

# Alternativas para Definir Protocolos de Interacción basadas en Compromisos

**Mariano Tucat**

mt@cs.uns.edu.ar

**Alejandro J. García**

ajg@cs.uns.edu.ar

Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial  
Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación, Universidad Nacional del Sur,  
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)  
Av. Alem 1253, (B8000CPB) Bahía Blanca, Argentina  
Tel: (0291) 459-5135 / Fax: (0291) 459-5136

## ABSTRACT

Esta línea de investigación se enfoca sobre el diseño de protocolos de interacción entre agentes y estudia la posibilidad de desarrollar nuevos protocolos que no limiten la flexibilidad del agente, permitiéndole aprovechar oportunidades y manejar las excepciones que se le presentan. Además, esta línea busca desarrollar un formalismo de especificación de protocolos flexibles, que permita a un agente *comunicar* una política de conversación a otro agente.

## 1. INTRODUCCIÓN

Una característica esencial de los Sistemas Multi-Agente (SMAs) es la interacción entre agentes. Los agentes pertenecientes a un SMA interactúan con el objetivo de llevar a cabo tareas, ya sea individuales o colectivas, participando de conversaciones. Estas conversaciones pueden ser simples secuencias de intercambios de mensajes tales como pedidos/respuestas o bien pueden representar negociaciones más complejas. Dicho intercambio de mensajes entre agentes, generalmente cae dentro de patrones típicos, llamadas políticas de conversación o protocolos de interacción.

En Sistemas Multi-Agentes abiertos, donde generalmente los agentes son heterogéneos y no se puede acceder a su estructura interna, no es realista asumir que estos agentes estén contruidos de manera tal que siempre se comporten de acuerdo a los protocolos de interacción. Es por esto que resulta necesario un formalismo que restrinja el comportamiento observable del agente, en vez de su estructura interna, así como también resultan necesarias herramientas para verificar que el comportamiento de los agentes se correspondan con una dada especificación de la interacción.

Los protocolos representan las interacciones permitidas entre agentes que se comunican. Dentro de las características deseables de los métodos utilizado para especificar protocolos de interacción para SMAs se encuentran:

**Autonomía** La especificación de un protocolo no debe comprometer la autonomía de un agente mas allá de lo que requiere la interacción.

**Heterogeneidad** Un protocolo debe permitir que los agentes provengan de distintos diseños y que puedan adoptar diferentes estrategias para llevar a cabo sus interacciones.

**Oportunidades** Un protocolo debe permitir que un agente aproveche las oportunidades que pueden surgir durante una interacción.

**Excepciones** Un protocolo debe permitir a un agente manejar las excepciones sin necesidad de cancelar toda la interacción.

## 2. LENGUAJES DE COMUNICACIÓN ENTRE AGENTES

La posibilidad de que distintos agentes interactúen en un entorno abierto depende fuertemente de la adopción de un Lenguaje de Comunicación entre Agentes (LCA) común. La gran mayoría de las propuestas están basadas en los actos del habla. Los actos del habla parecen tan apropiados para describir las interacciones entre agentes que prácticamente todas las propuestas existentes en el campo de los LCAs están basadas en ellos.

Los estudios existentes sobre los LCAs siguen tres caminos distintos:

**Mentalistas** definen el significado de los actos del habla usando el estado mental del agente. Usar el estado mental para definir los actos del habla puede ser adecuado en SMA cooperativos, pero presenta algunos problemas cuando el SMA está compuesto por agentes heterogéneos y competitivos. Ejemplos son KQML [10] y FIPA ACL [7].

**Social o Basado en Obligaciones** define el significado de los actos comunicativos usando obligaciones dirigidas de un agente a otro.

**Conversacionales** el significado queda implícitamente definido por el rol que juega el agente en un dado conjunto de protocolos de conversación. Un problema de esta alternativa es que un cambio en el conjunto de protocolos aceptados va a afectar el significado de los actos del habla.

Es decir, los LCAs varían en que enfatizan el estado mental individual o los aspectos sociales de la comunicación. Los agentes *mentales* enfatizan el estado mental del agente, típicamente describiéndolo como creencias e intenciones. Este alternativa presupone el punto de vista intencional, en la cual se puede describir cualquier sistema usando términos tales como creencias e intenciones. Una alternativa mas promisoria, según Singh [11], corresponde a considerar los actos comunicativos como una parte de las interacciones sociales actuales. Aún cuando no se puede determinar el estado mental específico de un agente, se puede asegurar que un agente tiene la posibilidad de interactuar socialmente.

## 3. ANÁLISIS DE PROPUESTAS EXISTENTES EN LA LITERATURA

A continuación se presenta un análisis de las propuestas existentes en la literatura las cuales utilizan distintas alternativas a la hora de representar protocolos. En particular, se analizan las propuestas que enfatizan los aspectos sociales de la comunicación y que se basan en el concepto de compromiso u obligación a la hora de definir la semántica de los LCAs.

Las obligaciones son sociales debido a que, generalmente, implican a dos partes y son públicamente observables por todos los agentes dentro del SMA. Debido a que un compromiso es público, es posible verificar si un agente cumple con sus obligaciones y, por lo tanto, es posible chequear el cumplimiento de los protocolos por parte de los agentes.

### 3.1. Nonmonotonic Commitment Machines

Chopra *et al.* [4, 6, 5] proponen un formalismo para especificar protocolos llamado Nonmonotonic Commitment Machines (NCMs) que usa compromisos para representar los estados y las acciones. El significado de un estado está dado por las obligaciones que existen en ese estado, siendo éste una descripción del mundo. El significado de una acción está dado por como son manipuladas las obligaciones. Una NCM, en vez de especificar directamente las secuencias de estados y transiciones, especifica un conjunto de reglas en Lógica Causal No Monótona.

Chopra *et al.* muestran una forma de especificar protocolos basados en compromisos u obligaciones. Esta alternativa está basada en la noción general de que un agente no viola un protocolo mientras no viole las obligaciones indicadas por el protocolo. Al usar compromisos, los protocolos resultan más flexibles y le permiten al agente manejar excepciones y aprovechar oportunidades sin tener que violar el protocolo.

Que los agentes logren manejar las excepciones y aprovechar las oportunidades presupone que deben poder razonar sobre los protocolos. Para poder razonar formalmente, los protocolos deben tener una semántica formal, la cual, en el trabajo de Chopra *et al.*, está basada en la noción de compromiso. Los protocolos pueden ser vistos, naturalmente, como el intercambio y manejo de obligaciones.

### 3.2. Cálculo de Eventos y Obligaciones

En [12, 13], Yolum *et al.* buscan especificar protocolos basados en capturar el significado intrínseco de las acciones, representándolas explícitamente como parte del protocolo. Para modelar este significado intrínseco se usan los compromisos sociales, los cuales capturan, conceptualmente, las obligaciones de una parte a otra.

Las obligaciones son formalizadas utilizando una variante del cálculo de eventos. Las operaciones para crear y manipular obligaciones, combinadas con las reglas de razonamiento y la representación intrínseca del significado de las acciones le permiten a los agentes razonar acerca de sus interacciones.

El hecho de especificar protocolos en términos de compromisos permite a los agentes razonar acerca de sus acciones, permitiéndoles a su vez manejar situaciones excepcionales que pueden ocurrir en tiempo de ejecución. El cálculo de eventos provee una forma elegante de representar cambios en el mundo a través de acciones en un protocolo, permitiendo a su vez representar uniformemente las obligaciones, sus operaciones y las reglas de razonamiento sobre ellas.

### 3.3. LCA basado en Compromisos

En [8, 9], Fornara *et al.* presentan la especificación operacional de las obligaciones como un tipo de datos abstracto. El concepto de obligaciones es usado para definir el significado de una clase mayor de actos del habla usando un framework homogéneo. Un objeto de la clase de las obligaciones es independiente de la estructura interna y del estado mental de los agentes. Además, es observable por otros agentes y por cualquier entidad superior y es objetivo. Una obligación tiene un estado, el cual evoluciona con el tiempo. Puede estar activo, completado, violado y cancelado.

En particular se analiza la evolución de las obligaciones a lo largo del tiempo, desde precompromisos u obligaciones condicionales hasta compromisos activos, los cuales finalmente se transforman en obligaciones completadas o violadas. En esta propuesta, se proporciona, además, la semántica operacional de las obligaciones a través de un tipo de dato abstracto. El concepto

de obligaciones es usado para definir el significado de una clase amplia de actos del habla usando un framework homogéneo.

Una característica importante del framework presentado es que resulta modular y permite la reutilización de varios componentes. Es decir, partiendo de un pequeño conjunto de operaciones básicas sobre las obligaciones, es posible definir el significado de simples actos del habla, los cuales pueden ser usados para definir una nueva capa de actos del habla mas complejos.

### 3.4. Restricciones de Integridad Social

Alberti *et al.* [3, 1, 2] proponen un formalismo basado en la lógica de primer order, llamado Restricciones de Integridad Social (ICs, *Social Integrity Constrains* en inglés) para la definición de los protocolos de interacción y la semántica de los LCAs. Estas ICs pueden ser usadas para proveer semántica a los actos comunicativos y a los protocolos que definen la interacción entre agentes en un entorno social abierto.

En este trabajo se utiliza en paradigma de razonamiento denominado *Abduction*, el cual consiste en formular hipótesis (llamadas *abducibles* en inglés) para denotar observaciones. En la mayoría de los *abductive framework*, se imponen restricciones de integridad sobre las posibles hipótesis para prevenir explicaciones inconsistentes. El objetivo del framework propuesto por Alberti *et al.* es formalizar las expectativas acerca del comportamiento de los agentes como hipótesis, y usar restricciones de integridad social para evitar, dentro de los posibles comportamientos esperados, aquellos que violen los protocolos de interacción.

El significado de los actos comunicativos no está definido en base al efecto que tienen en el estado mental de los agentes, sino de acuerdo al efecto social el cual es, además, verificable. La semántica está basada en el concepto de *expectation*, el cual es, según los autores, mas amplio que el de compromiso u obligación, y junto con restricciones de integridad sociales proveen una especificación declarativa de un correcto comportamiento, en lo que respecta a las interacciones, por parte de agentes dentro de una sociedad.

## 4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Las propuestas mencionadas anteriormente utilizan distintas alternativas a la hora de representar protocolos. Estas propuestas tienen en común que enfatizan los aspectos sociales de la comunicación y que se basan en el concepto de compromiso u obligación a la hora de definir la semántica de los LCAs. En la primer propuesta, la correspondiente a Chopra *et al.*, se utiliza un conjunto de reglas en Lógica Causal No Monótona para representar los protocolos, mientras que la propuesta de Yolum *et al.* utilizan cálculo de eventos. En el caso de Fornara *et al.*, el paradigma de la programación orientada a objetos es utilizado para definir la clase de las obligaciones junto con los métodos correspondientes para luego definir los actos del habla a partir de esta clase. Finalmente, Alberti *et al.*, proponen un formalismo basado en la lógica de primer orden, utilizando el paradigma de razonamiento denominado *Abduction* y el concepto de *expectation*, el cual es mas amplio que el de compromiso.

Como trabajo futuro se planea ampliar el estudio y análisis de las propuestas mencionadas, con el fin de compararlas, resaltando sus ventajas y desventajas. A partir de este análisis, se intentará desarrollar un formalismo de especificación de protocolos que permita aprovechar oportunidades y manejar excepciones tomando las ventajas de las propuestas analizadas y tratando de evitar sus desventajas.

## Referencias

- [1] Marco Alberti, Davide Daolio, Paolo Torroni, Marco Gavanelli, Evelina Lamma, and Paola Mello. Specification and verification of agent interaction protocols in a logic-based system. In Hisham Haddad, Andrea Omicini, Roger L. Wainwright, and Lorie M. Liebrock, editors, *SAC*, pages 72–78. ACM, 2004.
- [2] Marco Alberti, Marco Gavanelli, Evelina Lamma, Federico Chesani, Paola Mello, and Paolo Torroni. Compliance verification of agent interaction: a logic-based software tool. *Applied Artificial Intelligence*, 20(2-4):133–157, 2006.
- [3] Marco Alberti, Marco Gavanelli, Evelina Lamma, Paola Mello, and Paolo Torroni. Modeling interactions using social integrity constraints: A resource sharing case study. In João Alexandre Leite, Andrea Omicini, Leon Sterling, and Paolo Torroni, editors, *DALT*, volume 2990 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 243–262. Springer, 2003.
- [4] Amit K. Chopra and Munindar P. Singh. Nonmonotonic commitment machines. In Frank Dignum, editor, *Workshop on Agent Communication Languages*, volume 2922 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 183–200. Springer, 2003.
- [5] Amit K. Chopra and Munindar P. Singh. Contextualizing commitment protocol. In *AA-MAS '06: Proceedings of the fifth international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, pages 1345–1352, New York, NY, USA, 2006. ACM Press.
- [6] Amit K. Chopra and Munindar P. Singh. Producing compliant interactions: Conformance, coverage, and interoperability. In Matteo Baldoni and Ulle Endriss, editors, *DALT*, volume 4327 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 1–15. Springer, 2006.
- [7] FIPA. Foundation for intelligent physical agents. <http://www.fipa.org>.
- [8] Nicoletta Fornara and Marco Colombetti. Operational specification of a commitment-based agent communication language. In *Proceedings of the 1st International Joint Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems (AAMAS)*, pages 536–542. ACM Press, jul 2002.
- [9] Nicoletta Fornara and Marco Colombetti. Defining interaction protocols using a commitment-based agent communication language. In *AAMAS*, pages 520–527, 2003.
- [10] KQML. Knowledge Query and Manipulation Language. Oficial Web Page: <http://www.cs.umbc.edu/kse/kqml>.
- [11] Munindar P. Singh. Agent communication languages: Rethinking the principles. *Computer*, 31(12):40–47, 1998.
- [12] Pinar Yolum and Munindar P. Singh. Flexible protocol specification and execution: applying event calculus planning using commitments. In *AAMAS*, pages 527–534. ACM, 2002.
- [13] Pinar Yolum and Munindar P. Singh. Reasoning about commitments in the event calculus: An approach for specifying and executing protocols. *Ann. Math. Artif. Intell.*, 42(1-3):227–253, 2004.