

ABN: Considerando Características de los Objetos de Negociación

Pablo Pilotti¹, Ana Casali^{1,2} and Carlos Chesñevar³

¹ Centro Internacional Franco Argentino de Ciencias de la Información y de Sistemas (CIFASIS) Rosario, Av. 27 de febrero 210 bis - S2000EZP, Rosario, ARGENTINA
Email: pilotti@cifasis-conicet.gov.ar

² Facultad de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura Universidad Nacional de Rosario (UNR)
Email: acasali@fceia.unr.edu.ar

³ Depto. de Cs. e Ingeniería de la Computación Universidad Nacional del Sur (UNS) - CONICET
Email: cic@cs.uns.edu.ar

Resumen Un escenario típico de negociación involucra dos agentes cooperativos que poseen recursos y tienen la necesidad de realizar un intercambio para alcanzar sus objetivos. Los recursos tienen características que pueden ser determinantes para alcanzar o no, sus metas. Los agentes conocen con certeza tanto sus recursos como las características que estos tienen, pero suelen tener creencias, posiblemente erróneas o incompletas, sobre los recursos del oponente. Para acordar cuales recursos trocar, establecen una comunicación en donde se ofrecen propuestas de posibles intercambios y se responden con críticas y contrapropuestas. El rumbo de la comunicación va cambiando en la medida de que los agentes revelan los recursos que poseen y las características de estos. En este trabajo se presenta un modelo de negociación automática basada en argumentación para agentes que quieren negociar en este tipo de escenarios. Se utilizan técnicas de revisión de creencias para la interpretación de las propuestas y argumentación para la generación de propuestas.

1. Introducción

La negociación es una forma de interacción entre dos o más agentes que tienen objetivos en conflicto y buscan un acuerdo aceptable. Un escenario típico de negociación involucra a dos agentes co-dependientes (necesitan del otro agente para alcanzar su objetivo) que deben negociar para alcanzar un beneficio mutuo. Diferentes enfoques se han desarrollado para abordar la negociación en sistemas multiagentes [7] entre las cuales se puede destacar la negociación basada en argumentación –*ABN: argumentation-based negotiation*– (por ej. [1], [4], [6],[7],). En ABN se plantea que los agentes que negocian no sólo intercambien propuestas, sino que también las razones que soportan a las mismas.

Esto permite a los agentes conocer las creencias y preferencias de la contraparte modificando la aceptabilidad y valoración de cada propuesta [3]. Además, dado que los agentes generalmente tienen información incorrecta o incompleta sobre los otros, el intercambio de argumentos les brinda información que les posibilita actualizar sus creencias.

Para participar en el proceso de negociación, los agentes ABN tienen que ser capaces de generar, seleccionar y evaluar los argumentos asociados a las propuestas y actualizar acorde a sus estados mentales [6]. En [5] los autores han presentado un modelo de negociación automática entre dos agentes cooperativos, benevolentes (i.e. siempre tratan de hacer lo que se les pide) y veraces (i.e. no comunican información que conocen que es falsa). Las propuestas son modeladas como argumentos, se consideran recursos tanto a los objetos físicos como al conocimiento necesario para alcanzar los objetivos y se utilizan técnicas de revisión de creencias para el proceso de interpretación y generación de argumentos. En ese modelo se permite intercambiar conjuntos de recursos, sin embargo no se considera la descripción de características que tienen los objetos y por lo tanto, en el diálogo no se incluyen argumentos que traten sobre estas características.

Las características de los objetos son importantes en el proceso de una negociación en el contexto planteado, ya que determinan si se puede con estos recursos alcanzar o no un objetivo. Por ejemplo, generalmente con un martillo y un clavo se puede colgar un cuadro en la pared, pero si el clavo es pequeño suele no servir para ese fin. En [1] los autores muestran como a través de un diálogo que incluye propiedades de los objetos/sujetos a negociar en los argumentos, puede influir en las preferencias de los agentes que negocian y por ende, en el resultado de la negociación.

En este trabajo se extiende el modelo de negociación basada en argumentación presentado en [5] en distintos aspectos. En primer lugar, se incluye la representación de las características de los objetos y su utilización en los argumentos que soportan o critican a las distintas propuestas. Luego, se extiende la formalización de una propuesta para que incluya la argumentación de lo que se ofrece. Además, los mensajes que intercambian los agentes son más completos, pudiendo incluir una crítica a la última propuesta recibida. Para dar una mejor representación al conocimiento que tiene un agente, sobre los planes que le permitan alcanzar o no, los distintos objetivos (los cuales dependen de las propiedades de los recursos que están involucrados), se ha decidido utilizar una lógica rebatible para su representación.

Se considera un escenario de negociación que involucra a dos agentes que poseen recursos y tienen la necesidad de realizar un intercambio (trueque) para alcanzar sus objetivos. Los recursos tienen características que pueden ser determinantes para alcanzar o no, sus metas. Los agentes conocen con certeza sus objetivos, sus recursos y las propiedades que estos tienen y por otra parte, tienen creencias, posiblemente incompletas o erróneas, sobre los objetivos y los recursos del oponente. Además, pueden tener conocimiento erróneo o incompleto sobre cuáles son los planes y recursos que le permiten satisfacer sus propias metas.

Para acordar cuáles recursos trocar, establecen una comunicación en donde se intercambian mensajes. Dentro de estos mensajes se ofrecen posibles intercambios (propuestas) y se responden con críticas y contra-ofertas. En la medida de que los agentes revelan los recursos que poseen y las características que estos tienen, las creencias de los agentes respecto al oponente van cambiando y con ello, se modifican las propuestas a intercambiar. En este trabajo se formaliza un modelo de negociación automática basada en argumentación para este tipo de escenario, utilizando técnicas de revisión de creencias para la interpretación y la generación de las propuestas. A continuación se presenta un ejemplo motivador del modelo de negociación que se propone.

Example 1. Dos agentes Ag_1 y Ag_2 se encuentran en una habitación, cada uno tiene un objetivo diferente que no pueden alcanzar con sus propios recursos.

El agente Ag_1 tiene como objetivo decorar una pared. Posee los siguientes recursos: tiene un cuadro pequeño, un pincel, un tornillo y un martillo. Cree que: colgando un cuadro a la pared o pintándola de rojo (solamente) la pared quedará decorada, usando un martillo y un clavo usualmente se puede colgar el cuadro, usando un martillo y un clavo pequeño usualmente se puede colgar un cuadro pequeño y que usando un tornillo y un destornillador usualmente se puede colgar un espejo. Respecto al agente Ag_2 cree que su objetivo es pintar la pared y que posee un destornillador y pintura pero no de color rojo.

Por el otro lado, el agente Ag_2 tiene como objetivo colgar un espejo en la pared. Tiene los siguientes recursos: un espejo, una tachuela y un destornillador. Tiene las siguientes creencias: una tachuela es un clavo chico, con un martillo y un clavo usualmente se puede colgar un cuadro, pero si el clavo es chico usualmente no se lo puede colgar, con un martillo y un clavo usualmente se puede colgar un espejo, pintar la pared la decora. También tiene como creencia, que el objetivo del agente Ag_1 es pintar una pared.

Adicionalmente ambos creen: que si la pared está pintada de rojo, entonces está pintada y que con un pincel y pintura usualmente se pinta la pared,

Cabe destacar que en este escenario, los agentes se encuentran en la siguiente situación: (1) ninguno de los dos puede alcanzar su meta por si mismo, (2) tienen información incompleta o incorrecta respecto del otro agente (por ej. la creencia de Ag_2 sobre el objetivo de Ag_1 es incorrecta) (3) tienen información contradictoria respecto a como alcanzar un objetivo (por ej. si se puede o no, colgar un cuadro utilizando un clavo pequeño).

El resto de este trabajo está estructurado de la siguiente forma, en la Sección 2 se presenta el lenguaje que utiliza un agente y en la Sección 3 se describe su arquitectura. Luego, en la Sección 4 se introduce el diálogo entre agentes y la Sección 5 los procesos de evaluación, interpretación y generación de las propuestas. Finalmente, se presenta en la Sección 6 algunas conclusiones y en el apéndice un diálogo posible entre los agentes del ejemplo motivador, .

2. Representación del conocimiento del Agente

En este trabajo se utiliza Defeasible Logic Programing (DeLP) como lenguaje de representación y mecanismo de deducción de los agentes, que permite tratar

conocimiento rebatible. Luego las creencias de cada uno son representadas como un “Defeasible Logic Program”. A continuación se introduce DeLP de manera compacta, el lector puede referirse a [2] para una presentación completa de DeLP. En DeLP, un programa P es un par (Π, Δ) donde Π es un conjunto consistente de hechos y reglas estrictas y Δ un conjunto de reglas rebatibles. Los hechos son representados por literales (átomos o átomos negados que utilizan la negación fuerte “ \sim ”), las reglas estrictas se denotan “ $l_0 \leftarrow l_1, \dots, l_n$ ” mientras que las rebatibles “ $l_0 \prec l_1, \dots, l_n$ ”. Las reglas rebatibles representan información tentativa, pueden ser utilizadas para la deducción de la conclusión si no se plantea nada en su contra, mientras que los hechos y reglas estrictas representan el conocimiento no rebatible. Por lo tanto, una regla rebatible representa una conexión débil entre el cuerpo y la cabeza, y debe leerse como “si l_1, \dots, l_n entonces usualmente se cumple l_0 ”. En DeLP también existe la posibilidad de representar hechos negados y reglas cuyas cabezas contienen literales negados. Por lo tanto es posible la derivación de conclusiones contradictorias. Un conjunto $A \subset \Delta$ es un *argumento* para el literal l (denotado $\langle A, l \rangle$) si $\Pi \cup A$ es consistente y deriva a l . Para establecer si $\langle A, l \rangle$ es no-derrotado, se lo compara con todos los contra-argumentos es decir argumentos que lo refutan o contradicen y por algún criterio son preferidos a $\langle A, l \rangle$. Dado que los contra-argumentos también son argumentos, estos pueden ser derrotados por otros, y así formar una secuencia de argumentos. Una *línea de argumentación aceptable* es una secuencia finita de argumentos $[A_1, \dots, A_n]$ tal que: Cada argumento derrota a su predecesor; son consistentes tanto la unión de los argumentos que soportan a la conclusión (A_{2k+1}) como la unión de los que la que desafían (A_{2k}); no existen argumentos que sean sub argumentos de otros que aparezca antes en la secuencia. Por lo general, cada argumento tiene más de un argumento que lo derrota y por lo tanto, podría existir más de una línea de argumentación. El conjunto de líneas de argumentación forma un árbol, llamado árbol dialéctico, que tiene argumentos como nodos y cada camino desde la raíz a una hoja representa una línea de argumentación. El árbol se utiliza para decidir si un literal l se justifica o no. Si en un árbol dialéctico cuya raíz es $\langle A, l \rangle$ existe una línea de argumentación de longitud par, significa que existe un argumento que desafía a la conclusión y que no puede ser derrotado. En estos casos el árbol dialéctico no justifica al literal l . Un literal l es justificado en un programa DeLP, si existe un árbol dialéctico que lo justifica. De esta manera, dado un programa P , y una consulta l el intérprete DeLP responde: *YES* si P justifica l , *NO* si P justifica $\sim l$, *UNDECIDED* si P no justifica ni l ni $\sim l$, *UNKNOWN* si no pertenece al lenguaje del programa.

En el contexto de negociación establecido, los agentes negocian objetos que poseen características con el fin de satisfacer sus metas. De esta manera, los objetos, las características y las metas son *elementos de la negociación* que deben ser representados por el lenguaje y es necesario distinguirlos en el lenguaje DeLP,

Los literales que se distinguen para representar los elementos de la negociación son los siguientes: \mathcal{R}^{at} , un conjunto de fórmulas atómicas que representan clases de recursos (ej. *hammer(h)*, *nail(n)*, *picture(p)*), \mathcal{F}^{at} , un conjunto de fórmulas atómicas que representan características de recursos (ej. *red(c)*,

$small(n)$), \mathcal{G}^{at} un conjunto de fórmulas atómicas que representan metas (ej. $decorate_wall, hang(p)$).

Los conjuntos de reglas que se distinguen para representar la relación entre los elementos de la negociación son los siguientes:

$\mathcal{R}_d = \{r_0 \prec r_1, f_1, \dots, f_n \mid r_i \in \mathcal{R}^{at}, f_j \in \mathcal{F}^{at}\}$. El conjunto de las fórmulas en forma de regla que relacionan recursos y características con otros recursos. Estas reglas representan la creencia de que un recurso r_0 usualmente es considerado un recurso r_1 con las características f_1, \dots, f_n . Por ejemplo la fórmula $tack(c) \prec nail(c), small(c)$ indica que una tachuela es un clavo chico, y la fórmula $\sim tack(c) \prec nail(c), \sim small(c)$ indica que si el clavo no es chico entonces no es considerada tachuela;

$\mathcal{R}_p = \{f_0 \prec r_0, \mid r_0 \in \mathcal{R}^{at}, f_0 \in \mathcal{F}^{at}\}$, el conjunto de las fórmulas en forma de regla que relacionan recursos con características, estas reglas representan la creencia de que un recurso r_0 usualmente tiene la característica f_0 . Por ejemplo la fórmula $small(c) \prec tack(c)$ indica que una tachuela es considerada como algo chico;

$\mathcal{G}_d = \{g_0 \leftarrow g_1, \dots, g_n \mid g_i \in \mathcal{G}^{at}\}$, el conjunto de las fórmulas en forma de regla que relacionan metas con otras metas. Estas reglas significan que la meta g_0 es alcanzada si todas las sub-metas g_1, \dots, g_n son alcanzadas. Por ejemplo: $decorate_wall \leftarrow red_paintwork(c)$ significa que una pared se decora si se pinta de rojo;

$\mathcal{P} = \{g \prec r_1, f_1^1, \dots, f_1^m, \dots, r_n, f_n^1, \dots, f_n^l \mid g \in \mathcal{G}^{at}, r_i \in \mathcal{R}^{at}, f_i^j \in \mathcal{F}^{at}\}$ el conjunto de las fórmulas en forma de regla que relacionan las metas con los objetos y características. Este tipo de regla significa que la meta g usualmente se puede alcanzar con el recurso r_1 que posee las características f_1^1, \dots, f_1^m , con el recurso r_2 con características f_2^1, \dots, f_2^k y así sucesivamente. Por ejemplo, la fórmula $hang(p) \prec picture(p), hammer(h), nail(n)$ significa que un cuadro se puede colgar utilizando un martillo y un clavo, mientras que la fórmula $\sim hang(p) \prec picture(p), hammer(h), nail(n)$ sugiere que no es posible si el clavo es pequeño.

De esta manera, las fórmulas del lenguaje que describen los recursos se denotan como $\mathcal{R} = \mathcal{R}^{at} \cup \mathcal{F}^{at} \cup \mathcal{R}_d \cup \mathcal{R}_p$ y las que describen las metas $\mathcal{G} = \mathcal{G}^{at} \cup \mathcal{G}_d$.

En este trabajo las creencias de cada agente están enfocadas a representar los recursos que posee y su descripción (\mathcal{R}), las metas y las sub-metas necesarias para alcanzar otras metas (\mathcal{G}) y los recursos que son necesarios para alcanzar metas (\mathcal{P}). Se define al lenguaje de creencias como: $\mathcal{B} = \mathcal{R} \cup \mathcal{G} \cup \mathcal{P}$.

3. Arquitectura del Agente

El estado mental de cada agente negociador Ag_i posee un conjunto de creencias (B_i), un objetivo a alcanzar (G_i), así como también un conjunto de creencias (B_i^j) sobre su agente oponente Ag_j y cual es el objetivo de su oponente (G_i^j). Además de las creencias, el estado mental de los agentes incluye el historial de negociación, es decir el diálogo establecido desde el comienzo de la negociación (Ver Def. 4 para mas detalles), lo cual se formaliza a continuación.

Definition 1. Sean Ag_i, Ag_j los agentes involucrados en la negociación. El **estado mental** del agente Ag_i y de manera equivalente el de Ag_j es una tupla $MS_i = \langle B_i, G_i, B_i^j, G_i^j, H_i \rangle$, donde: $B_i, B_i^j \subset \mathcal{B}$; $G_i, G_i^j \in \mathcal{G}^{at}$ y H es la historia de negociación entre Ag_i y Ag_j .

Continuando con el ejemplo 1, se formaliza a Ag_1 como $MS_1 = \langle B_1, G_1, B_1^2, G_1^2, H_1 \rangle$, donde:

$$\begin{aligned}
B_1 &= \{ \text{picture}(p), \text{small}(p), \text{brush}(b), \text{screw}(s), \text{hammer}(h), \\
&\quad \text{decorate_wall} \leftarrow \text{hang}(p); \text{decorate_wall} \leftarrow \text{red_paintwork}(c) \\
&\quad \sim \text{decorate_wall} \leftarrow \sim \text{red_paintwork}(c) \\
&\quad \text{hang}(p) \prec \text{picture}(p), \text{hammer}(h), \text{nail}(n) \\
&\quad \text{hang}(p) \prec \text{picture}(p), \text{small}(p), \text{hammer}(h), \text{nail}(n), \text{small}(n) \\
&\quad \text{hang}(m) \prec \text{mirror}(m), \text{screw}(s), \text{screwdriver}(sc) \\
&\quad \text{paintwork}(c) \prec \text{brush}(b), \text{paint}(c); \text{paintwork}(c) \prec \text{red_paintwork}(c) \} \\
G_1^1 &= \text{decorate_wall} \\
B_1^2 &= \{ \text{paint}(c), \sim \text{red}(c), \text{screwdriver}(sc) \} \\
G_1^2 &= \text{paintwork}(c) \\
H_1 &= \emptyset
\end{aligned}$$

El mecanismo de decisión de los agentes utiliza la información del estado mental (MS) para calcular que mensaje enviar al otro agente. La función $Init$ calcula el primer mensaje del diálogo, los demás mensajes son calculados por $Answer$.

Definition 2. El **mecanismo de decisión** de un agente Ag_i consiste en una tupla $DM_i = \langle Init_i, Answer_i \rangle$, donde:

$$\begin{aligned}
Init_i &: MS_i \rightarrow MS_i \times Message \\
Answer_i &: MS_i \times Message \rightarrow MS_i \times Message \cup \{ \text{accept}, \text{withdraw} \}
\end{aligned}$$

El algoritmo $Init$ es el encargado de comenzar la negociación, en primer lugar selecciona las propuestas que cree que sirven tanto para alcanzar su meta como la del otro agente, si no existen selecciona las propuestas que solamente sirven para alcanzar su meta sin tener en cuenta si lo ofrecido le es útil al otro agente, si tampoco existen envía el mensaje $withdraw$ indicando que abandona la negociación. Por otro lado, el algoritmo $Answer$ actualiza las creencias del agente utilizando la propuesta recibida (proceso de interpretación). A continuación, si lo ofrecido le permite alcanzar su meta y puede cumplir con lo que le demandan, envía el mensaje $accept$ indicando que está de acuerdo (proceso de evaluación). En caso contrario genera una crítica y una contra propuesta (proceso de generación). Los procesos de interpretación, evaluación y generación de propuestas se detallan en la sección 5.

Finalmente se define un agente negociador como un estado mental, que lleva cuenta de la información relevante para la negociación y por un mecanismo de decisión que calcula el próximo mensaje del diálogo. En la próxima sección se definen las propuestas y críticas que pueden ser enviadas en los mensajes.

Definition 3. Un **agente** Ag_i es una tupla $\langle MS_i, DM_i \rangle$, donde MS_i representa su estado mental y DM_i su mecanismo de decisión.

4. Propuestas y Críticas para Alcanzar un Acuerdo

El diálogo entre dos agentes esta determinado por una secuencia finita de mensajes enviados de manera alternada por cada uno de los agentes participantes de la negociación. Los mensajes contienen propuestas y críticas, el mensaje final del diálogo es uno que indica que hay acuerdo entre los agentes (*accept*) o bien uno que indica que no hay acuerdo (*withdraw*).

Definition 4. Un *diálogo* entre dos agentes negociadores Ag_i y Ag_j es una secuencia finita de mensajes $[m_1, \dots, m_{n-1}, m_n]$ tal que: (1) m_1 es una propuesta p_1 , (2) para $1 < i < n$, m_i es un par (c_i, p_i) donde c_i es una crítica a p_{i-1} y p_i es una propuesta. (3) $m_n \in \{\text{accept}, \text{withdraw}\}$, (4) no hay mensajes repetidos, i.e. $m_s \neq m_t$, with $t, s < n$; (5) dos mensajes consecutivos no pertenecen al mismo agente.

Una propuesta es una sentencia que deja al descubierto la intención que tiene un agente de intercambiar un conjunto de recursos que posee (Oferta) por otro conjunto de recursos que necesita (Demanda). Adicionalmente la propuesta incluye una justificación de porque esta interesado en realizar ese intercambio. Una propuesta puede verse como la siguiente sentencia:

Necesito B_d , porque B_{ds} , luego alcanzo G_d .

A cambio te doy B_o , porque B_{os} , luego alcanzáas G_o .

donde B_d representa el conjunto de recursos que el agente demanda, B_{ds} representa el conjunto de creencias que utiliza el agente para justificar que con los recursos demandados alcanza la meta G_d . De manera análoga, B_o representa el conjunto de recursos que el agente ofrece a cambio, B_{os} representa el conjunto de creencias que el agente utiliza para justificar que con los recursos ofrecidos se alcanza la meta G_o . Estos conceptos son formalizados en la Definición 5.

Definition 5. Sean B_d, B_{ds}, B_o, B_{os} subconjuntos de $B_{\mathcal{L}}$; y G_d, G_o elementos de \mathcal{G}^{at} . Una **Propuesta** es una tupla $\langle d, o \rangle$, donde el primer elemento es una demanda $d = \langle B_d, B_{ds}, G_d \rangle$, el segundo una oferta $o = \langle B_o, B_{os}, G_o \rangle$ y se cumple lo siguiente:⁴

1. $B_d \cup B_{ds} \sim G_d$
2. $B_{ds} \not\sim G_d$
3. $B_o \cup B_{os} \sim G_o$
4. $B_{os} \not\sim G_o$

Continuando con el ejemplo 1, suponga que Ag_1 comienza la negociación con el siguiente mensaje:

Necesito un clavo porque con el martillo que tengo, podría amurar un cuadro a la pared y de esta manera quedaría decorada la pared. Quiero decorar la pared. A cambio te doy un pincel para que lo uses con la pintura que tenés para pintar la pared.

Formalmente este mensaje se representa como $p_1 = \langle d_1, o_1 \rangle$, donde:

$$\begin{aligned} d_1 &= \langle \{nail(n)\}, \{hammer(h); picture(p); \\ &\quad hang(p) \prec picture(p), hammer(h), nail(n); decorate_wall \leftarrow hang(p)\}, \\ &\quad decorate_wall \rangle \\ o_1 &= \langle \{brush(b)\}, \{paint(c); paintwork(c) \prec brush(b), paint(c)\}, paintwork(c) \rangle \end{aligned}$$

⁴ Se escribe $P \sim a$ cuando la respuesta de la consulta a en el programa DeLP P es YES y $P \not\sim a$ cuando la respuesta es NO o UNDECIDED.

Luego de que un agente recibe una propuesta, él puede contestar con un mensaje: de aceptación (*accept*), en cuyo caso se realiza el intercambio de recursos de acuerdo a la última propuesta; de salida de la negociación (*withdraw*) en este caso no se efectúa ningún intercambio; o bien, puede rechazar la propuesta sin salir de la negociación haciendo una crítica a la última propuesta y agregar una nueva propuesta.

Definition 6. *Sea una propuesta $p = \langle d, o \rangle$, donde: $d = \langle B_d, B_{ds}, G_d \rangle$ y $o = \langle B_o, B_{os}, G_o \rangle$, se define una **crítica** c como $\langle (C_1, C_2), C_3 \rangle$ donde $C_1 \subset D_{\mathcal{L}}$, $C_1 \subset B_{\mathcal{L}}$, $C_3 \in \{\emptyset, \text{yes}, \text{no}\}$ y alguna de las siguientes condiciones se cumple:*

1. $(B_d - C_1) \cup B_{ds} \not\models G_d$
2. $B_d \cup B_{ds} \cup C_2 \not\models G_d$
3. $C_3 = \text{no}$

Se observa que C_1 y C_2 son críticas a la demanda (d_1), básicamente la primera crítica afirma la falta de los recursos demandados, la segunda crítica adiciona información de manera que la meta no pueda ser justificada. También se puede observar que C_3 es una crítica a la oferta (o_1), básicamente es un rechazo a la oferta, sin especificar la causa. Continuando con el ejemplo, Ag_2 podría responder a la propuesta p_1 usando alguna de las siguientes críticas:

$C_1 = \{nail(n)\}$ (No tengo un clavo.)

$C_2 = \{tack(n); nail(c) \prec tack(c); small(c) \prec tack(c);$
 $\sim hang(p) \prec picture(p), hammer(h), nail(n), small(n)\}$

(Tengo una tachuela, que es un clavo chico. Si el clavo es chico, usualmente no se puede amurar un cuadro.)

$C_3 = \text{no}$ (No creo que tu oferta sea útil para mí.)

5. Interpretación, Evaluación y Generación de Propuestas

El proceso de interpretación comienza luego de que un agente recibe una propuesta, éste está basado en las siguientes intuiciones: Como los agentes son veraces, benevolentes y conocen sus propios recursos, cuando el agente Ag_j recibe una propuesta $p = \langle \langle B_d, B_{ds}, G_d \rangle, \langle B_o, B_{os}, G_o \rangle \rangle$ de Ag_i , el primero puede inferir lo siguiente: (1) que Ag_i no tiene B_d (lo que demanda) y si tiene B_o (lo que ofrece), (2) que Ag_i cree en B_{ds} y B_{os} , (3) que Ag_i tiene como objetivo G_d . A partir de estas inferencias, el estado mental se actualiza utilizando operadores de revisión de creencias, de manera similar [5].

A continuación el agente realiza un proceso de evaluación de la propuesta. Dado que un agente es consciente de los recursos, creencias y objetivos que posee, puede determinar de manera individual si: (1) posee los recursos demandados, (2) no existe ningún conjunto de creencias que refuten la demanda, (3) que la oferta de la propuesta permita alcanzar la meta. En caso de que todas estas condiciones se cumplan, el agente acepta la propuesta, por el contrario si alguna condición no se cumple entonces puede generar la crítica adecuada.

De manera similar a [5], el proceso de generación de propuestas Gen se basa en un operador \oplus que calcula todas las pruebas tentativas de un programa DeLP. A continuación se define el operador \oplus y la función Gen de la siguiente manera:

Definition 7. Sea P un programa DeLP, y h un literal, se define el conjunto $P \oplus h$ de la siguiente manera: $X \in P \oplus h$ sii X es la unión de hechos y reglas que participan en algún árbol dialéctico que garantiza h en el programa P .

Podemos ver que cada elemento $X \in P \oplus h$, (1) es un programa DeLP, (2) garantiza h , (3) si se elimina un hecho o regla de los argumentos que soportan la conclusión, entonces X deja de garantizar h .

Definition 8. Sean $B', B'' \subset \mathcal{B}$ y $G' \subset \mathcal{G}$, se define Gen de la siguiente manera:
 $\text{Gen}(B', B'', G') =_{def} \{ \langle B, B_s, G \rangle : B, B_s \subset \mathcal{B}, G \subset \mathcal{G}, G = G'$
 $(B_s \cup B) \in (B' \cup B'' \cup B) \oplus G', \}$

Proposition 1. Sea un agente con estado mental $MS_i = \langle B_i, G_i, B_i^j, G_i^j, H_i \rangle$ se cumple lo siguiente: Si $d \in \text{Gen}(B_i, B_i^j, G_i)$, $o \in \text{Gen}(B_i^j, B_i, G_i^j)$ y la oferta (o) y demanda (d) no comparten recursos entonces: $\langle o, d \rangle$ es una propuesta

6. Conclusiones

En este trabajo se ha presentado un modelo de negociación automática basada en argumentación donde los agentes utilizan conocimiento rebatible y técnicas de revisión de creencias para la interpretación y la generación de las propuestas. Se ha extendido el modelo de negociación basada en argumentación presentado en [5] en distintos aspectos. En primer lugar, se incluyó la representación de las características de los objetos y su utilización en los argumentos que soportan o critican a las distintas propuestas. También, se extendió la formalización de una propuesta para que incluya la argumentación de lo que se ofrece. Además, los mensajes que intercambian los agentes son más complejos, pudiendo incluir una crítica a la última propuesta recibida. Para dar una mejor representación al conocimiento que tiene cada agente, sobre los planes que le permitan alcanzar o no, los distintos objetivos (los cuales dependen de las propiedades de los recursos que están involucrados), se utilizó una lógica rebatible para su representación.

Actualmente se trabaja en la extensión y adaptación de la implementación de los agentes desarrollados en Prolog en [5] para poder implementar y experimentar con agentes dentro de este modelo más amplio de negociación.

Apéndice: Diálogo entre Agentes

A continuación se presenta un diálogo posible entre los dos agentes del ejemplo motivador:

Ag_1 *Me das un clavo? porque quiero decorar la pared. Con el martillo que tengo, podría amurar un cuadro a la pared y de esta manera quedaría decorada la pared. A cambio te doy un pincel para que lo uses con la pintura que tenés para pintar la pared.*

$d = \{ \{nail(n)\}, \{hammer(h); picture(p); decorate_wall \leftarrow hang(p);$
 $hang(p) \prec picture(p), hammer(h), nail(n)\}, decorate_wall \}$

$o = \{ \{brush(b)\}, \{paint(c); paintwork(c) \prec brush(b), paint(c)\}, paintwork(c) \}$

Ag_2 *Tengo una tachuela, que es un clavo chico, y si el clavo es chico, usualmente el cuadro no se puede amurar a la pared.*

$C_2 = \{tack(n); nail(c) \prec tack(c); small(c) \prec tack(c);$
 $\sim hang(p) \prec picture(p), hammer(h), nail(n), small(n)\}$
Me das un martillo? porque quiero colgar un espejo. Con la tachuela que tengo, podría amurar el espejo. A cambio te doy pintura para que lo uses con el pincel que tenés para pintar la pared, creo que si la pared esta pintada entonces está decorada, por lo tanto decorás la pared.

$d = (\{hammer(h)\}, \{tack(n); mirror(m); nail(n) \prec tack(n)$
 $hang(m) \prec mirror(m), hammer(h), nail(n); \}, hang(m))$
 $o = (\{paint(c)\}, \{brush(b); paintwork(c) \prec brush(b), paint(c);$
 $decorate_wall \leftarrow paintwork(c)\}, decorate_wall)$
Ag₁ La pintura no es de color rojo, por lo tanto no la decora.

$C_2 = \{\sim red(p); \sim red_paintwork(c) \prec brush(b), paint(p), \sim red(p)$
 $\sim decorate_wall \leftarrow \sim red_paintwork(c), paintwork(c)\}$
Me das un clavo chico? porque quiero decorar la pared. Con el martillo que tengo, podría amurar un cuadro a la pared porque este es pequeño. y de esta manera quedaría decorada la pared. A cambio te doy un tornillo para que lo uses con el destornillador y cuelgues el cuadro.

$d = (\{nail(n), small(n)\}, \{hammer(h); picture(p);$
 $hang(p) \prec picture(p), small(p), hammer(h), nail(n), small(n);$
 $decorate_wall \leftarrow hang(p)\}, decorate_wall)$
 $o = (\{screw(s)\}, \{hang(m) \prec mirror(m), screw(s), screwdriver(sc);$
 $screwdriver(sc)\}, hang(m))$
Ag₂ Acepto

Referencias

1. L. Amgoud and S. Vesic. A formal analysis of the outcomes of argumentation-based negotiations. In Liz Sonenberg, Peter Stone, Kagan Tumer, and Pinar Yolum, editors, *AAMAS*, pages 1237–1238. IFAAMAS, 2011.
2. Alejandro J. García and Guillermo R. Simari. Defeasible logic programming: an argumentative approach. *Theory Pract. Log. Program.*, 4(2):95–138, January 2004.
3. N. R. Jennings, P. Faratin, A. R. Lomuscio, S. Parsons, C. Sierra, and M. Wooldridge. Automated negotiation: Prospects, methods and challenges. *International Journal of Group Decision and Negotiation*, 10(2):199–215, 2001.
4. S. Parsons, C. Sierra, and N. R. Jennings. Agents that reason and negotiate by arguing. *Journal of Logic and Computation*, 8(3):261–292, 1998.
5. Pablo Pilotti, Ana Casali, and Carlos Chesñevar. A belief revision approach for argumentation-based negotiation with cooperative agents. In *9th International Workshop on Argumentation in Multi-Agent Systems (ArgMAS 2012)*, Valencia, Spain, 2012.
6. I. Rahwan, P. Pasquier, L. Sonenberg, and F. Dignum. On the benefits of exploiting underlying goals in argument-based negotiation. In *Twenty-Second Conference on Artificial Intelligence (AAAI)*, pages 116–121, Vancouver, 2007.
7. I. Rahwan, S. D. Ramchurn, N. R. Jennings, P. Mccburney, S. Parsons, and L. Sonenberg. Argumentation-based negotiation. *Knowl. Eng. Rev.*, 18:343–375, December 2003.