

# Negociación entre agentes inteligentes

Ariel Monteserin  
amontese@exa.unicen.edu.ar

Agentes Inteligentes – 2007



## Agentes inteligentes

- Características principales:
  - Autonomía
  - Capacidad de aprendizaje
  - Comportamiento reactivo
  - Comportamiento proactivo
  - Habilidad social
    - Negociación

Negociación entre agentes inteligentes

2

## Negociación: definición

- La negociación es una forma de **interacción** en la cual un **grupo de agentes**, con **intereses conflictivos** y un **deseo de cooperar**, intentan alcanzar un **acuerdo mutuamente aceptable** en la **división de recursos escasos**. [Rahwan 2004]



Negociación entre agentes inteligentes

3

## Estudios sobre negociación

- Economía
- Filosofía
- Matemáticas
- Psicología

Negociación entre agentes inteligentes

10

## Clasificación de modelos de negociación

- Según técnica de negociación utilizada.
- Según la cantidad de agentes negociando.
- Según la cantidad de temas/items negociados.
- Según la privacidad de la información.
- Según la relación entre los agentes.

Negociación entre agentes inteligentes

11

## Según técnica de negociación

- Según la técnica de negociación utilizada:
  - Basados en Teoría de juego
  - Basados en Argumentación

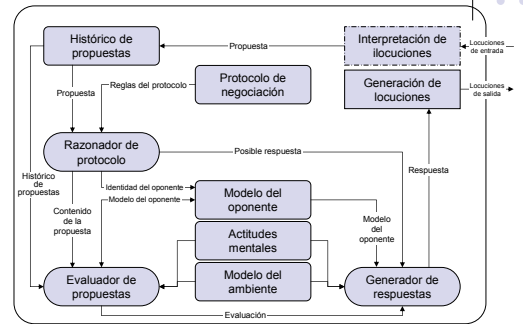
Negociación entre agentes inteligentes

12

## Teoría de juegos

- Se utilizan las técnicas de teoría de juegos para estructurar y organizar la negociación.
- Determinación de estrategias óptimas. Dependiendo de:
  - Objetivos del agente.
  - Precios mínimos y máximos.
  - Limite temporal (Deadline).
  - Información del oponente.
- Búsqueda del equilibrio.
- Intercambio de propuestas y contrapropuestas.

## Arquitectura de un agente negociador



## Basados en teoría de juegos

- Equilibrio de Nash
  - Si hay un conjunto de estrategias tal que ningún jugador se beneficia cambiando su estrategia mientras los otros no cambian la suya, entonces ese conjunto de estrategias y las ganancias correspondientes constituyen un equilibrio de Nash.
- Pareto óptimo
  - Sea P un problema de optimización multi-objetivo, se dice que una solución S1 es pareto-óptima cuando no existe otra solución S2 tal que mejore en un objetivo sin empeorar en otro.

## Frameworks de negociación

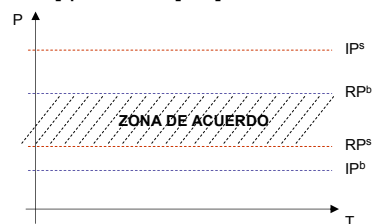
- An agenda-based framework for multi-issue negotiation [Fatima 2004]
  - Basado en teoría de juegos
  - Multidimensional
  - Bajo restricciones de tiempo
  - Información incompleta
  - Bilateral
  - Agentes racionales

## Componentes del modelo de negociación

- Protocolo de negociación
- Estrategias de negociación
- Los estados de la información del agente
- El equilibrio de negociación

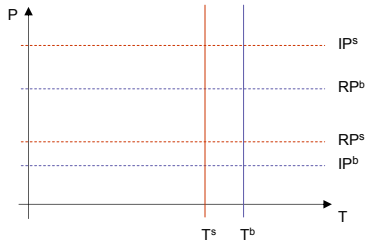
## El protocolo de negociación

- Agentes b (comprador) y s (vendedor)
- $[IP^a, RP^a]$  para  $a \in [b, s]$



## Protocolo de negociación

- Deadlines  $t^a \in T$



## Protocolo de negociación

- Ofertas:

- $p_{a \rightarrow a}^t$
- Inicio aleatorio
- Función de utilidad  $U^a$  para evaluar ofertas.
- Acción del agente:
  - $A^s(t, p_{b \rightarrow s}^t) = \begin{cases} \text{Quit} & \text{if } t > T^s \\ \text{Accept} & \text{if } U^s(p_{b \rightarrow s}^t) \geq U^s(p_{s \rightarrow b}^t) \\ \text{Offer } p_{s \rightarrow b}^t & \text{en } t' \text{ sino, para } t' = t + 1 \end{cases}$

## Protocolo de negociación

- Función de utilidad

- Función de utilidad de von Neumann – Morgenstern

- $U^a(p, t) = U_p^a(p) \cdot U_t^a(t)$

- La utilidad ante el conflicto es la más baja.

## Protocolo de negociación

- Función de utilidad en base al precio:

- $U^a(p) = \begin{cases} RP^b - p & \text{para el comprador } b \\ P - RP^s & \text{para el vendedor } s \end{cases}$

## Protocolo de negociación

- Función de utilidad en base al tiempo

- $U^a(t) = (\delta^a)^t$

- $\delta^a$  es el factor de descuento de  $a$ . Así:

- Cuando  $\delta^a > 1 \rightarrow a$  es paciente.
- Cuando  $\delta^a < 1 \rightarrow a$  es impaciente.

## Generación de contraofertas

- Se asume dependencia del tiempo.

- $p_{a \rightarrow a}^t = \begin{cases} IP^a + \phi^a(t) \cdot (RP^a - IP^a) & \text{para } a = b \\ RP^a + (1 - \phi^a(t)) \cdot (IP^a - RP^a) & \text{para } a = s \end{cases}$

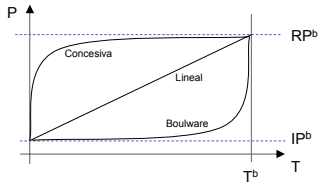
- $\phi^a(t) = k^a + (1 - k^a) \cdot (t / T^a)^{1/\psi}$

- $k^a \in [0, 1]$

- Buscamos que  $p_{a \rightarrow a}^0$  sea igual a  $IP^a$ ,  $\rightarrow k^a = 0$

## Generación de contraofertas

- Tres tácticas dependiendo del valor de  $\psi$ 
  - Boulware:  $\psi < 1$
  - Lineal:  $\psi = 1$
  - Concesiva:  $\psi > 1$



## Generación de contraofertas

### Estrategias de generación

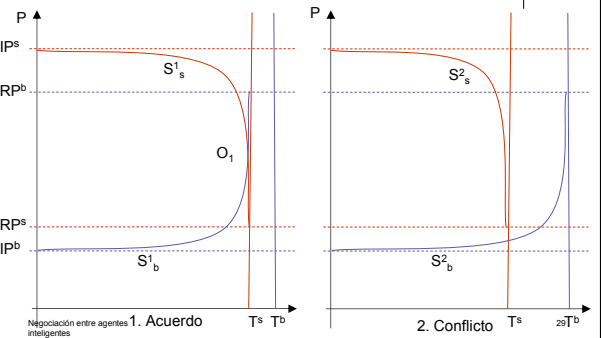
- $S^a = (IP^a, FP^a, t^a, \psi^a)$ 
  - $IP^a$ : precio inicial.
  - $FP^a$ : precio mas allá del cual no se concederá.
  - $t^a$ : tiempo de  $FP^a$ .
  - $\psi^a$ : parametro de la función  $\phi^a(t)$ .

## Generación de contraofertas

### Resultado de la negociación

- $O \in [(p, t), \hat{C}]$ 
  - $(p, t)$  indica el precio y el tiempo del acuerdo.
    - $p \in [RP^s, RP^b]$
    - $t \in [0, \min(T^b, T^s)]$
  - $\hat{C}$  representa el conflicto.

## Generación de contraofertas: ejemplos



## Estados de información

- Estrategia óptima  $\rightarrow$  utilidad máxima
- Depende de la información que el agente tiene sobre los parámetros de negociación.
- Estado de información de  $a$ 
  - $I^a = (RP^a, T^a, U^a, S^a, L^a_p, L^a_t)$ 
    - $(RP^a, T^a, U^a, S^a)$  parámetros propios
    - $(L^a_p, L^a_t)$  creencias sobre el oponente
      - Distribuciones de probabilidad sobre el RP del oponente y su deadline.

## Estados de información

- $L^a_t = ((T^a_1, \alpha^a_1), (T^a_2, \alpha^a_2), \dots, (T^a_n, \alpha^a_n))$ 
  - $T^a_i$  posible deadline de  $\hat{a}$
  - $\alpha^a_i$  probabilidad asociada a  $T^a_i$
- $L^a_p = ((RP^a_0, \beta^a_0), (RP^a_1, \beta^a_1), \dots, (RP^a_m, \beta^a_m))$ 
  - $RP^a_i$  posible precio de reserva
  - $\beta^a_i$  probabilidad asociada a  $RP^a_i$

## Escenarios de negociación

- Seis escenarios en base a los deadlines y al factor de descuento  $\delta^a$

Escenarios	Rel. con deadline	Factor de desc.
N1	$T_n^a < T^a$	$\delta^a > 1$
N2	$T_k^a < T^a \leq T_{k+1}^a$ para $k + 1 < n$	$\delta^a > 1$
N3	$T^a < T_1^a$	$\delta^a > 1$
N4	$T_n^a < T^a$	$\delta^a < 1$
N5	$T_k^a < T^a \leq T_{k+1}^a$ para $k + 1 < n$	$\delta^a < 1$
N6	$T^a < T_1^a$	$\delta^a < 1$

## Escenarios de negociación

- Posibles escenarios en la interacción:

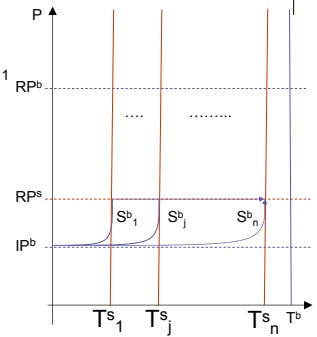
Agent a	Agent $\hat{a}$
N1	$N_2, N_3, N_5, N_6$
N2	$N_1, N_2, N_3, N_4, N_5, N_6$
N3	$N_1, N_2, N_4, N_5$
N4	$N_2, N_3, N_5, N_6$
N5	$N_1, N_2, N_3, N_4, N_5, N_6$
N6	$N_1, N_2, N_4, N_5$

## Estrategias óptimas

- Debe asegurar un acuerdo antes del  $T^a$  min.
- Para escenario  $N_1$ 
  - Si deadline  $s = T^s_i \rightarrow S^s_i$  con  $RP^s$  en  $T^s_i$
  - $\alpha^s_i$  es la prob. de  $T^s_i \rightarrow \alpha^s_i$  es la prob. de  $S^s_i$
  - $T^s_i < T^b \rightarrow$  maximizar  $U$  esperando  $RP^s$  y max  $T$
  - Entonces:
    - $\forall t < T^s_j \rightarrow S^b_j = (IP^b, RP^s, T^s_j, B) \rightarrow \min T = T^s_j$
    - $\forall T^s_j < t < T^s_n \rightarrow$  se ofrece  $RP^s \rightarrow \max T = T^s_n$
    - Si  $T^s < T^s_j \rightarrow \hat{C}$

## Estrategias óptimas

- Posibles estrategias para  $N_1$



## Estrategias óptimas

- $S^b_j$  que  $\text{Max}(EU^b_o) \rightarrow S^b_o$

$$EU^b_o = \sum_{x=1}^{j-1} \alpha^s_x U^b(\hat{C}) + \alpha^s_j U^b(RP^s, T^s_j) + \sum_{y=j+1}^n \alpha^s_y U^b(RP^s, t)$$

donde  $T^s_j \leq t \leq T^s_n$

## Estrategias óptimas

Escenarios	t durante la neg.	$S^b_o$
N1	$t \leq T^s_j$	$(IP^b, RP^s, T^s_j, B)$
	$t > T^s_j$	$(RP^s, RP^s, T^s_n, L)$
N2	$t \leq T^s_j$	$(IP^b, RP^s, T^s_j, B)$
	$T^s_j \leq t \leq T^s_k$	$(RP^s, RP^s, T^s_k, L)$
N3	$t > T^s_k$	$(RP^s, RP^b, T^b, B)$
	$t \leq T^b$	$(IP^b, RP^b, T^b, B)$
N4	$t \leq T^i$	$(IP^b, RP^s, T^i, C)$
	$t > T^i$	$(RP^s, RP^s, T^s_n, L)$
N5	$t \leq T^i$	$(IP^b, RP^s, T^i, C)$
	$T^i \leq t \leq T^s_k$	$(RP^s, RP^s, T^s_k, L)$
	$t > T^s_k$	$(RP^s, RP^b, T^b, B)$
N6	$t \leq T^i$	$(IP^b, RP^b, T^i, C)$
	$t > T^i$	$(RP^b, RP^b, T^b, L)$

## Basados en teoría de juegos

- Ventajas:
  - Computacionalmente eficiente.
  - Adecuados para negociaciones bilaterales (vendedor – comprador, subastas).

## Basados en teoría de juegos

- Desventajas
  - Se asume que es posible distinguir las preferencias de los agentes con respecto a los resultados.
  - Dificultad para determinar la función de utilidad cuando los temas no son cuantificables.
  - Basados en la noción de racionalidad perfecta (Recursos ilimitados y espacio de resultados conocidos).

## Problemas en los anteriores modelos

- Solo intercambian ofertas y contraofertas.
- Se asume que el agente posee un mecanismo de evaluación de propuestas.
- Los agentes no pueden influir en el modelo de preferencias ni en las actitudes mentales de sus oponentes.

## Basados en argumentación

- Intercambiar información adicional.
- Argumentos:
  - Justificar una postura de negociación.
  - Influenciar la postura de negociación.
- Mejora el proceso de negociación.
- Relaciones de confianza y autoridad.

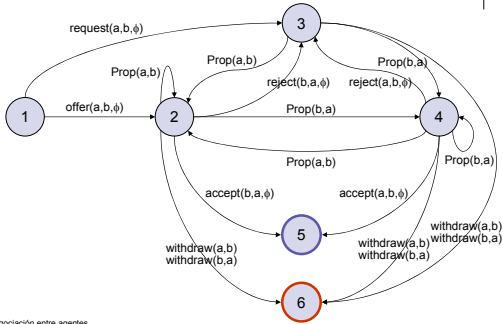
## Basados en argumentación

- Protocolos de negociación
  - Set formal de convenciones que gobiernan la interacción entre los participantes.
  - Restringe el uso de los lenguajes de comunicación y dominio.
    - Protocolo de interacción
    - Otras reglas

## Protocolos de negociación

- Protocolo de interacción
  - Especifica para cada etapa del proceso de negociación que está permitido decir.
    - Máquina de estados finitos
    - Juegos de diálogos

## Protocolo de interacción Ejemplo: Máquina de estados finitos



## Sistemas de argumentación

- $\Sigma$ : base de conocimiento (inconsistente)
  - L: Lenguaje proposicional.
    - $\equiv$  equivalencia lógica y  $\rightarrow$  inferencia clásica
- Un argumento es un par  $(H, h)$  donde
  - $h \in L$
  - $H \subset \Sigma$ 
    - i)  $H$  es consistente
    - ii)  $H \rightarrow h$
    - iii)  $H$  es mínimo.

## Sistemas de argumentación

- $A(\Sigma)$  set de todos los argumentos que pueden ser construidos en  $\Sigma$ .
- Dados dos argumentos  $(H_1, h_1)$  y  $(H_2, h_2)$  de  $A(\Sigma)$ .
  - $(H_1, h_1)$  undercuts  $(H_2, h_2)$  sii  $\exists h \in H_2$  tal que  $h \equiv \neg h_1$

## Sistemas de argumentación

- Base de conocimiento estratificada de acuerdo a preferencia entre hechos
  - $\Sigma = \Sigma_1 \dots \Sigma_n$ 
    - level(H) es el número de la capa más alta que tiene un elemento en H
- Dados dos argumentos  $(H_1, h_1)$  y  $(H_2, h_2)$  de  $A(\Sigma)$ .
  - $(H_1, h_1)$  es preferido a  $(H_2, h_2)$  sii  $level(H_1) \leq level(H_2)$

## Sistemas de argumentación

- Sistema de argumentación AS
  - $\langle A(\Sigma), \text{Undercut}, \text{Pref} \rangle$ 
    - $A(\Sigma)$  set de argumentos generados de  $\Sigma$
    - Undercut  $\subseteq A(\Sigma) \times A(\Sigma)$  relación de ataque entre argumentos.
    - Pref es un orden en  $A(\Sigma) \times A(\Sigma)$

## Sistemas de argumentación

- Ejemplo
  - Dado  $\Sigma = \Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3$  con  $\Sigma_1 = \{\neg a\}$ ,  $\Sigma_2 = \{a, a \rightarrow b\}$ , y  $\Sigma_3 = \{\neg b\}$ . Y  $(\{\neg a\}, \neg a)$  y  $(\{a, a \rightarrow b\}, b) \in A(\Sigma)$ 
    - $(\{\neg a\}, \neg a)$  undercut  $(\{a, a \rightarrow b\}, b)$
    - Level $(\{\neg a\})$  es 1 y Level $(\{a, a \rightarrow b\})$  es 2
      - $(\{\neg a\}, \neg a) \gg^{\text{Pref}} (\{a, a \rightarrow b\}, b)$

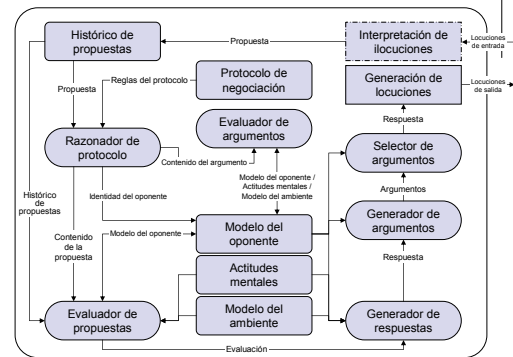
## Sistemas de argumentación

- B strongly undercuts A
  - sii B undercuts A y no A »<sup>Pref</sup> B
- Si B undercuts A entonces
  - A se defiende de B sii A »<sup>Pref</sup> B
- Un set de argumentos S defiende a A si existe algún argumento en S que ataca fuertemente a cada argumento B, donde B ataca a A y A no puede defenderse a si mismo de B.

## Sistemas de argumentación

- Dialogo argumentativo
  - Secuencia no vacía de movimientos,  $mov_i = (Player_i, Arg_i) i \geq 0$ 
    - $Player_i = P$  si i es par.  $Player_i = C$  si i es impar.
    - P construye el primer argumento y lo defiende.
    - C construye contra-argumentos que atacan la postura de P.
  - Un jugador gana el dialogo si construye el último argumento de este.

## Arquitectura de un agente argumentador



## Basados en argumentación

- Argumentos persuasivos → Persuasión
- Tipo de argumentos:
  - Amenazas
  - Recompensas
  - Apelaciones

## Basados en argumentación

- Amenazas:
  - $threaten(a, \hat{a}, [not]\alpha_1, [not]\alpha_2, t_i)$ 
    - a: agente emisor del argumento
    - $\hat{a}$ : agente receptor del argumento
    - $[not]\alpha_1$ : acción propuesta (causa)
    - $[not]\alpha_2$ : acción perjudicial (consecuencia)
    - $t_i$ : tiempo del argumento

## Basados en argumentación

- Recompensas:
  - $reward(a, \hat{a}, [not]\alpha_1, [not]\alpha_2, t_i)$ 
    - a: agente emisor del argumento
    - $\hat{a}$ : agente receptor del argumento
    - $[not]\alpha_1$ : acción propuesta (causa)
    - $[not]\alpha_2$ : acción beneficiosa (consecuencia)
    - $t_i$ : tiempo del argumento



## Basados en argumentación

- Apelaciones:

- $appeal(a, \hat{a}, [not]\beta_1, [not]\beta_2, t_i)$ 
  - $a$ : agente emisor del argumento
  - $\hat{a}$ : agente receptor del argumento
  - $[not]\beta_1$ : creencia o acción.
  - $[not]\beta_2$ : justificación.
  - $t_i$ : tiempo del argumento

## Basados en argumentación

- Ejemplo de amenazas:

- $threaten(a, b, not\ accept(b, a, time = 24h, t_2),$   
 $appeal(a, boss\_b, not\ b = apto,$   
 $not\ accept(b, a, time = 24h, t_2), t_3), t_1)$

## Basados en argumentación

- Ejemplo de recompensas:

- $reward(a, b, accept(b, a, time = 24hs, t_2),$   
 $pay(overtime, b, t_3), t_1)$

## Basados en argumentación

- Tipos de apelaciones:

- De promesas anteriores
- Contraejemplo
- De practica predominante
- De interés propio

## Basados en argumentación

- De promesas anteriores:

- Se recuerda una recompensa anterior.
- $appeal(b, a, pay(overtime, b, t_5),$   
 $reward(a, b, accept(b, a, time = 24hs, t_2),$   
 $pay(overtime, b, t_3), t_1) \&\&$   
 $accept(b, a, time = 24hs, t_2), t_4)$

## Basados en argumentación

- Contraejemplos:

- $appeal(a, b, accept(b, a, time = 24hs, t_2),$   
 $accept(b, c, time = 24hs, t_0), t_3)$

## Basados en argumentación

- De práctica predominante:
  - $\text{appeal}(a, b, \text{accept}(b, a, \text{time} = 24\text{hs}, t_2), \text{accept}(d, a, \text{time} = 24\text{hs}, t_0), t_3)$

## Basados en argumentación

- De interés propio:
  - $\text{appeal}(a, b, \text{accept}(b, a, \text{time} = 24\text{hs}, t_2), \text{propose}((c,d,e), b, \text{new}(\text{contract}), t_3), t_1)$

## Basados en argumentación

- Los agentes argumentadores son capaces de:
  - Generar argumentos de salida.
  - Seleccionar el mejor argumento.
  - Evaluar los argumentos recibidos y actualizar su estado mental.

## Generación de argumentos.

- Relación entre generación de propuestas y argumentos.
- Reglas explícitas.
- Factores de influencia:
  - Autoridad
  - Utilidad esperada
  - Honestidad
  - Credibilidad
- Depende del conocimiento del oponente.
- Inconsistencia y falta de completitud de la información.

## Generación de argumentos

- Reglas explícitas
  - IF
    - $i$  envió un pedido al agente  $j$  para ejecutar  $\alpha$  &
    - $j$  rechazó el pedido &
    - $j$  tiene objetivo  $g_1$  y  $g_2$  &
    - $j$  prefiere  $g_2$  a  $g_1$  &
    - haciendo  $\alpha \rightarrow \neg g_1$  &
    - haciendo  $\beta \rightarrow \neg g_2$  &
  - THEN
    - $\text{threaten}(i, j, \text{not accept}(j, i, \alpha, 2), \beta, 1)$

## Generación de argumentos

- Reglas explícitas
  - IF
    - $i$  envió un pedido al agente  $j$  para ejecutar  $\alpha$  &
    - $j$  rechazó el pedido &
    - $j$  tiene objetivo  $g_1$  y  $g_2$  &
    - $j$  prefiere  $g_2$  a  $g_1$  &
    - haciendo  $\alpha \rightarrow \neg g_1$  &
    - haciendo  $\beta \rightarrow g_2$  &
  - THEN
    - $\text{reward}(i, j, \text{accept}(j, i, \alpha, 2), \beta, 1)$

## Generación de argumentos

- Reglas explícitas

- IF
    - i envió un pedido al agente  $j$  para ejecutar  $\alpha$  &
    - $j$  rechazó el pedido &
    - $j$  prometió ejecutar  $\alpha$  en el pasado
- THEN

***appeal(i, j, accept(j, i,  $\alpha$ , 2), [past\_promise(j, i, do(j,  $\alpha$ ), 0)], 1)***

## Generación de argumentos

- Reglas explícitas

- IF
    - i envió un pedido al agente  $j$  para ejecutar  $\alpha$  &
    - $j$  rechazó el pedido justificando que  $\alpha \rightarrow \neg g_1$  &
    - $j$  tiene objetivo  $g_1$  &
    - $j$  ejecutó  $\beta$  &
    - haciendo  $\beta \rightarrow \neg g_1$
- THEN

***appeal(i, j, accept(j, i,  $\alpha$ , 2), [do(j,  $\beta$ ),  $\beta \rightarrow \neg g_1$ ], 1)***

## Generación de argumentos

- Reglas explícitas

- IF
    - i envió un pedido al agente  $j$  para ejecutar  $\alpha$  &
    - $j$  rechazó el pedido justificando que  $\alpha \rightarrow \neg g_1$  &
    - $j$  tiene objetivo  $g_1$  &
    - $h$  tiene objetivo  $g_1$  &
    - $h$  ejecutó  $\alpha$  &
    - haciendo  $\alpha \rightarrow \neg g_1$
- THEN

***appeal(i, j, accept(j, i,  $\alpha$ , 2), [do(h,  $\alpha$ ),  $\alpha \rightarrow \neg g_1$ ], 1)***

## Generación de argumentos

- $S$ : set de estados del mundo  $S = \{s_1 \dots s_n\}$
- $V^a(s)$  función de evaluación de  $a$
- $EV^a(s)$  valor esperado de  $a$  en  $s$
- $\delta(s, a) = s'$  - Transición de estados

- Si  $\iota = \text{threaten}(\alpha, \beta, p, th)$ 
  - $\text{pre}(\iota) = \begin{cases} B^\alpha(V^\beta(s) > EV^\beta(s, p)) \\ B^\alpha(V^\beta(s) > EV^\beta(s, th)) \\ B^\alpha(V^\beta(\delta(s, p)) > V^\beta(\delta(s, th))) \end{cases}$
  - $\text{post}(\iota) = B^\beta(B^\alpha(V^\beta(s)) > V^\beta(\delta(s, th)))$

## Selección de argumentos

- Selección del más adecuado.
- Se asocia un peso, que indica la fuerza del argumento.
- Confiablez del argumento.

## Selección de argumentos

- Ordenar los argumentos por su "fuerza":
  1. Apelación de practica predominante.
  2. Contraejemplo.
  3. Apelación de promesa.
  4. Apelación de propio interés.
  5. Promesa de recompensa.
  6. Amenaza.

## Selección de argumentos



- Factor de confianza y utilidad
  - Regla 1: if **Trust** is **low** && **Utility\_proposal** is **high** then send a **strong argument**
  - Regla 2: if **Trust** is **high** && **Utility\_proposal** is **low** then send a **weak argument**

## Selección de argumentos



- Minimal por cardinalidad:
  - Se puede elegir el argumento más corto en tamaño porque ofrece un blanco pequeño contra el cual su oponente puede contra-argumentar.
- Minimal por conjunto de inclusión:
  - si uno de los argumentos es un super-conjunto de otro, se elige el último.
- Minimal por impacto:
  - El agente asigna factores de impacto, en un rango de 0 a 1, a cada literal que forma un argumento y así distinguir entre literales importantes de los poco importantes. El factor de impacto de un argumento es obtenido multiplicando los factores de todos sus literales.

## Evaluación de argumentos



- Consideraciones objetivas:
  - un argumento puede ser visto como una prueba tentativa de una conclusión, y los agentes pueden utilizar alguna tipo de convención objetiva para definir como es establecida la calidad de la prueba.
- Consideraciones subjetivas:
  - el agente puede considerar sus propias preferencias para evaluar un argumento.

## Evaluación de argumentos



- *collision\_flag*
  - indica si el resultado de una acción solicitada es conflictiva con los objetivos del agente;
- *convincing\_factor*
  - determina cuán convincente es el argumento;
- *acceptance\_value*
  - indica la preferencia de los resultados de una acción solicitada en oposición a todo los demás deseos del agente

## Evaluación de argumentos



- *convincing\_factor*
  - *Apelación de promesas pasadas*
    - El agente chequea los eventos pasados.
      - Asigna 1 si encuentra la promesa y 0 si no.
  - *Apelación de interés propio*
    - El agente chequea si la propuesta es beneficiosa
      - Asigna 1 si lo es, y 0 si no.
  - *Amenaza*
    - El agente compara las utilidades entre la acción propuesta y la amenaza.

## Evaluación de argumentos



- Sistemas argumentativos
  - un argumento *A* es aceptable si un agente *G* puede defenderlo de todos los posibles ataques que pueda sufrir.
    - Undercut: atacar las premisas
      - $H \rightarrow h$  undercut  $J \rightarrow j$  si  $j1 \in J$  y  $h \equiv \neg j1$
    - Rebut: atacar las conclusiones
      - $H \rightarrow h$  rebut  $J \rightarrow \neg h$

## Según la cantidad de agentes negociando

- Bilateral
- Multilateral
- Multi-bilateral

## Negociación bilateral

- Solo involucra a dos agentes.
- Comprador vs. vendedor (productos), cliente vs. servidor (servicios).
- Muy utilizada en comercio electrónico.
- Desventaja:
  - No aplicable a todos los dominios.

## Negociación multilateral

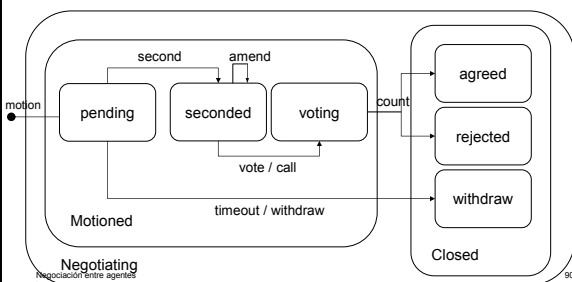
- Múltiples agentes participan de la negociación.
- El acuerdo es alcanzado entre todos los agentes.
- A mayor cantidad de agentes → menor probabilidad de obtener consenso.

## Negociación multilateral

- Ejemplo trivial:
  - Todos los agentes realizan propuestas y contrapropuestas hasta llegar a un acuerdo.
  - La complejidad aumenta con el número de agentes.

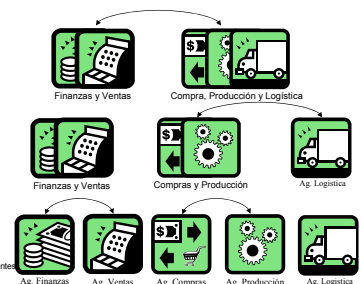
## Negociación multilateral

- Votación:



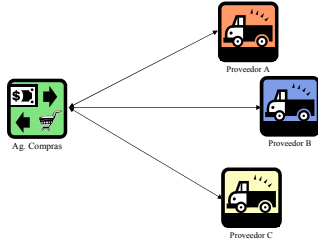
## Negociación multilateral

- Negociación de a pares



## Negociación Multi-bilateral

- Hay n agentes involucrados.
- El acuerdo solo se realiza entre 2 de ellos.



## Subastas

- Subasta inglesa
  - el subastador comienza con el precio más bajo aceptable y los oferentes pueden incrementar sus ofertas sucesivamente hasta que no haya más ofertas que mejoren la última
- Subasta holandesa
  - es el opuesto de la subasta inglesa; aquí el subastador comienza con el valor más elevado, y va disminuyéndolo progresivamente hasta que alguno de los oferentes reclama el ítem subastado.
- Licitación de primer precio
  - cada oferente realiza su oferta desconociendo las ofertas de los demás oferentes. La mayor oferta es la que adquiere el ítem subastado y paga el valor ofrecido.
- Licitación de segundo precio
  - es similar a la licitación de primer precio, el ítem subastado es concedido al oferente con la mejor oferta pero al precio de la segunda mejor oferta.

## Según la cantidad de temas/items negociados

- Tema único o unidimensional
- Múltiples temas o multidimensional

## Tema único o unidimensional

- No se adapta a los problemas
- Es necesario varias negociaciones

## Múltiples temas o multidimensional

- Se negocian varios temas concurrentemente.
- Hay relaciones entre los temas negociados.
- Permite resultados beneficiosos para todas las partes.

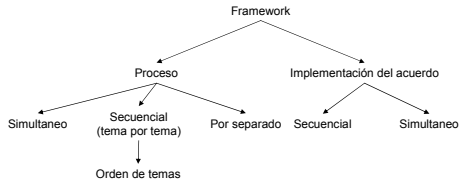
## Múltiples temas o multidimensional

- Complejidad:
  - Dificultad para representar preferencias.
  - Espacio de soluciones n-dimensional.
    - Decidir cuanto y en que tema conceder.
  - Situaciones ganar-ganar, por lo tanto las soluciones deben ser Pareto-óptimas.

## Múltiples temas o multidimensional



- Clasificación de frameworks de negociación multilateral



## Múltiples temas o multidimensional



- Proceso de negociación:
  - En simultáneo
    - en este proceso, todos los temas son negociados simultáneamente y en su conjunto.
  - Secuencial
    - los temas son negociados secuencialmente. Aquí es importante el orden en que cada tema es negociado.
  - Por separado
    - significa que los agentes negocian independiente y simultáneamente cada tema. Esto puede ser visto como si  $n$  instancias del mismo agente negociaran cada tema independientemente y al mismo tiempo.

## Múltiples temas o multidimensional



- Implementación del acuerdo:
  - Secuencial
    - cuando el acuerdo sobre cada tema es implementado luego de que es alcanzado.
  - En simultáneo
    - donde el acuerdo es implementado cuando todos los temas son establecidos.

## Múltiples temas o multidimensional



- Proceso secuencial (issue-by-issue)
  - Orden en el cual los temas son tratados: agenda
    - Agendas exógenas: los agentes deciden el orden de los temas antes de la negociación.
    - Agendas endógenas: los agentes pueden decidir cual será el próximo tema negociado durante el proceso de negociación.

## Según la privacidad de la información



- Con información completa
- Con información incompleta

## Con información completa



- Se asume que los agentes conocen toda la información.
- En la práctica no es así.

## Con información incompleta

- Los agentes conocen cierta información e infieren el resto.
- Información propia completa y confusa.
- Fuente de la información:
  - Información parcial cedida por otros agentes.
  - Información histórica – experiencia.

## Con información incompleta

- Modelo del oponente
  - Redes de Bayes
  - Proceso de decisión de Markov
  - Razonamiento basado en casos
  - Computación evolutiva

## Según la relación entre los agentes

- Relación cooperativa.
- Relación competitiva.

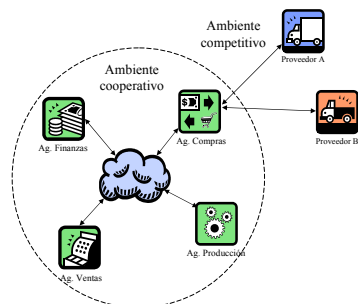
## Relación cooperativa

- Objetivos comunes y objetivos particulares.
- Solo los objetivos particulares son conflictivos.
- Existe una relación social que une a los agentes.

## Relación competitiva

- No hay objetivos comunes.
- Generalmente, el beneficio de uno implica el perjuicio del otro.

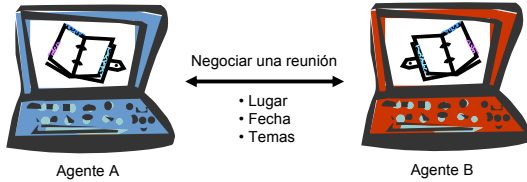
## Cooperativa y competitiva





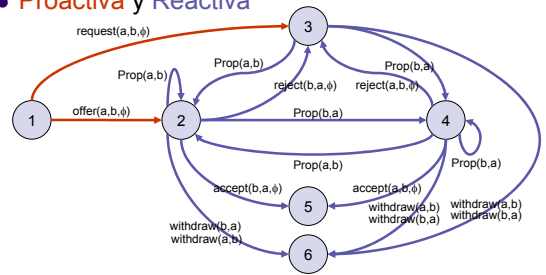
## Aplicaciones para negociación

- Agente agenda



## Carácter de la negociación

- Proactiva y Reactiva

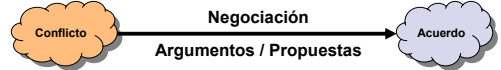


## Planificando la negociación

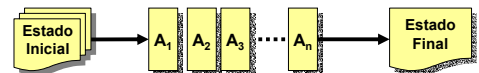
- En cualquier situación conflictiva la posibilidad de anticiparse al conflicto permite:
  - Minimizar efectos problemáticos
  - Evitar problemas
  - Incrementar beneficios

## Planificando la negociación

- Proceso de Negociación

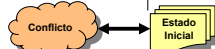


- Planning



## Planificando la negociación

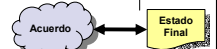
- Conflicto  $\leftrightarrow$  Estado inicial



- $i\_am(X)$  *is\_agent*(X): X is an agent.
- $believe(X, B)$ : X believes B. The agent X has B in its beliefs.
- $is\_goal(X, G)$ : X pursues the goal G. The agent X has G in its goals.
- $implies(A, B)$ : A implies B.
- $can\_do(X, A)$ : X can perform the action A. It means that the agent X has the resources to perform the action A, or X has the compromise of another agent to perform it.
- $do(X, A)$ : X will perform the action A.
- $past\_promise(X, Y, P)$ : X promised P to Y, but did not fulfill yet.
- $was\_goal(X, G)$ : X pursued the goal G in the past.
- $did(X, A)$ : X performed the action A in the past.
- $fulfilled(X, G, A)$ : In the past, X fulfilled the goal G performing the action A.

## Planificando la negociación

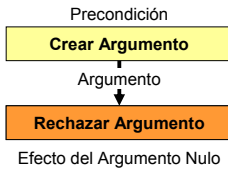
- Acuerdo  $\leftrightarrow$  Estado final



- Que un agente  $ag1$  ejecute la acción  $alpha$ 
  - $do(ag1, alpha)$
- Persuadir al agente  $ag2$  de creer que  $alpha$  implica  $beta$ 
  - $believe(ag2, alpha \rightarrow beta)$

## Planificando la negociación

- Argumentos  $\leftrightarrow$  Acciones
  - Incluyen
    - Acciones generadores de argumentos
    - Acciones para modelar posibles respuestas



## Planificando la negociación

- Apelación de promesas pasadas
  - **Action:** *createPastPromiseAppeal(X, Y, Action)*  
**Preconditions:** *i\_am(X), is\_agent(Y), past\_promise(X, X, do(Y, Action))*  
**Effects:** *appeal(X, Y, do(Y, Action), [past\_promise(Y, X, do(Y, Action))])*

## Planificando la negociación

- Apelación de practica predominante
  - **Action:** *createPrevailingPracticeAppeal(X, Y, Action, Goal)*  
**Preconditions:** *i\_am(X), is\_agent(Y), is\_agent(Z), is\_goal(Y, Goal), believe(Y, implies(Action, not Goal)), was\_goal(Z, Goal), did(Z, Action)*  
**Effects:** *appeal(X, Y, do(Y, Action), [was\_goal(Z, Goal), did(Z, Action)])*

## Planificando la negociación

- Aceptación de una apelación
  - **Action:** *acceptAppeal(X, Y, Alpha, Justif)*  
**Preconditions:** *appeal(X, Y, do(Y, Alpha), Justif)*  
**Effects:** *do(Y, Alpha), can\_do(X, Alpha)*

## Planificando la negociación

- Recompensas
  - **Action:** *createReward(X, Y, ActionR, ActionP, Goal)*  
**Preconditions:** *i\_am(X), is\_agent(Y), is\_goal(Y, Goal), believe(Y, implies(ActionR, Goal)), can\_do(Y, ActionP), can\_do(X, ActionR)*  
**Effects:** *reward(X, Y, do(Y, ActionP), do(X, ActionR))*
  - **Action:** *acceptReward(X, Y, Alpha, Beta)*  
**Preconditions:** *reward(X, Y, do(Y, Alpha), do(X, Beta))*  
**Effects:** *do(Y, Alpha), do(X, Beta), can\_do(X, Alpha)*

## Planificando la negociación

- Amenazas
  - **Action:** *createThreat(X, Y, ActionT, ActionP, Goal)*  
**Preconditions:** *i\_am(X), is\_agent(Y), is\_goal(Y, Goal), can\_do(X, ActionT), believe(Y, implies(ActionT, not(Goal))), can\_do(Y, ActionP)*  
**Effects:** *threat(X, Y, do(Y, ActionP), do(X, ActionT))*
  - **Action:** *acceptThreat(X, Y, Alpha, Beta)*  
**Preconditions:** *threat(X, Y, do(X, Alpha), do(X, Beta))*  
**Effects:** *do(Y, Alpha), not(do(X, Beta)), can\_do(X, Alpha)*

# Planificando la negociación

- UCPOP vs. AG-UCPOP
  - Preferencias

```

preference(_acceptJustificationAppeal(_____, 50, 100).
preference(_acceptAppeal(_____, 40, 100).
preference(_acceptReward(_____, 30, 100).
preference(_acceptThreat(_____, 20, 100).
preference(_createPrevailingPracticeAppeal(_____, acceptAppeal(_____, 40, 100).
preference(_createCounterexampleAppeal(_____, acceptAppeal(_____, 30, 100).
preference(_createPastPromiseAppeal(_____, acceptAppeal(_____, 20, 100).
preference(_createSelfInterestAppeal(_____, acceptAppeal(_____, 10, 100).

preference(_createPrevailingPracticeJustificationAppeal(_____, acceptJustificationAppeal(_____, 40, 100).
preference(_createCounterexampleJustificationAppeal(_____, acceptJustificationAppeal(_____, 30, 100).
preference(_createTransitiveJustificationAppeal(_____, acceptJustificationAppeal(_____, 20, 100).
preference(_createTrivialJustificationAppeal(_____, acceptJustificationAppeal(_____, 10, 100).

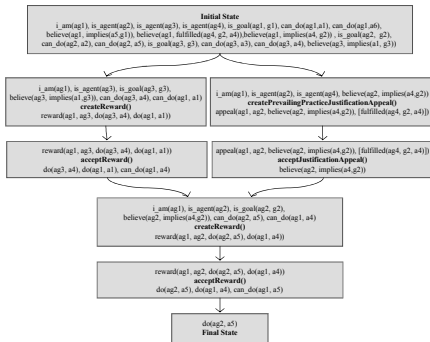
preference(_createRewardBoth(_____, acceptReward(_____, 20, 100).
preference(_createReward(_____, acceptReward(_____, 10, 100).
preference(_createThreat(_____, acceptThreat(_____, 10, 100).
    
```

# Planificando la negociación

- Caso de estudio

- Agentes *ag1*, *ag2*, *ag3* y *ag4*
- ag1* necesita ejecutar una tarea para alcanzar un objetivo.
- El:  $i\_am(ag1)$ ,  $is\_agent(ag2)$ ,  $is\_agent(ag3)$ ,  $is\_agent(ag4)$ ,  $is\_goal(ag1, g1)$ ,  $can\_do(ag1, a1)$ ,  $can\_do(ag1, a6)$ ,  $believe(ag1, implies(a5, g1))$ ,  $believe(ag1, fulfilled(ag4, g2, a4))$ ,  $believe(ag1, implies(a4, g2))$ ,  $is\_goal(ag2, g2)$ ,  $can\_do(ag2, a2)$ ,  $can\_do(ag2, a5)$ ,  $is\_goal(ag3, g3)$ ,  $can\_do(ag3, a3)$ ,  $can\_do(ag3, a4)$ ,  $believe(ag3, implies(a1, g3))$
- EF:  $do(X, a5)$

# Planificando la negociación



# Referencias

- S. Kraus, K. P. Sycara, A. Evenchik, 1998. Reaching Agreements Through Argumentation: A Logical Model and Implementation. *Artificial Intelligence*, 104(1-2) 1-46
- I. Rahwan, S. D. Ramchurn, N. R. Jennings, P. McBurney, S. Parsons and L. Sonenberg, 2004. *Argumentation-based negotiation*. The Knowledge Engineering Review.
- S. S. Fatima, M. Wooldridge and N. R. Jennings, 2004. An agenda based framework for multi-issue negotiation. *Artificial Intelligence*, 152, 1-46
- C. Sierra, P. Faratin and N. R. Jennings, 1997. A Service Oriented Negotiation Model between Autonomous Agents. In Proc. 8th European Workshop on Modeling Autonomous Agents in a Multi-Agent World, pp. 17-35, Ronneby, Sweden, 1997.
- C. Sierra, N. R. Jennings, P. Noriega, and S. Parsons, 1998. A framework for argumentation based negotiation. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, pages 177-192. Springer Verlag, Berlin, Germany, 1998.
- S. Parsons, C. Sierra and N. R. Jennings, 1998. Agents that reason and negotiate by arguing. *Journal of Logic and Computation* 8 (3) 264-282
- S. Paubally and J. Cunningham, 2001. Specifying the processes and states of negotiation. In Proc. Agent Mediated Electronic Commerce, The European AgentLink Perspective, 64-77.