introducción: Integración de Sistemas de Gestión de Diálogo y de Procesamiento del Lenguaje Natural

La mayor parte de la investigación y desarrollo de sistemas de Procesamiento de Lenguaje Natural se puede enmarcar dentro del denominado paradigma de la unificación (Shieber, 86; Kirchner, 90), concentrándose en torno a los formalismos y teorías gramaticales LFG, HPSG, DCG, PATR, etc. El modelo metodológico subyacente (la relación matemática de subsunción y la operación constructiva de unificación), los estudios teórico-lingüísticos y las propuestas de modelos gramaticales (formalismos y teorías) han demostrado una buena adecuación para su aplicación a los niveles léxico-morfológico, sintáctico-gramatical y semántico de los lenguajes naturales.

En lo que concierne al nivel pragmático o discursivo de los lenguajes naturales, podemos distinguir dos líneas básicas de estudio.

En primer lugar, merecen destacarse los trabajos que siguiendo una motivación formalista se han centrado en la propuesta de modelos de representación del discurso en lenguajes

naturales. Dentro de esta línea se pueden incluir los trabajos de H. Kamp y colaboradores en torno a la Teoría de la Representación del Discurso (Kamp, 81; Kamp & Reyle, 93; Eijck & Kamp, 97), y los trabajos de la "Escuela de Stanford" en Semántica de Situaciones y Actitudes (Barwise & Perry, 83).

En segundo lugar, es posible agrupar un conjunto de investigaciones que interesadas más en el desarrollo de sistemas reales de gestión de diálogo se han preocupado por la implementación de modelos computacionales, dejando en muchas ocasiones a un lado las cuestiones más teóricas o formales. En este grupo podemos incluir los trabajos en torno a los sistemas OVIS (van Noord et al., 98), VERBMOBIL (Alexandersson, 98), Philips (Aust et. al, 95), TRAINS (Trains, 98), TRINDI, etc. No queremos decir que estos trabajos olviden la motivación teórico-formal del estudio del nivel del discurso, sino que su principal objetivo es el desarrollo de sistemas computacionales para la gestión del discurso en aplicaciones prácticas, más que el estudio de la complejidad formal del problema o de modelos teóricos para su representación (objetivos característicos del primer grupo).

Por otro lado, toda aplicación de sistemas de gestión de diálogo en entornos reales requiere la integración del módulo de gestión de diálogo en un entorno que incluya módulos especializados en el tratamiento de los niveles léxico-morfológico, sintáctico-gramatical y semántico. Incluso, el interés por la aplicación de este tipo de sistemas a aplicaciones con entrada y salida por voz ha hecho que la mayoría de los sistemas citados incluyan la conexión con módulos específicos de reconocimiento de voz y síntesis de habla.

No obstante, el estudio de la literatura especializada muestra que para la mayoría de los sistemas el diseño del resto de módulos está condicionado por el modelo de representación y manipulación del módulo de gestión de diálogo. Teniendo en cuenta que muchos de estos sistemas carecen, como hemos indicado, de un soporte teórico, lingüístico y formal robusto para el nivel de gestión de diálogo, la consecuencia es que el resto de módulos de procesamiento de lenguaje natural pierden asimismo dicho soporte teórico y formal, convirtiéndose de alguna forma en aplicaciones *ad hoc*. Este modelo dificulta, por tanto, la utilización de todo el cuerpo teórico y los desarrollos prácticos realizados en el campo de las gramáticas de unificación.

Nuestro objetivo en este trabajo, por consiguiente, se centrará en la presentación de un modelo (Delfos) para la representación de y el razonamiento sobre modelos de discurso (basados en actos de habla (Searle, 69; Austin, 62)) en sistemas colaborativos de gestión del discurso dirigidos por voz. Desde un punto de vista metodológico, el modelo propuesto se inscribe en el paradigma de la unificación. Esto permite la integración del módulo de gestión del discurso con las herramientas de procesamiento de lenguaje natural basadas en teorías y formalismos gramaticales de unificación. Uno de los principales objetivos de diseño ha sido aunar los dos enfoques comentados. Es decir, nuestra propuesta posee una fuerte motivación teórico-formal. En concreto el modelo de representación utiliza una versión extendida de la Teoría de Objetos Léxicos (Quesada, 98)

con una potencia semántica equivalente a la DRT. Pero además, la definición del protocolo CTAC (López & Quesada, 98) permite una comunicación flexible, eficiente, bidireccional y transparente entre el módulo de gestión de diálogo y el resto de módulos de procesamiento de lenguaje natural, incluido el reconocedor de voz.

Actualmente, Delfos está siendo usado para la implementación de un prototipo de sistema de gestión de diálogo para el proyecto ATOS de Telefónica I+D. Esto supone que Delfos ha sido diseñado pensando en su utilización en un sistema integrado de diálogo colaborativo con entrada y salida por voz en una aplicación dirigida al control de funciones telefónicas.

Este tipo de tareas están caracterizadas por un alto nivel de dirección del diálogo por parte del usuario, cada acción requiere habitualmente un gran flujo o turnos de diálogo entre el usuario y el sistema, cada uno de los cuales va asociado a un acto de habla que se integra en un modelo genérico de tarea.

2 Delfos: Representación y Razonamiento

La participación natural y colaborativa en un diálogo es una actividad inteligente, en la que influye la experiencia de los interlocutores. Por tanto, resulta natural aplicar los principios de la Ingeniería del Conocimiento al diseño de sistemas de Gestión de Diálogo.

Este ha sido uno de los principios computacionales que han inspirado el desarrollo de Delfos. Así pues, Delfos se basa en la división funcional entre un módulo o subsistema específico para la representación del conocimiento lingüístico propio del nivel del discurso (base de conocimiento de Delfos), y un módulo o subsistema encargado del razonamiento (motor inferencial de Delfos) que aplicará el conocimiento previamente especificado a una situación concreta, siguiendo el paradigma del razonamiento en sistemas expertos.

La siguiente sección presenta las principales características de Delfos. Desde un punto de vista lingüístico computacional las partes más

Interesantes de Delfos son:

- La conexión del nivel de gestión del discurso con el resto de módulos de un sistema de PLN basado en unificación, lo que se consigue en Delfos mediante el uso del protocolo CTAC, el cual será presentado en la sección 4.
- La definición de lenguajes de especificación semánticamente adaptados al dominio de la aplicación. Delfos incluye tanto un lenguaje para la especificación de la base de conocimiento propia del sistema (Nivel de Representación de Estructuras de Diálogo) como un modelo para la especificación mediante CTAC de los actos de habla correspondientes a cada participación del interlocutor en el diálogo (Nivel de Representación de Actos de Habla). Estos lenguajes son estudiados en las secciones 6 y 7, y previamente la sección 5 analiza el problema de la representación en otros sistemas de gestión de diálogo.
- La implementación de un modelo de razonamiento específico para el dominio, el cual es presentado brevemente en la sección 8.

3 Características Principales de la Arquitectura Delfos

Entre las principales características de Delfos merecen destacarse las siguientes:

- *Modelo Uniforme de Representación*: los módulos de gestión de diálogo desarrollados según la arquitectura Delfos utilizan estructuras complejas de rasgos (según la definición y extensión de la teoría de objetos léxicos) para la representación de los actos de habla y de la historia del discurso, lo que facilita la integración de estos módulos con herramientas de PLN basadas en gramáticas de unificación.
- *Definición de un Protocolo (CTAC) Simple, Eficiente y Flexible*: la comunicación entre el módulo de gestión de diálogo y

el resto de módulos de PLN se realiza a través del protocolo CTAC. Este protocolo utiliza como soporte de representación estructuras complejas de rasgos, lo que asegura una gran flexibilidad para la adaptación a tareas o dominios particulares a la vez que una gran potencia semántica de representación. Mediante este protocolo, no sólo el módulo de gestión de diálogo recibe información, sino que puede asimismo comunicarse con el resto de módulos indicándole el estado de diálogo (historia, expectativas, etc.)

- *Gestión de Diálogo como Motor Inferencial sobre un Modelo Declarativo del Discurso*: la arquitectura Delfos distingue, siguiendo la filosofía de la Ingeniería del Conocimiento, entre un nivel de representación y un nivel de razonamiento. El nivel de representación sigue los principios de potencia semántica, declaratividad y cercanía conceptual facilitando la especificación de modelos de discurso. Por su parte, el nivel de razonamiento se contempla como un motor inferencial especializado en la gestión de los sistemas de discurso especificados. De esta forma, la manipulación y gestión misma del discurso es un módulo independiente y universal (no dependiente de la aplicación, del dominio o de la tarea).
- *Historia del Diálogo, Expectativas y Ambigüedad*: el motor inferencial de Delfos incluye un conjunto específico de funciones propias de la gestión de discurso mediante las cuales el diseñador de modelos de discurso puede modelar aspectos tales como la navegación a través de la historia previa del discurso en cada fase o estado del mismo, la especificación de expectativas y acciones asociadas al cumplimiento o no cumplimiento de dichas expectativas, y el tratamiento de situaciones sintáctico-semánticamente ambiguas.

4 El protocolo CTAC

Aunque tanto la representación de los actos de habla (*dialogue moves*) y la historia del discurso (*dialogue game*) como la comunicación entre los módulos de PLN y Gestión del Diálogo utilizan estructuras complejas de rasgos, Delfos define específicamente un protocolo (CTAC) que permite la homogeneización de la representación de la información en todos los módulos.

El protocolo CTAC está basado en cuatro rasgos fundamentales:

1. **CLASS:** Mediante el que se representa el acto de habla. El dominio de este atributo puede variar de una aplicación a otra. Asimismo, dentro de una aplicación determinada, distinguiremos clases genéricas (correspondientes a los actos de habla del tipo saludo, confirmación, despedida, etc.) compartidas por diferentes funciones de la aplicación, y clases específicas (para la aplicación ejemplo comentada cada función telefónica tendría asociada una clase o acto de habla).
2. **TYPE:** Este atributo especifica el valor concreto de la realización de un acto de habla. Por ejemplo, el acto de habla o clase confirmación puede adoptar dos tipos o realizaciones diferentes: confirmación positiva (aceptación) o confirmación negativa (rechazo).
3. **ARGS:** Determinados actos de habla (clases) poseen una estructura argumental más o menos compleja que exigirá la presencia de uno o más argumentos. Por ejemplo, el desvío de una llamada telefónica exige un número de teléfono como destino del desvío. El atributo ARG va asociado por tanto a cada clase, e indica mediante una lista (en la que pueden intervenir los operadores de conjunción, disyunción y opcionalidad) los argumentos o estructura argumental del acto de habla. A nivel lingüístico, este atributo define el modelo de subcategorización del acto de habla.

4. **CONTENTS:** Este atributo se encargará de representar los valores concretos asociados a los elementos del atributo ARGS para una realización concreta de un acto de habla. Por ejemplo, si el locutor indica que desea desviar sus llamadas al número 123456, dicho número será el valor del atributo CONTENTS.

5 El problema de la Representación en los Sistemas de Gestión de Diálogo

Como se ha indicado en la introducción, una de las principales restricciones de diseño de los Sistemas de Gestión de Diálogo es la relativa a la integración de estos módulos con el resto de componentes de un sistema de Procesamiento del Lenguaje Natural.

El sistema OVIS (van Noord et al., 98), por ejemplo, utiliza QLFs (*Quasi-Logical Forms*) como formato de representación de la salida del componente semántico. Esta información es representada por el Gestor de Diálogo mediante una estructura jerárquica basada en *slots*. Las principales ventajas de este modelo indicadas por sus autores son la "infra-especificación" (*underspecification*) y la posibilidad de representación de información acerca de actos de habla.

Por su parte, el módulo de Gestión del Diálogo del sistema de Traducción Automática con entrada y salida por voz VERBMOBIL (Alexandersson, 98) utiliza como información de entrada los *actos de diálogo* extraídos de los enunciados. Estos actos son representados mediante estructuras de tipo *dialogue sequence memory*, las cuales, en última instancia, se basan en un modelo de representación basado en *frames* y *slots*.

En el caso del sistema Philips (Aust et. al, 95) (sistema de información automática de horarios de trenes), el objetivo fundamental del módulo de Gestión del Diálogo consiste en construir una consulta al gestor de bases de datos a partir de la información obtenida durante el diálogo. Para ello, el módulo de procesamiento del lenguaje natural utiliza una gramática libre de contexto estocástica y basada en

atributos (*ACFG: stochastic attributed context-free grammar*). El objetivo de esta gramática consiste en detectar los conceptos del dominio, tales como ciudades de origen y destino. Esta información es pasada al Gestor de Diálogo que utiliza de nuevo una representación basada en *frames* y *slots*.

Mientras que los sistemas comentados anteriormente utilizan como noción básica la idea de Acto de Habla (Austin, 62; Searle, 69), el sistema TRINDI (TRINDI,) incorpora en el diseño del sistema de gestión de diálogo la idea de *dialogue moves* para modelar el carácter macro-organizativo de los diálogos.

De acuerdo con las ideas introducidas en la sección 1, la arquitectura Delfos que proponemos utiliza estructuras de rasgos complejas como modelo de datos para la comunicación de información entre el módulo de PLN y el Gestor de Diálogo, y para la representación de información en el mismo Gestor.

Las estructuras complejas de rasgos, junto con la función matemática de unificación permiten una gran flexibilidad, potencia semántica y cercanía conceptual de la representación. De hecho, los modelos de representación basados en *frames* pueden representarse utilizando estructuras complejas de rasgos. Por otro lado, el modelo permite la organización jerárquica de los actos de habla asociados a cada sentencia o elemento del discurso, permitiendo de esta forma la especificación de los *dialogue moves* (Power, 79; Kowtko et al., 92) utilizados en el proyecto TRINDI.

6 Nivel de Representación de Actos de Habla

Desde una perspectiva operativa o funcional, la entrada al sistema estará constituida por los enunciados del interlocutor. El resultado obtenido por el módulo de reconocimiento de voz es pasado al módulo Iris de PLN (López & Quesada, 98). Este módulo se encarga del análisis léxico-morfológico, gramatical y semántico, e incorpora un amplio conjunto de estrategias de detección y corrección de errores de habla y de reconocimiento (*speech repair*).

Así pues, de cada enunciado o preferencia el módulo de PLN extrae uno o más actos de habla. Estos actos de habla son representados como estructuras complejas de rasgos siguiendo el paradigma de la unificación (Shieber, 86), y de acuerdo con el protocolo CTAC. Este modelo de representación permite una comunicación transparente, flexible y eficiente entre los módulos de PLN basados en gramáticas y formalismos de unificación y el módulo de gestión del diálogo.

A continuación ilustramos el uso del protocolo CTAC con varias oraciones para una aplicación de información acerca de vuelos y reserva de billetes (tipo ATIS):

1. *Hola, buenos días.* En este caso se trata de un acto de habla de tipo saludo que no lleva asociado ningún argumento adicional, y que no requiere contenido argumental.

CLASS	Opening
TYPE	Hello
ARG	
CONTENTS	

2. *A Nueva York.* Esta sentencia podría aparecer como respuesta del usuario a una pregunta del tipo *¿A qué ciudad desea viajar?*

CLASS	Node
TYPE	City
ARG	
CONTENTS	New York

3. *Muéstrame los vuelos desde el JFK hasta Boston.*

CLASS	Request								
TYPE	RequestFlight								
ARG	[NodeOrigin, NodeDestiny]								
CONTENTS	[JFK, Boston]								
NodeOrigin	<table border="1"> <tr> <td>CLASS</td> <td>Node</td> </tr> <tr> <td>TYPE</td> <td>Airport</td> </tr> <tr> <td>ARG</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONTENTS</td> <td>JFK</td> </tr> </table>	CLASS	Node	TYPE	Airport	ARG		CONTENTS	JFK
CLASS	Node								
TYPE	Airport								
ARG									
CONTENTS	JFK								
NodeDestiny	<table border="1"> <tr> <td>CLASS</td> <td>Node</td> </tr> <tr> <td>TYPE</td> <td>City</td> </tr> <tr> <td>ARG</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONTENTS</td> <td>Boston</td> </tr> </table>	CLASS	Node	TYPE	City	ARG		CONTENTS	Boston
CLASS	Node								
TYPE	City								
ARG									
CONTENTS	Boston								

4. Muéstreme los vuelos hasta Boston. Finalmente, esta oración ilustra la capacidad de representación de sentencias con argumentos elididos (*under-specification*).

CLASS	Request								
TYPE	RequestFlight								
ARG	[NodeOrigin, NodeDestiny]								
CONTENTS	[?, Boston]								
NodeDestiny	<table border="1"> <tr> <td>CLASS</td> <td>Node</td> </tr> <tr> <td>TYPE</td> <td>City</td> </tr> <tr> <td>ARG</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONTENTS</td> <td>Boston</td> </tr> </table>	CLASS	Node	TYPE	City	ARG		CONTENTS	Boston
CLASS	Node								
TYPE	City								
ARG									
CONTENTS	Boston								

7 Nivel de Representación de Estructuras de Diálogo

Delfos incorpora un lenguaje para la especificación de la estructura conversacional dirigida a la planificación o diseño de modelos de discurso.

Los elementos básicos definidos son estados de diálogo. Estos estados son disparados por los actos de habla recibidos a través de CTAC, y a su vez disparan expectativas, modifican la historia de diálogo (de forma incremental), y/o ejecutan acciones.

Asimismo, este lenguaje introduce un nivel de organización superior a los estados, mediante la definición de fases de diálogo.

La especificación de un proyecto en Delfos comienza con la definición del entorno de variables públicas del sistema, y del conjunto inicial de acciones:

```
//
// Ejemplo de Aplicacion Delfos
//
StartProject: ATOS

AtInitSystem:
(
  DeclareEnvironmentVariables:
  [InitDialog, ConsistentCTAC,
   Confirmed, Next],
  RunAtInitSystem:
  {
    InitDialog = true;
    ConsistentCTAC = false;
    Confirmed = false;
    Next = false;
    GenerateInitMessage();
    ActivateState (INICIO);
  }
)
```

La idea de fase en Delfos permite agrupar los estados (reglas elementales de razonamiento) en bloques atendiendo a las condiciones que disparan a cada grupo de estados (fase):

```
DefinePhase:
(PhaseID: TRAMA,
 Conds:
 {
   InitDialog == false &&
   ConsistentCTAC == false &&
   Confirmed == false &&
   Next == false
 }
)
```

Por último, la definición de un estado:

- Hereda la información de fase (según un modelo de herencia múltiple con tratamiento de excepciones que permite la definición de jerarquías de fases);
- Define el nivel de prioridad (que el modelo de organización por agenda del motor inferencial utilizará para ordenar los estados disparados);
- Especifica las acciones que se deberán ejecutar cuando dicho estado sea disparado por el motor inferencial.
- Indica las dependencias entre estados mediante las que se modelan las expectativas. Por ejemplo, en la definición del estado DESVIAR presentada a continuación, se define la expectativa Destino, que se disparará automáticamente cuando una estructura CTAC correspondiente a un acto de habla de tipo *desviar llamada no*

haya instanciado el atributo correspondiente al destino del desvío. En ese caso la definición de la expectativa indica que se debe priorizar la activación del estado DESTINO (expectativa pragmática de la situación actual), y que la estructura que dicho estado consiga generar se incluirá en el rasgo Destino de la estructura CTAC del estado actual (DESVIAR).

```
DefineState:
(StateID: DESVIAR,
Phase: TRAMA,
Cond:
{
[CLASS:Function,TYPE:desviar]
},
Priority: 5,
Actions:
{
ConsistentCTAC = CheckCTAC();
},
Expectations:
(
Destino: (InputFeature: Destino,
TargetState: DESTINO)
)
)
```

8 Nivel de Razonamiento o Control del Discurso

Normalmente, los sistemas de gestión de diálogo implementan un único nivel de gestión del discurso que integra los componentes de especificación y gestión. En nuestro caso, y de acuerdo con los principios de la Programación Declarativa y de la Ingeniería del Conocimiento, contemplamos la gestión del discurso como una tarea de *experto* dirigida por la base de conocimiento (nivel de representación de estructuras de diálogo), que controlada por un motor inferencial (nivel de razonamiento o control del discurso) realiza operaciones de gestión de diálogo a partir de las entradas de un discurso concreto (nivel de representación de actos de habla).

La base de conocimiento de este *sistema experto* esta constituida por la especificación declarativa de estructuras de diálogo, y los problemas que debe resolver el motor inferencial se reciben del módulo de PLN en forma de actos de habla representados según el protocolo CTAC.

El motor inferencial utiliza la unificación como función básica de comparación de estruc-

turas, lo que permite una potencia semántica y computacional superior a la comparación de patrones (pattern-matching). El motor inferencial está basado en una arquitectura distribuida sobre un modelo tipo pizarra, disparo de reglas (fases/estados) usando un mecanismo de agenda, control de prioridades, distancia en la historia de diálogo, etc.

9 Conclusión

En este trabajo hemos presentado los principios metodológicos de diseño del modelo Delfos, una herramienta para el desarrollo de sistemas de gestión de diálogo.

Las principales restricciones de diseño han sido, en primer lugar, conseguir un modelo que fuese capaz de comunicarse de una forma flexible y eficiente con módulos de PLN basados en unificación, y, en segundo lugar, obtener un conjunto de lenguajes de especificación lingüísticamente motivados y semánticamente bien adaptados al dominio de la tarea (gestión del diálogo).

Para lograr estos objetivos, proponemos la estrategia de aplicación de los principios de la Ingeniería del Conocimiento a los sistemas de Gestión de Diálogo. Según este enfoque distinguimos en Delfos el módulo de especificación de bases de conocimiento (nivel de representación de estructuras del diálogo), el módulo encargado del razonamiento (motor inferencial) y el subsistema encargado de la transferencia bidireccional de información entre los módulos de PLN y Delfos.

Desde un punto de vista formal, la utilización de la Teoría de Objetos Léxicos garantiza que la potencia semántica de Delfos es equivalente a las estructuras de representación del discurso de la DRT.

A nivel lingüístico destacamos el carácter declarativo de los lenguajes de especificación, así como la capacidad del sistema para el tratamiento de fenómenos tales como la elipsis, las expectativas, la anáfora, etc. (la descripción de estos fenómenos ha quedado fuera del alcance de este artículo).

Finalmente, varias estrategias de los módulos

de especificación (prioridad, fases que agrupan estados, expectativas definidas como dependencias entre estados, etc.) han permitido obtener una implementación muy eficiente del sistema.

Bibliografía

- Alexandersson, J., B. Buschbeck-Wolf, T. Fujinami, M. Kipp, S. Koch, E. Maier, N. Reithinger, B. Schmitz, M. Siegel. 1998. *Dialogue Acts in VERBMOBIL-2*. DFKI Saarbrücken and TU Berlin, Report 226, July 1998.
- Aust, H. and M. Oerder. 1995. Dialogue Control in Automatic Inquiry Systems. In Andernach, J. A., S. P. van der Burgt and G. F. van der Hoeven. eds. *Proceedings of the 9th Twente Workshop on Language Technology*. University of Twente, Netherlands.
- Aust, H., M. Oerder, F. Seide and V. Steinbiss. 1995. The Philips automatic train timetable information system. *Speech Communication* 17, 249-262.
- Austin, J. L. 1962. *How to Do Things with Words*. Oxford: Oxford University Press.
- Barwise, J. and J. Perry. 1983. *Situations and attitudes*. Cambridge, Mass: The MIT Press.
- Eijck, Jan van and Hans Kamp. 1997. Representing Discourse in Context. In van Benthem, J. and A. ter Meulen. eds. *Handbook of Logic and Language*. Elsevier Science. pp. 179-237.
- Hodgson, J.P.E. 1991. *Knowledge Representation and Language in AI*. Chichester, England: Ellis Horwood.
- Kamp, H. 1981. A theory of truth and discourse representation. In Groenendijk, J., T. Jansen and M. Stockhof. eds. *Formal methods in the study of language*. Amsterdam: Mathematical Centre tracts 135.
- Kamp, H. and U. Reyle. 1993. *From Discourse to Logic*. Dordrecht: Kluwer.
- Kirchner, C. ed. 1990. *Unification*. San Diego, California: Academic Press Inc.
- Kowtko, J. C., S. D. Isard and G. M. Doherty. 1992. *Conversational Games within Dialogue*. Research Paper HCRC/RP-31, Human Communication Research Centre.
- Levinson, S. 1981. Some pre-observations on the modelling of dialogue. *Discourse Processes*, 4(1), 93-116.
- Levinson, S. 1983. *Pragmatics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lopez, M.T. and J. F. Quesada. 1998. Spoken Language Parsing Strategies in a Conversational System. In *Proceedings of ECAI'98: XIII European Conference on Artificial Intelligence*, 203-204.
- van Noord, G., G. Bourna, R. Koeling, M. J. Nederhof. 1998. Robust Grammatical Analysis for Spoken Dialogue Systems. *Natural Language Engineering* (Cambridge University Press), 1(1), 1-48.
- Power, R.J.D. 1979. The Organization of Purposeful Dialogue. *Linguistics*, 17, 107-152.
- Quesada, J. F. 1998. The Lexical Object Theory: Specification Level. *Grammars*, 1, 57-84.
- Rozenberg, G. and A. Salomaa. eds. 1997. *The Handbook of Formal Languages*. Berlin: Springer Verlag.
- Schank, Roger and Robert Abelson. 1977. *Scripts Plans Goals and Understanding*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Searle, J. R. 1969. *Speech Acts*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Shieber, S.M. 1986. *An Introduction to Unification-based Approaches to Grammar*. CSLI Lecture Notes 4. Stanford, California: Center for the Study of Language and Information.
- Shieber, S.M., F.C.N. Pereira, L. Karttunen and M. Kay. eds. 1986. *A Compilation of Papers on Unification-Based Grammar Formalisms. Parts I and II*. Report No. CSLI-86-48. Stanford, California: Center for the Study of Language and Information.
- University of Rochester, Department of Computing Science. *The TRAINS Project: Natural Spoken Dialogue and Interactive Planning*. <http://ftp.cs.rochester.edu/u/trains>
- TRINDI: *Task Oriented Instructional Dialogue*. <http://www.ling.gu.se/research/projects/trindi>