

Sistemas Multiagentes:

Negociación

Jose Aguilar

CEMISID, Facultad de Ingeniería

Universidad de los Andes

Mérida, Venezuela

aguilar@ula.ve

Tipos de Interacción

Cooperación
Coordinación
Negociación

Como construir una sociedad de
agentes

Conflictos

- **Los conflictos surgen cuando al resolver un problema se da una o varias de las siguientes circunstancias:**
 - Coexisten metas diferentes y divergentes entre los agentes.
 - Hay diferentes criterios de evaluación de soluciones.
 - Los recursos son limitados.
 - El conocimiento local es incompleto.
- **Aspecto positivo:**
 - se intercambia información
 - mejora la robustez e integración
 - se llega a soluciones globalmente óptimas.
- **Los conflictos se resuelven o evitan mediante mecanismos de:**
 - prevención y evitación (clásicos en S.O.),
 - sistemas de pizarra (sincronización),
 - **negociación.**

Alcanzar acuerdos

- Lograr acuerdos es un **problema obvio en una sociedad de agentes** con intereses propios
- Los agentes por lo general tendrán **alguna capacidad de alcanzar acuerdos de beneficio mutuo**, basándose en sus capacidades de negociación y argumentación
- Estas capacidades **se definen en un protocolo** que debe tener propiedades particulares

Negociación

Consiste en llegar a un acuerdo a través de ofertas, contraofertas, argumentación, etc.

Negociación

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 et al., 2003a)

La negociación se puede resolver con un plan común

- **Negociación estricta:**
 - Negociación de un plan común;
 - Ejecución estricta del plan.
- **Otros aspectos de la Negociación:**
 - Esquemas de negociación y relajación de metas
 - Mecanismos de arbitraje

Negociación

La negociación viene definida por tres aspectos importantes:

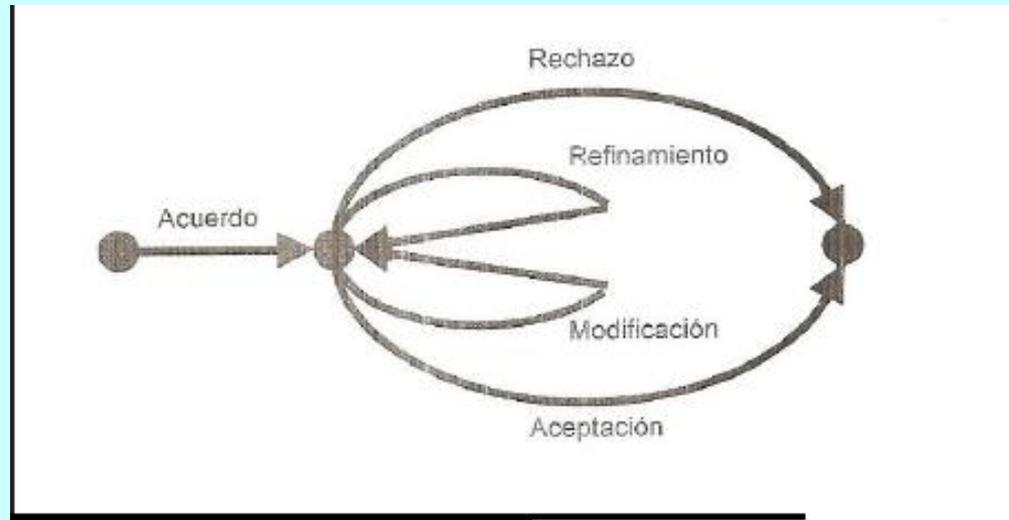
- El **flujo de información** entre agentes es bidireccional
- Cada **negociador evalúa la información** desde su propia perspectiva
- La **decisión final** se toma de mutuo acuerdo

Elementos principales: la comunicación y la toma de decisiones.

- **Lenguaje de negociación.** Define las *primitivas de comunicación* que permiten la negociación, su semántica y su uso.
- **Toma de decisiones:** se lleva a cabo mediante *algoritmos o funciones de decisión* que permiten comparar las distintas opciones que se barajan durante la negociación: funciones de utilidad, representación y estructura de preferencias
- **Proceso de negociación:** define *modelos generales del proceso de negociación* y el comportamiento general de los agentes que negocian

Negociación

Protocolos de Negociación



Toma de decisiones durante la negociación

- Funciones de utilidad
- Funciones de comparación
- Preferencias: $\text{Visitar}(\text{Pedro}) \vee (\text{Hoy}(\text{Sábado}(\text{ir}(\text{cine}))))$

Negociación

Estrategias de negociación

1. Acuerdo unilateral
2. **Competitivo:** mantenido una postura firme y utilizando técnicas de presión
3. **Cooperativo:** buscando soluciones a base de acuerdos.
4. Impasible
5. Ruptura

Los comportamientos *cooperativos* y *competitivos* son los *extremos* del espectro de posibilidades que ofrece la negociación.

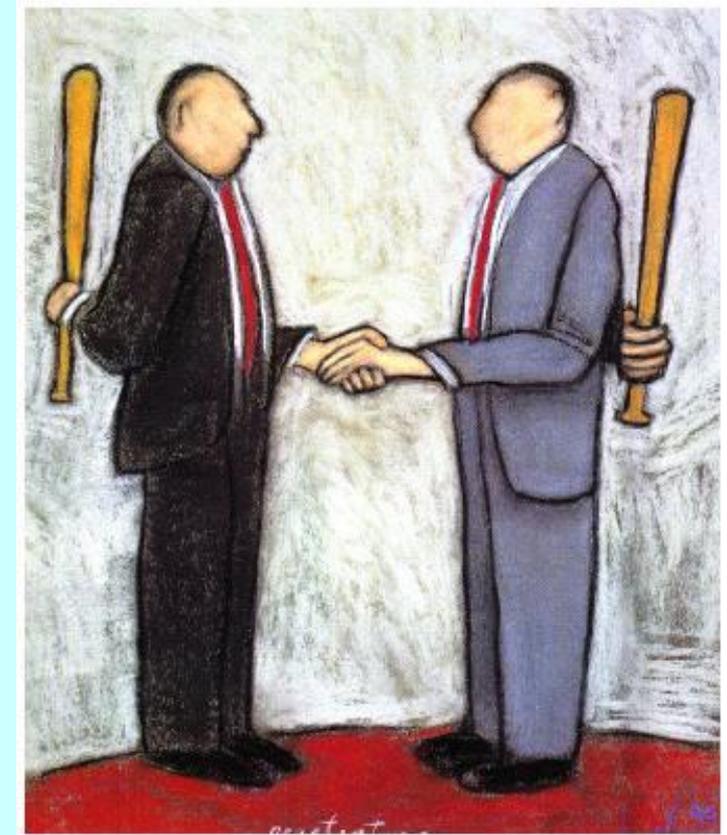
Diseño del mecanismo

Algunas propiedades de un **protocolo de negociación**:

- **Éxito garantizado**: eventualmente se llegará a un acuerdo
- **Maximizar el bienestar social**: se maximiza la utilidad de todos los participantes
- **Eficiencia de pareto**: no existe ningún otro resultado mejor para cualquier agente sin perjudicar a los otros
- **Racionalidad individual**: siguiendo las reglas del protocolo se alcanza el mejor resultado de los participantes
- **Estabilidad**: provee a los participantes con un incentivo para comportarse de una manera particular (Nash)
- **Simplicidad**: usar el protocolo permite fácilmente encontrar la estrategia óptima
- **Distribución**: el protocolo debería estar diseñado para asegurar que no existe “un solo punto de fallo”

Negociación

- **Objetivo:**
 - determinar (las condiciones de) un acuerdo entre, al menos, dos agentes
- **Ejemplos de negociación**
 - **Red de Contratos**
 - Adjudicar productos y tareas a través de un “mercado”
 - n participantes, transacción final entre 2
 - **Regateo**
 - Llegar a un acuerdo entre *todos* los participantes
 - **Argumentación**
 - Resolver (supuestos) conflictos a través del debate



Redes de Contrato

- Basado en **mecanismos de mercado** usando precios globales y un único **mediador centralizado**.
- Un único mediador puede convertirse en un **cuello de botella** (comunicación y computación) o un punto de caída potencial.
- Un **contratado** se dice individualmente racional (IR) si el agente está mejor con el contrato que sin él.
- Un **contratado acepta un contrato** si el beneficio es mayor que el costo marginal de gestionar las tareas del contrato.

Redes de Contrato

Intento para converger hacia la adjudicación globalmente óptima:

- **Contrato original (O):** una tarea se mueve de un agente a otro (el más común)
- **Contrato cluster (C):** un conjunto de tareas es contratado por un agente
- **Contrato canjeo (S):** un par de agentes canjean un par de tareas
- **Contrato multiagente (M):** más de un agente está envuelto en un intercambio de tareas

ASIGNACION POR LICITACION

- **COMPONENTES**

- CLIENTE
- LICITACION
- PROVEEDOR

- **PROCESO LICITACION**

1. LLAMADO
2. PROPOSICIONES DE PROVEEDORES
3. EVALUACION
4. CONTRATACION

ASIGNACION POR LICITACION: PROBLEMAS

- ***MULTIPLES LICITACIONES***
 - IGNORANCIA TEMPORAL (PROVEEDOR)
 - IGNORANCIA ESPACIAL (CLIENTE)
- ***COMPROMISOS (comprometerse rápido o tarde), RECHAZOS, RESERVACIONES***
- ***SUBCONTRATAR***

Subastas

Suelen establecer un contrato entre dos agentes (el subastador y el que gana la subasta).

- **Mecanismo estructurado** para forjar acuerdos
 - **Protocolo semi-distribuido, con diferentes roles**
 - 1 subastador
 - N subasteros
 - **Estrategias:**
 - “pujas” de los subasteros
 - Precio inicial, precio de reserva, etc.

Subastas

- Se han vuelto populares debido a que son escenarios de interacción extremadamente simples
- Esto las hace fáciles de automatizar y por lo tanto son la primera opción a considerar como una forma de que los agentes alcancen acuerdos
- El valor del bien que se subasta se puede determinar de tres formas:
 - **Valor común o público:** existe un solo “precio” y todos lo conocen
 - **Valor privado:** cada agente hace propia valoración
 - **Valor correlacionado:** la valoración se hace tomando en cuenta un criterio propio y la valoración hecha por otros agentes

Elementos de un Protocolo de Subasta

- **Tipo de ofertas:**
 - **abierto (*open-cry*):** los subasteros conocen mutuamente sus ofertas
 - **privado/cerrado (*sealed-bid*):** los subasteros sólo conocen sus propias ofertas
- **Proceso de ofertas:**
 - **una vuelta (*one-shot*):** los subasteros sólo dan una oferta
 - **directa (*forward*):** el precio de las ofertas va ascendiendo
 - **inversa (*reverse*):** el precio de las ofertas va descendiendo
- **Proceso de adjudicación:**

¿Qué oferta se usa para determinar el precio que ha de pagar el ganador? (*first-price, second-price, ...*)

Tipos de Escenarios de Subasta

- **valor público (común):**

- el valor del producto *sólo* depende de las preferencias de los *demás* subasteros (valor consiste únicamente en la reventa)
- p.e.: billete de un dólar

más propicios al análisis formal

- **valor privado:**

- el valor del producto *sólo* depende de las *propias* preferencias del subastero (no hay posibilidad de reventa)
- p.e. billete de un dólar gastado por John Lennon

mayoría de los escenarios reales
(p.e. Comercio Electrónico)

- **valor correlado:**

- el valor del producto depende de las preferencias tanto del propio subasteros como de los demás
- p.e.: una obra de arte que sirve como *decoración* y como *inversión*

Subasta

Aparece en numerosas aplicaciones en informática

Oferta 1
Agente 3



Oferta 2
Agente 1



Oferta 3
Agente 3



Precio inicial

Precio privado

Oferta ganadora

Protocolos comunes:

Subasta inglesa

Subasta holandesa

Subasta sellada

Subasta de Vickrey

...

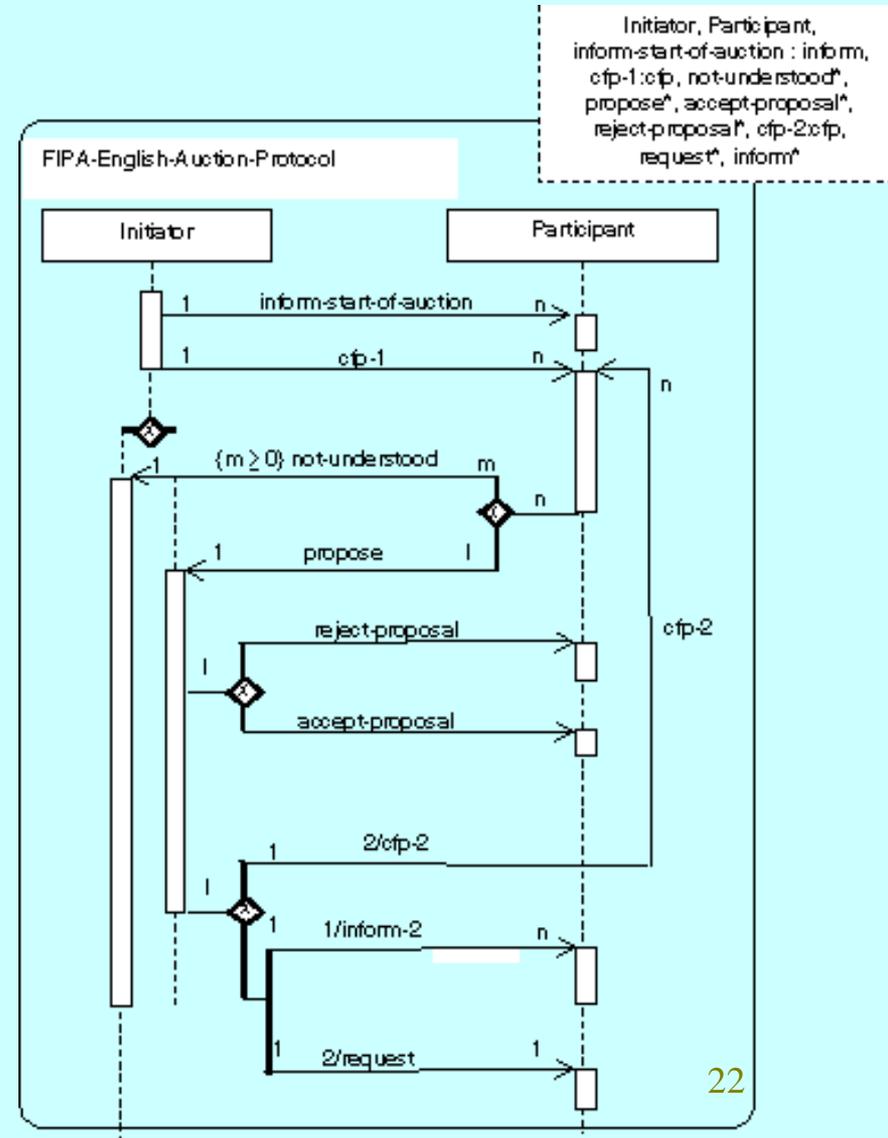
Subasta inglesa

- Inicio:
 - el subastador ofrece un producto a un **precio inicial** (usualmente por debajo de un **precio mínimo privado**)
- Apuestas:
 - los subasteros van **ofertando precios** (ninguna, una, o varias veces)
 - cada oferta tiene que **superar** todas las anteriores
 - el **ciclo de apuestas** termina cuando no hay más ofertas
- Adjudicación:
 - si la última oferta alcanza el **precio mínimo** (privado) del subastador, el producto es **adjudicado** al subastero de la oferta *más alta*
 - de lo contrario **no se vende** el producto
 - **el subastador tiene la última palabra!!!**

Subasta inglesa entre agentes: FIPA

En la subasta de agentes, los participantes *no están físicamente* presentes en una sala de subasta

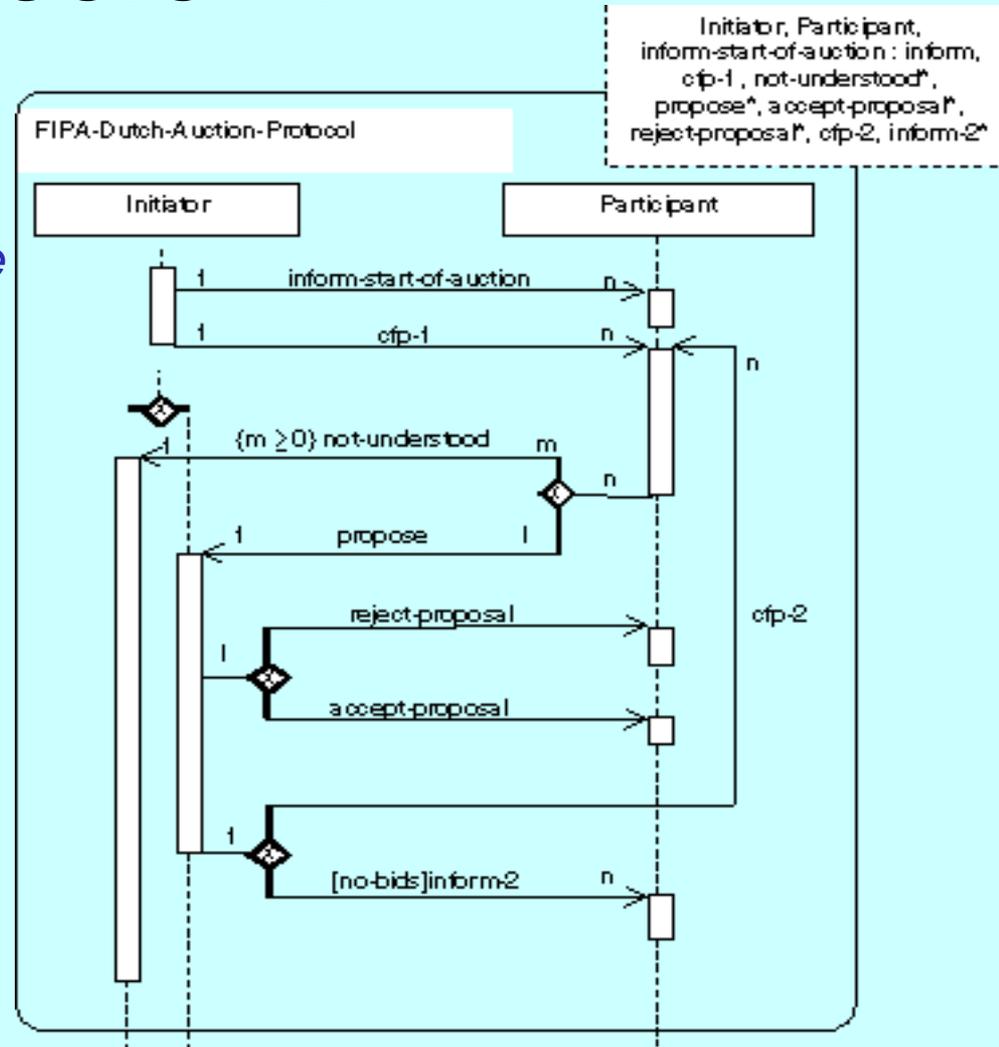
- *reject-proposal*: pueden llegar pujas ilegales, p.ej. por retardos en la red
- *cfp*: anunciar cada nueva ronda de pujas con el precio actual
- *inform*: informar a todos los participantes sobre el resultado de la subasta
- *request*: requerir que el ganador realice la transacción



Subasta holandesa entre agentes: Protocolo FIPA

En la subasta entre agentes, los participantes *no* están físicamente presentes en una sala de subasta

- **reject-proposal**: si llegan pujas ilegales o a la vez
- **accept-proposal**: ya que la adjudicación es directa, la aceptación de una puja implica la realización de la transacción
- **inform**: del final de la subasta



Subastas

- **Subasta sellada:**

- Cada licitador realiza una oferta, sin conocer las ofertas de los demás.
- Mejor estrategia: ofrecer menos que el valor real.

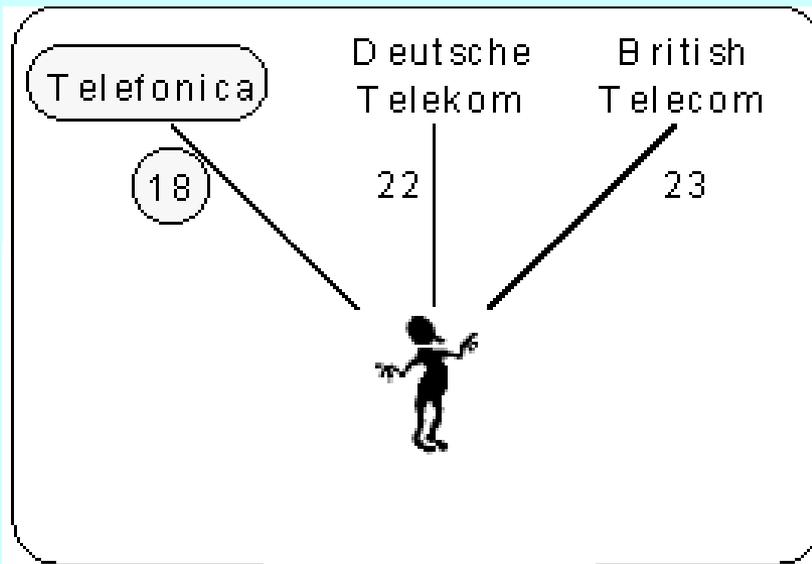
- **Subasta de Vickrey:**

- Subasta sellada de segundo precio
- Gana el mejor postor, pagando el precio de la segunda mejor oferta.

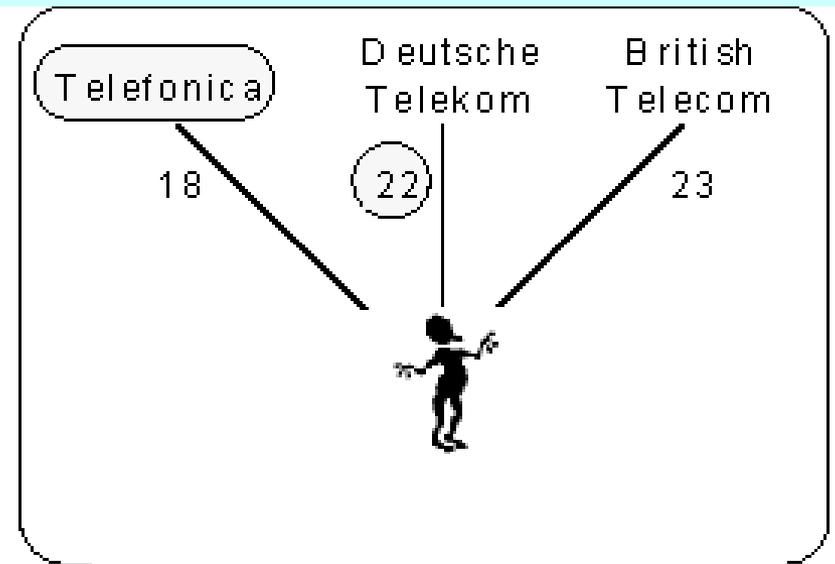
Subasta “one-shot”

Sólo hay una oportunidad para hacer ofertas (i.e. el proceso no es iterativo)

- Subasta **first-price sealed bid**:
 - elegir la **mejor** compañía y pagar el precio de la oferta **más baja**

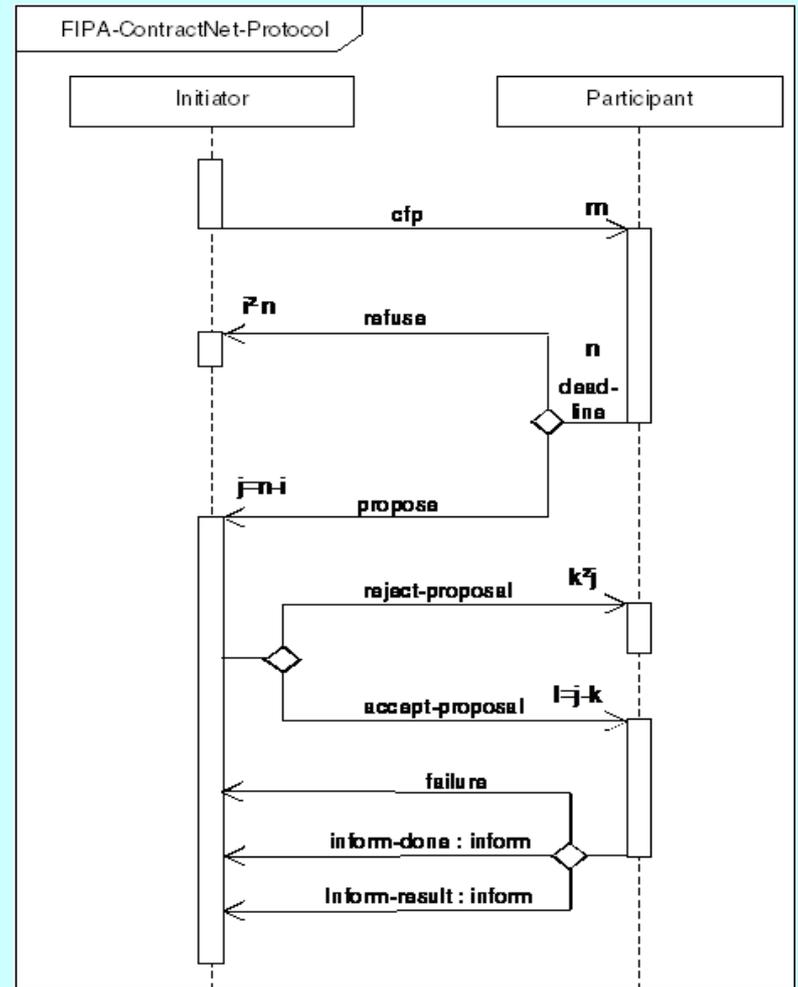


- Subasta **Vickrey**:
 - elegir la **mejor** compañía y pagar el precio de la **segunda** oferta más baja



Subasta *one-shot*: FIPA

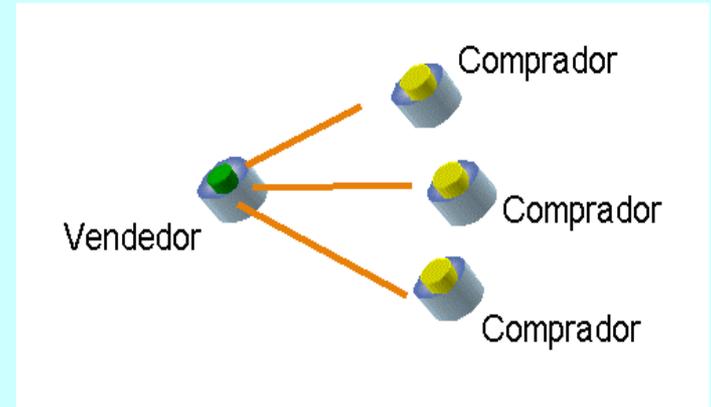
- No existen protocolos específicos para subastas *one-shot* en FIPA
- Sin embargo, dichas subastas se pueden “simular” sobre la base de la “Red de Contratos”
- El protocolo Red de Contratos (*Contract Net*) es un mecanismo “clásico” de la IA Distribuida para la asignación de tareas



Subastas de venta y de compra

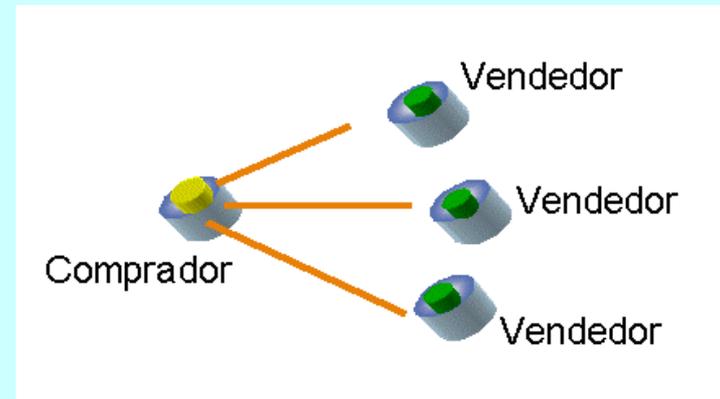
Subastas de venta:

- 1 vendedor, n compradores
- Ejemplos:
 - subasta inglesa y holandesa “tradicionales”



Subastas de compra

- 1 comprador, n vendedores
- variaciones de las subastas descritas:
 - subasta inglesa de precio descendente
 - subasta holandesa de precio ascendente



Problemas en las subasta

Subastas Vickrey:

- **subastador mentiroso:**
 - el subastador tiene incentivos para mentir respecto al precio de la segunda oferta más alta (ya que el subastero ganador la desconoce)
- **revelación de información privada:**
 - los subasteros revelan su precio real, lo cual podrá ser utilizado por los demás subasteros en subastas futuras (de otro tipo)

Inglesa

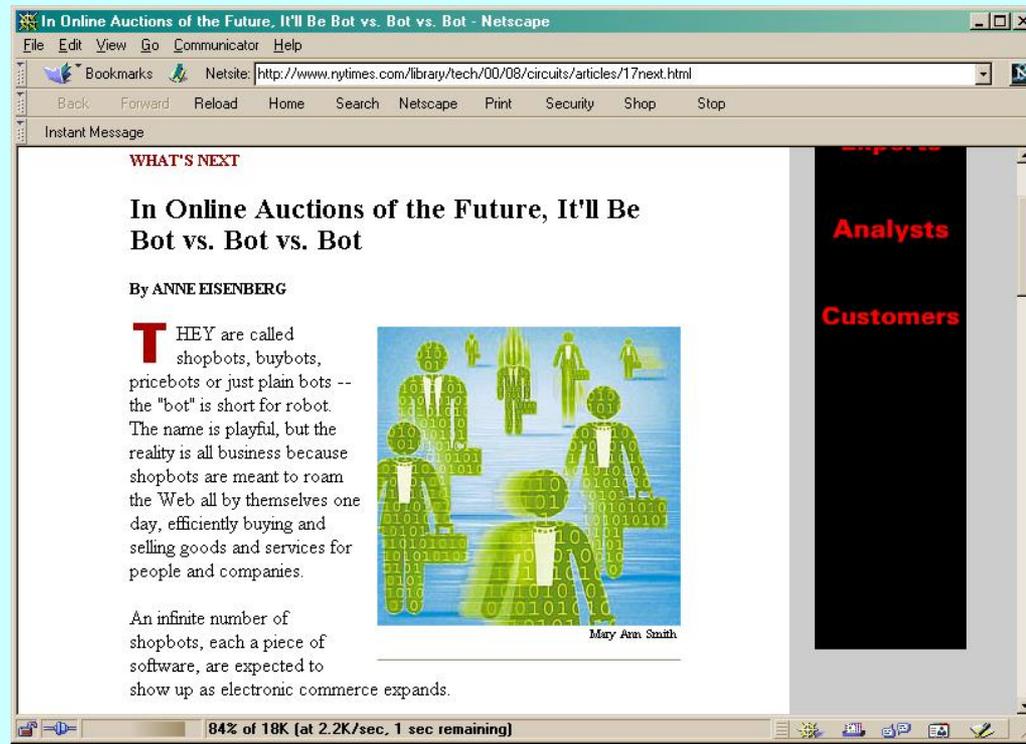
- El subastador puede contratar oferentes falsos para aumentar su ganancia
- Los oferentes pueden ponerse de acuerdo para ofrecer precios muy bajos

Todas las subastas:

- **colusión entre subasteros:**
 - si los subasteros se conocen, hay incentivos para coordinar sus ofertas
- **costos computacionales:**
 - costos de “búsqueda” en subastas interrelacionadas
 - costos de recabar información en situaciones de incertidumbre

Plataformas para subastas

- Fishmarket: <http://www.iiia.csic.es/Projects/fishmarket/>
- Trading Agent Competition (TAC):
 - <http://www.sics.se/tac/>
 - <http://tac.eecs.umich.edu/>
- ...



Negociación

- Las subastas y licitaciones son útiles para asignar bienes a los agentes, **pero solo permiten hacer esto.**
- Se necesitan técnicas más ricas para alcanzar acuerdos,
- Se distinguen dos dominios de negociación:
 - Orientados a las tareas (Ej: transporte de estudiantes)
 - Orientados al valor

Negociación

- Cualquier negociación tendrá **cuatro componentes**:
 - Un **conjunto de negociación** (posibles propuestas)
 - Un **protocolo** (propuestas legales que se pueden hacer)
 - Una **colección de estrategias** (por lo general privada)
 - **Reglas** (determinan cuando se ha alcanzado el acuerdo)
- Las negociaciones se pueden complicar cuando se consideran **múltiples aspectos**, en estos casos, los agentes no negocian sobre solo un atributo, sino sobre los **múltiples valores de múltiples atributos**

Negociación

- Otra fuente de complejidad en la negociación es el **número de agentes involucrados y las formas en que pueden interactuar.**
- Hay tres posibilidades obvias:
 - Negociación uno a uno
 - Negociación muchos a uno
 - Negociación muchos a muchos

Negociación: Regateo

- **Características:**

- posibilidad de **forjar** acuerdos globales (“creíbles”) entre n agentes
- todos los agentes pueden **beneficiarse** de un acuerdo
- pero qué pasa cuando hay diferencias de opinión con respecto a las características del acuerdo? (**qué acuerdo elegir?**)

- **Elementos de un escenario de regateo**

- **Conjunto (espacio) de negociación:**

- Todos los posibles acuerdos a los que se pueden llegar

Ejemplo: todos los precios entre las expectativas iniciales de un comprador y un vendedor

- **Protocolo de negociación:**

- Reglas que determinan el proceso de negociación:

- ¿Cómo, cuándo, y qué ofertas se pueden hacer?
- ¿Cuándo termina la negociación y cuál es el resultado?

Ejemplo: “No se puede ‘empeorar’ una oferta ya hecha”

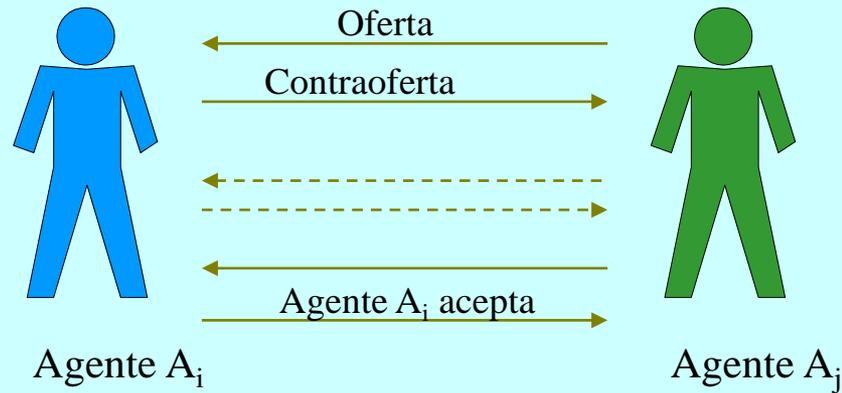
- **Estrategia de negociación:**

- Cómo elegir entre las diferentes acciones que permite el protocolo

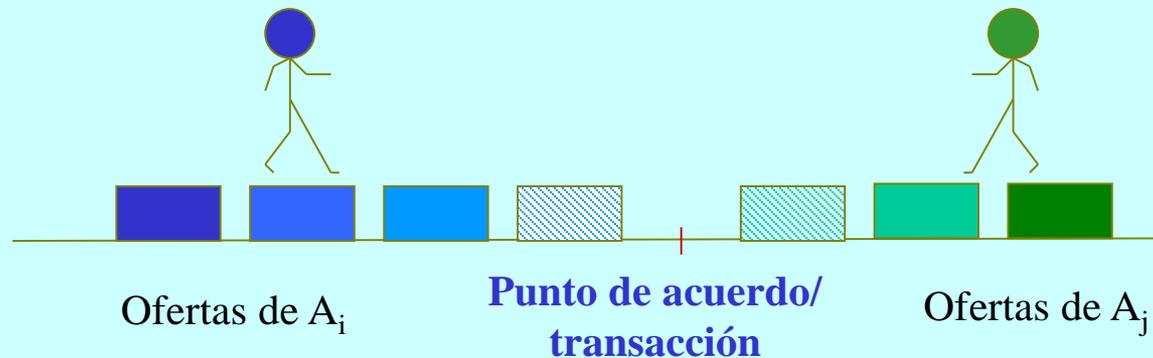
Ejemplo: “Mejorar mi última oferta en un 10% cada 5 minutos”

Negociación: Regateo

- Regateo como proceso de oferta y contraoferta



- Regateo como proceso de concesiones mutuas



El protocolo de concesiones monótonas (PCM)

Protocolo PCM:

- El regateo se realiza por **rondas**
- **En la ronda 1**, cada agente propone simultáneamente un trato del conjunto de negociación
- **Se llega a un acuerdo**, si un agente considera que el trato propuesto por el otro es al menos tan bueno (para él) como el suyo.
- **Si no hay acuerdo, se realiza una nueva ronda de propuestas.** En la ronda $u+1$, ningún agente puede realizar una propuesta peor que en la ronda u .
- Si ningún agente cede, el regateo termina en desacuerdo.

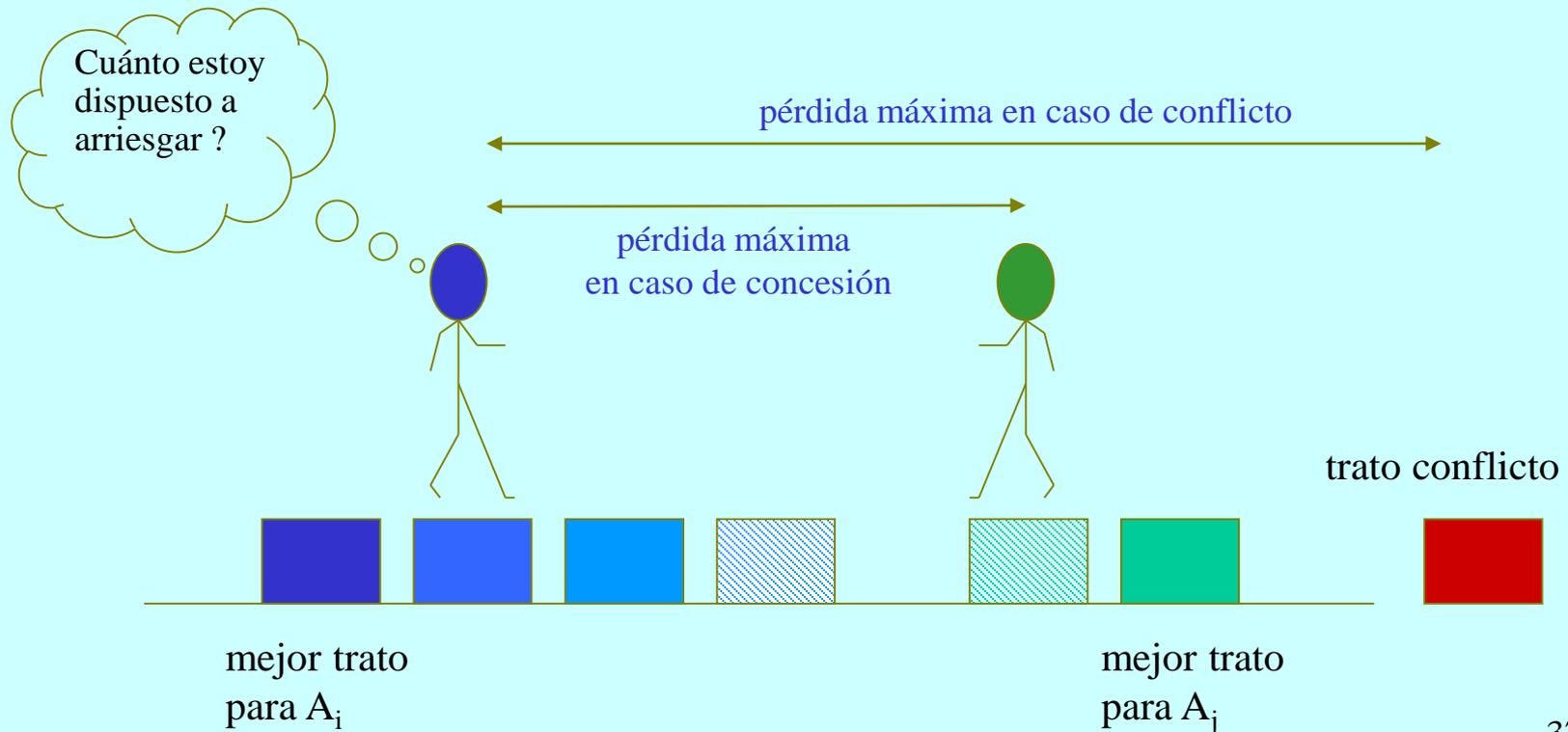
Diseño de estrategias:

- ¿Con qué propuesta empezar?
- ¿Cuándo (en qué ronda) hay que ceder?
- ¿Cuánto hay que ceder?

El factor “riesgo”

Idea de estrategia:

- Empezar con el trato más favorable para uno mismo
- Determinar cuándo (y cuánto) ceder dependiendo de cuánto se puede perder en caso de conflicto (riesgo)



La estrategia Zeuthen

¿Si un agente concede, cuánto debe conceder?

Exactamente lo suficiente.

- **Si un agente no concede suficiente**, en la siguiente vuelta, el balance de riesgo indicará que todavía tiene más que perder del conflicto, entonces deberá conceder de nuevo.

Claramente ineficiente.

- Por el contrario, **si concede demasiado**, está desperdiciando parte de su utilidad. Un agente deberá hacer la mínima concesión necesaria para cambiar el balance del riesgo – de tal forma que en la siguiente ronda, el otro agente concederá.

¿Quién debería conceder en una vuelta dada?

Medir la buena disposición de un agente para **arriesgar conflicto**.
Intuitivamente **si la diferencia en utilidad es baja entre su propuesta actual y la conflictiva**.

La estrategia de Zeuthen

Disposición para arriesgar:

- **Riesgo:** pérdida relativa máxima si el agente A cede en la ronda t

$$\text{Riesgo}(A,t) = \frac{\text{Pérdida máxima de A si cede (y acepta la oferta de B)}}{\text{Pérdida máxima de A (si no cede y se llega a un conflicto)}}$$

- **Idea:** el agente con el menor riesgo (el que realizaría la menor pérdida relativa máxima) debería ceder

$$\text{Riesgo}(i,t) = 1 \text{ si utilidad } y_i(\delta_i^t) = 0$$

$$\text{Riesgo}(i,t)_i = \frac{\text{utilidad } y_i(\delta_i^t) - \text{utilidad } y_i(\delta_j^t)}{\text{utilidad } y_i(\delta_j^t)}$$

La estrategia de Zeuthen:

- Calcular el propio **Riesgo(A,t)** y el del contrario (**Riesgo(B,t)**)
- **Si el propio riesgo es igual o más pequeño que el del contrario, entonces hacer la oferta mínima suficiente**
 - **suficiente:** cambia la balanza de riesgos (después el contrario tiene el menor riesgo)
 - **mínima:** elegir la oferta que minimice la propia pérdida de utilidad
- De lo contrario, **no ceder** (repetir la misma oferta)

La estrategia de Zeuthen

Si no se está en la última ronda, y el agente A juega la estrategia de Zeuthen, la mejor opción para el agente B es jugarla también

- a) **Riesgo(A,t) > Riesgo(B,t) y B no cede:**
 - Se llega a un conflicto y, por tanto, saca beneficio mínimo
- b) **Riesgo(A,t) \geq Riesgo(B,t) y B no cede, o hace una concesión insuficiente**
 - Agente A no hará concesiones hasta que B ceda más. De lo contrario, se llega a un conflicto (situación a)
- c) **Riesgo(A,t) \geq Riesgo(B,t) y B hace una concesión suficiente pero no mínima**
 - Agente B podría haber obtenido más cediendo más
- d) **Riesgo(A,t) < Riesgo(B,t) y B hace una concesión**
 - Agente B podría haber obtenido más si no hubiera cedido (porque A deberá ceder en todo caso)

Si se está en la última ronda, y los niveles de riesgo de A y B son iguales, B puede aprovecharse del hecho de que sabe que A juega la estrategia de Zeuthen, y no ceder

La estrategia de Zeuthen

Propiedades "positivas":

- **Distribución: si**
 - no se requiere de un "árbitro" centralizado
- **Convergencia: si**
 - se llega a un acuerdo o desacuerdo en un número finito de rondas
- **Eficiencia: si**
 - ninguna oferta es dominada por otra (sólo se eligen del conjunto de negociación)

Propiedades "negativas":

- **Simplicidad: no**
 - Se exploran casi todas las posibles ofertas del conjunto de negociación
- **Estabilidad: no**
 - Si un agente sabe que su contrario juega la estrategia de Zeuthen, puede aprovecharse de ello
Aunque este caso sólo se da en la última ronda ...

La estrategia Zeuthen

- **Tareas fantasma y señuelo:** una tarea fantasma es una tarea que falsamente se pretende está asignada.
 - La respuesta obvia para esto es asegurar que las tareas que un agente ha asignado para realizar son verificables por todos los negociantes participantes.
 - En algunas circunstancias es posibles para un agente producir una tarea artificial. La detección de tales tareas señuelo es esencialmente imposible.
- **Tareas ocultas:** un agente puede beneficiarse del engaño de ocultar tareas que tiene que realizar.

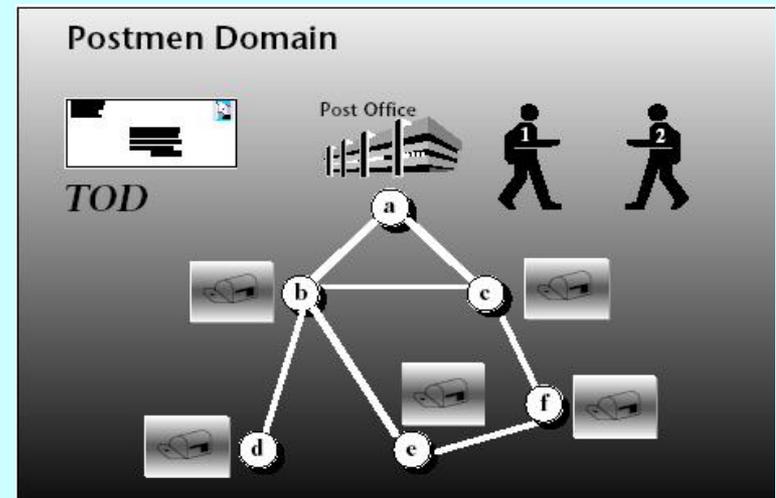
Dominios orientados a tareas: Ejemplos

- **Bases:**

- Un grupo de agentes puede redistribuir tareas entre sí (sin efectos secundarios)
- pueden beneficiarse si llegan a un acuerdo, pero cada uno prefiere un acuerdo diferente

- **Repartición de correo:**

Varios repartidores de correo deben entregar cartas en diferentes partes de la ciudad. Cada repartidor quiere minimizar el camino que tiene que recorrer, y una forma de hacerlo es intercambiar cartas con sus compañeros



- **Consultas en Bases de Datos:**

Varios agentes tienen acceso a una Base de Datos común, y cada uno debe realizar una serie de consultas. Podrían coordinar sus (sub-)queries para maximizar la eficiencia de sus consultas (Join, Proyección, Unión, Intersección, ...).

Dominios Orientados a Tareas

Definición:

- Un *dominio orientado a tareas* (DOT) es una tripleta (T, Ag, c) tal que:
 - T es un conjunto finito *tareas*;
 - $Ag = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ es un conjunto finito de *agentes*;
 - $c: \wp(T) \rightarrow \mathbf{R}^+$, $c(\emptyset) = 0$, es una función monótona creciente que define el *costo* para ejecutar cualquier subconjunto de tareas

Nótese:

- Quedarse quieto no cuesta nada ($c(\emptyset) = 0$)
- Cuánto más tareas se ejecutan, más costo se genera (c es monótona creciente)
- El costo de ejecutar cada subconjunto de tareas no depende de quién las lleva a cabo (situación idealizada)

Negociación

- **Formalmente:**

- Si $T_1, T_2 \subseteq T$ son conjuntos de tareas tales que $T_1 \subseteq T_2$ entonces $c(T_1) \leq c(T_2)$

- **Cuando dos agentes se encuentran, se dice que existe potencial para que alcancen un acuerdo reasignando las tareas entre ellos**

- Un **encuentro** se define como una colección de tareas: $\langle T_1, \dots, T_n \rangle$
- Donde, para todo i , i pertenece a Ag y T_i es subconjunto de T
- Un **trato** es similar a un encuentro de la siguiente forma:

$$D_1 \cup D_2 = T_1 \cup T_2$$

donde el agente 1 está comprometido a realizar la tarea D_1 y el agente 2 la tarea D_2

Utilidad de Tratos

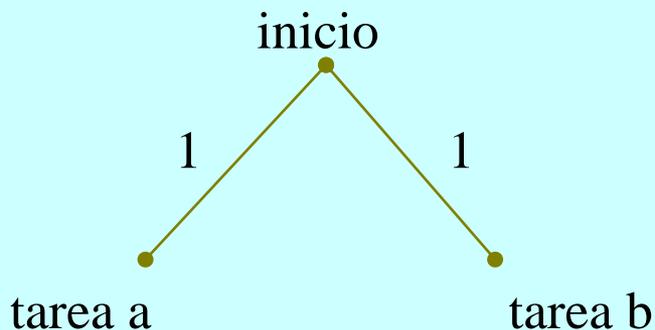
Definición: dado un DOT con dos agentes $(T, \{A_1, A_2\}, c)$,

- un **encuentro** dentro del DOT es un vector (T_1, T_2) tal que para todo k , $T_k \subseteq T$.
- un **trato** $d = (D_1, D_2)$ en un encuentro (T_1, T_2) es una redistribución de tareas entre agentes, tal que $D_1 \cup D_2 = T_1 \cup T_2$
- un trato $\Theta = (T_1, T_2)$ se llama **trato conflicto** cuando no hay acuerdo entre agentes

Ejemplo: DOT

Ejemplo:

- dominio: $(\{a,b\}, \{1,2\}, c)$
- encuentro: $(\{a\}, \{a,b\}, \{b\})$
- función de costo c :
 - $c(\emptyset)=0$
 - $c(\{a\})=1$
 - $c(\{b\})=1$
 - $c(\{a,b\})=3$



Posibles tratos:

$(\{a\}, \{b\})$

$(\{b\}, \{a\})$

$(\{a,b\}, \emptyset)$

$(\emptyset, \{a,b\})$

$(\{a\}, \{a,b\})$

$(\{b\}, \{a,b\})$

$(\{a,b\}, \{a\})$

$(\{a,b\}, \{b\})$

$(\{a,b\}, \{a,b\})$

Potenciales
tratos conflicto

Utilidad de Tratos

Definición: dado el DOT $(T, \{A_1, A_2\}, c)$ y un trato $d = (D_1, D_2)$

- el costo $\mathbf{Cost}_k(\delta)$ del trato δ para el agente k es

$$\mathbf{Cost}_k(\delta) = c(D_k)$$

- la utilidad $\mathbf{Utility}_k(\delta)$ del trato δ para el agente k es

$$\mathbf{Utility}_k(\delta) = c(T_k) - \mathbf{Cost}_k(\delta)$$

La utilidad de un trato representa cuánto gana el agente al llegar a un acuerdo.

El resultado puede ser negativo

Suponer Función de Utilidad de los agentes

Agente 1:

$$Utility_1(\{a\}, \{b\}) = 0$$

$$Utility_1(\{b\}, \{a\}) = 0$$

$$Utility_1(\{a,b\}, \emptyset) = -2$$

$$Utility_1(\emptyset, \{a,b\}) = 1$$

$$Utility_1(\{a\}, \{a,b\}) = 0$$

$$Utility_1(\{b\}, \{a,b\}) = 0$$

$$Utility_1(\{a,b\}, \{a\}) = -2$$

$$Utility_1(\{a,b\}, \{b\}) = -2$$

$$Utility_1(\{a,b\}, \{a,b\}) = -2$$

Agente 2:

$$Utility_2(\{a\}, \{b\}) = 2$$

$$Utility_2(\{b\}, \{a\}) = 2$$

$$Utility_2(\{a,b\}, \emptyset) = 3$$

$$Utility_2(\emptyset, \{a,b\}) = 0$$

$$Utility_2(\{a\}, \{a,b\}) = 0$$

$$Utility_2(\{b\}, \{a,b\}) = 0$$

$$Utility_2(\{a,b\}, \{a\}) = 2$$

$$Utility_2(\{a,b\}, \{b\}) = 2$$

$$Utility_2(\{a,b\}, \{a,b\}) = 0$$

Conjunto de Negociación

Definición:

- Un **trato δ domina el trato δ'** si δ es mejor para al menos uno de los agentes, y *no* es peor para el otro, es decir $\delta > \delta'$ si
 - (1) $\forall k \in \{1,2\}, Utility_k(\delta) \geq Utility_k(\delta')$ y
 - (2) $\exists k \in \{1,2\}, Utility_k(\delta) > Utility_k(\delta')$
- **Trato δ domina débilmente a δ' ($\delta \geq \delta'$)** si se cumple al menos la condición (1)

Definición:

- Un **trato δ es individualmente racional** si domina débilmente al trato conflicto, es decir si $\delta \geq \Theta$
- Un **trato δ es Pareto-óptimo** si no existe otro trato δ' que lo domine

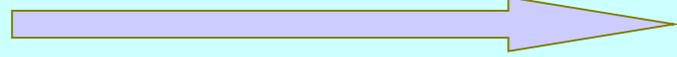
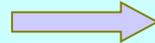
$$\forall \delta' \neq \delta. \neg (\delta \leq \delta')$$

El conjunto S de todos los tratos **individualmente racionales y Pareto-óptimos** se llama **conjunto de negociación**

Ejemplo: Función de Utilidad de los agentes

Posibles tratos:

- {a}, {b}
- {b}, {a}
- {a,b}, \emptyset
- \emptyset , {a,b}
- {a}, {a,b}
- {b}, {a,b}
- {a,b}, {a}
- {a,b}, {b}
- {a,b}, {a,b}



Pareto-óptimos:

- {a}, {b}
- {b}, {a}
- \emptyset , {a,b}
- {a,b}, \emptyset

Ind. racionales:

- {a}, {b}
- {b}, {a}
- \emptyset , {a,b}
- {a}, {a,b}
- {b}, {a,b}



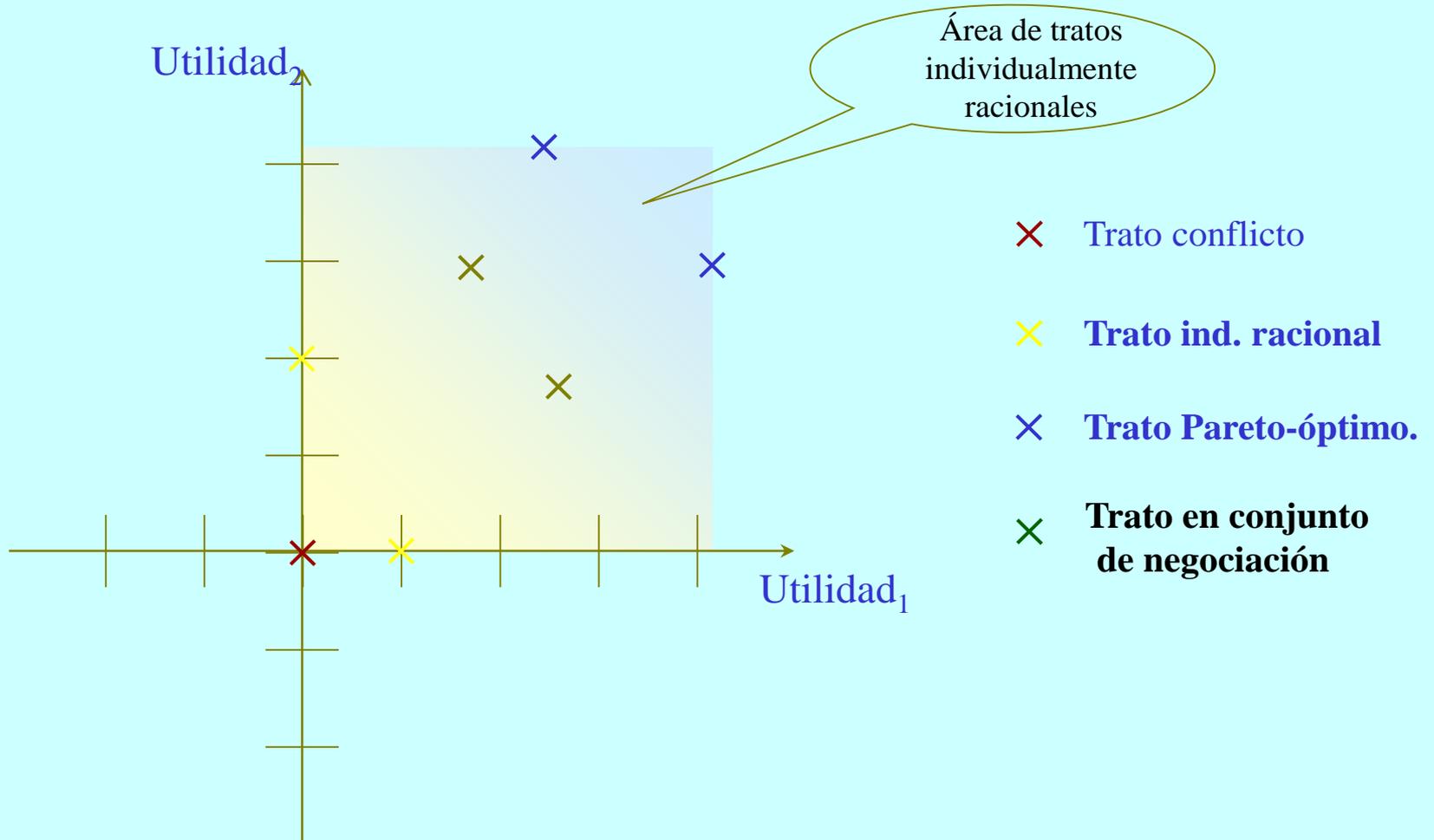
Cjto de Negociación

- {a}, {b}
- {b}, {a}
- \emptyset , {a,b}

Utilidad

- (0,2)
- (0,2)
- (1,0)

Ejemplo de forma gráfica



Negociación

Protocolo de concesión monotónica:

- Se da en rounds
- Cada agente propone un trato (puede conceder algo)
- Si un trato cumple con lo que ambos desean, se selecciona este
- Si hay “empate”, se selecciona uno aleatoriamente
- Si no se logra acuerdo, se termina en “conflict deal”

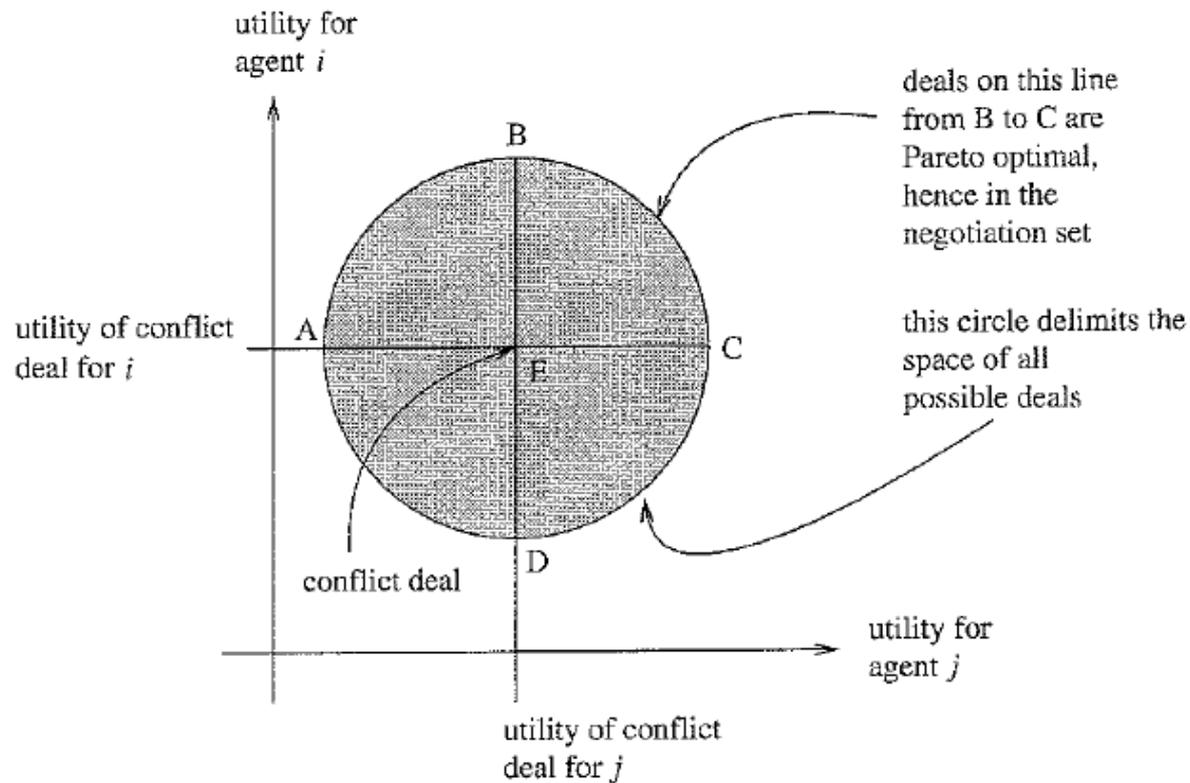


Figure 7.1 The negotiation set.

Información incompleta

Dominio de los carteros

- Dos agentes, A_1 y A_2 , cada uno con un conjunto de cartas que entregar
- Costo de un agente: entregar todas sus cartas desde la oficina de correos (casilla a), y volver allí (distancia entre casillas igual a 1)
- En principio, los agentes sólo conocen su propio conjunto de cartas, por lo que no pueden computar un trato directamente
- Se intercambia la información respecto a las cartas de cada uno antes de “negociar”

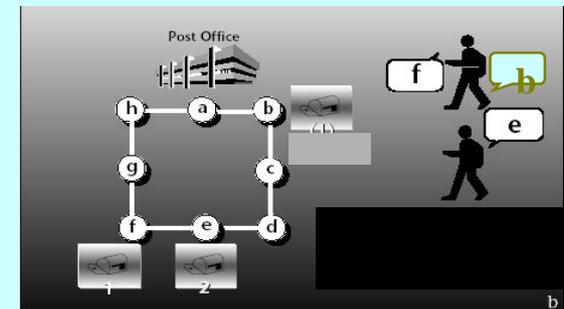
Situación 1: los dos dicen la verdad

- los dos tendrían que dar toda la vuelta
- Resultado (según Teorema de Nash):

$$\delta = [(\{b,e,f\},\{\}): 1/2] \text{ y } Utility_{A_1}(\delta) = 4$$

Posibilidades de engañar:

- **Tareas ocultas:** no declarar tareas que uno tiene asignadas
- **Tareas fantasma:** pretender tener que realizar tareas que no le han sido asignados a uno

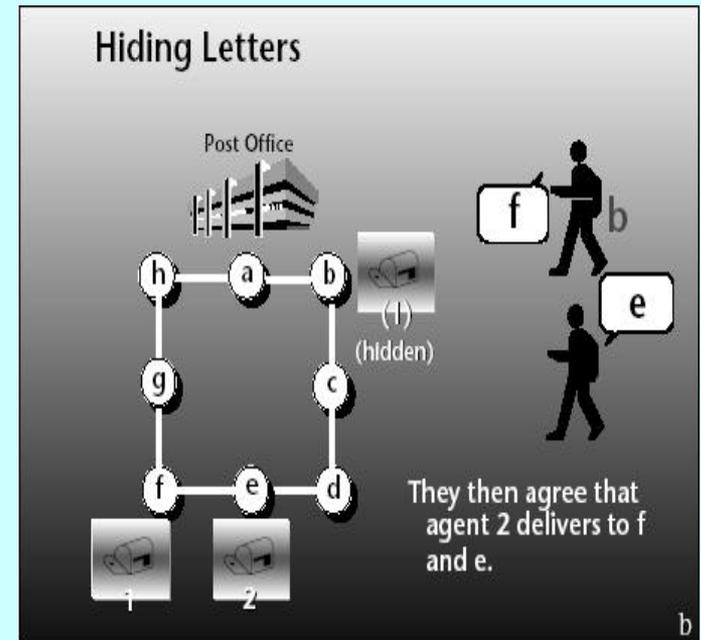


Engaño: tareas ocultas

Situación 2a: A_1 miente y no declara f

- pero sólo se permiten **tratos puros**
 - A_2 tendría que dar toda la vuelta, mientras que A_1 sólo tendría que ir a f y volver
 - A_2 llevaría la carta de A_1 , puesto que esto beneficia a A_1 sin perjudicar a A_2 (Optimalidad de Pareto)
 - Resultado (perspectiva de A_2): $\delta^* = (\{\}, \{e, f\})$
 - A_1 sólo tendrá que llevar la carta oculta a b (costo 2).
 - Resultado (perspectiva de A_1):

$$\text{Utility}_{A_1}(\delta) = 8 - 2 = 6$$



¡Mentir es beneficioso!

J. Aguilar

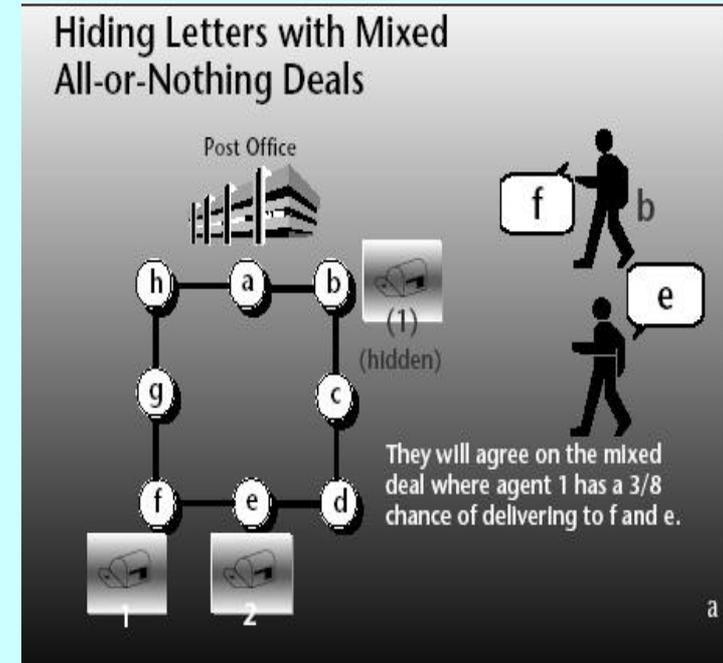
Engaño: tareas ocultas

Situación 2b: A_1 miente y no declara f

- y se permiten **tratos mixtos**
 - Teorema de Nash: se elige $\delta^* = [(\{e,f\}, \{\}) : p]$ tal que p maximiza la función
$$p^*(-2,8) + (1-p)(6,0)$$
 - Resultado (perspectiva de A_2): $\delta^* = [(\{e,f\}, \{\}) : 3/8]$
 - En realidad:
 - Stand alone cost real de A_1 : 8
 - Costo real del trato para A_1 : $3/8 * 8 + 5/8 * 2$
 - Resultado (perspectiva de A_1):

$$\text{Utility}_{A_1}(\delta) = 8 - (34/8) = 3^3/4$$

¡En este caso, mentir no beneficia a A_1 !

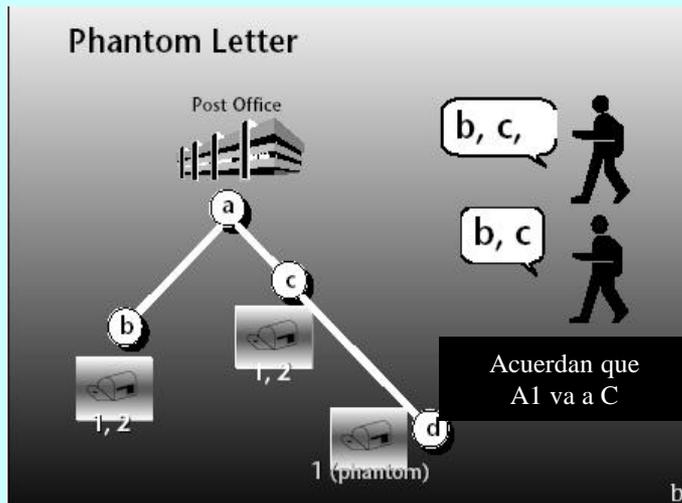


Engaño: tareas fantasma

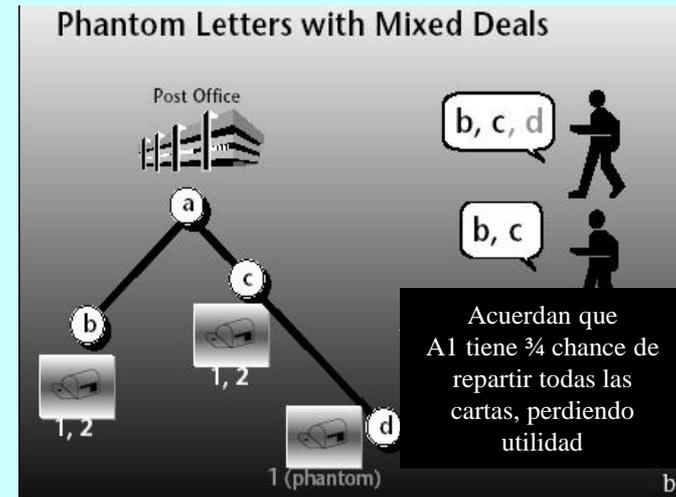
Ejemplo: Dominio de los carteros

- Dos agentes, A_1 y A_2 , cada uno con dos cartas que entregar en b y c respectivamente
- Costo para un agente: en función de la *distancia* recorrida (diferentes para las distintas casillas)
- Si ambos declaran la verdad: se tira una moneda para asignar las tareas

- A_1 miente en tratos puros:



- A_1 miente en tratos mixtos:



Otros dominios

- La características de una negociación no sólo dependen del mecanismo (protocolo) empleado, sino también del dominio
- **Dominios orientados a metas (*goal-oriented domains*):**
 - Efectos laterales *cualitativos* de las acciones
 - Ejemplo: mundo (síncrono) de los bloques
- **Dominios orientados al valor (*worth-oriented domains*):**
 - Efectos laterales *cuantitativos* de las acciones
 - Ejemplo: escenarios económicos

Dominios orientados por valor

- Los objetivos de un agente están especificados por la definición de una **función de valor para los posibles estados del ambiente**.
- **El objetivo del agente es obtener el estado del ambiente con mayor valor.**
- La colección de agentes tiene disponible un **conjunto planes conjuntos**, llamados así porque su ejecución requiere de varios agentes diferentes.
- **Lograr un acuerdo** involucra la negociación de los agentes sobre la **colección de planes conjuntos**.
- El interés de un agente es **lograr el acuerdo en el plan que alcanza el estado del ambiente con la mayor ganancia.**

Dominios orientados por valor

Un WOD es una tupla

$$(E, Ag, J, c)$$

- E es el conjunto de estados posibles del ambiente;
- $Ag = \{1, \dots, n\}$ es el conjunto de posibles agentes;
- J es el conjunto de posible planes conjuntos;
- $c : J \times Ag \longrightarrow \mathbb{R}$ es una función de costo, que asigna a cada plan $j \in J$ y cada agente $i \in Ag$ un número real que representa el costo $c(j,i)$ para i de ejecutar el plan j .

Dominios orientados por valor

Un **encuentro** en un Dominio orientado por valor (E, Ag, J, c) es una tupla (e, W)

- $e \in E$ es el estado inicial del ambiente
- $W : E \times Ag \longrightarrow \mathbb{R}$ es una función de valor, que asigna a cada estado del ambiente $e \in E$ y cada agente $i \in Ag$ un número real $W(e,i)$ que representa el valor del estado e para el agente i .

Argumentación

- **Argumentos**

- Información adicional a las propuestas.
- Permiten (Jennings et al., 1998):
 - (a) justificar su postura de negociación.
 - (b) influenciar la postura de negociación de otros agentes.

- **Existen dos grandes tendencias en la literatura sobre negociación basada en Argumentación**

- **Enfoques para adaptar lógicas dialécticas** para argumentación rebatible embebiendo conceptos de negociación dentro de ellas (Amgoud et al., 2000; Parsons et al., 1998; Rueda et al., 2002).
- **Enfoques para extender *frameworks de negociación*** para que permitan a los agentes intercambiar argumentos retóricos, como recompensas y amenazas (Kraus et al., 1998; Ramchurn et al., 2003a).

Argumentación

- **Muchas veces un conflicto de interés es sólo aparente**
 - porque a un agente le falta información
 - Porque un agente no llega a una conclusión cierta/ ha sacado una conclusión equivocada de su información
- **La argumentación es el proceso de intentar convencer a los demás de la veracidad de un hecho**
- **Modos de argumentación (Gilbert, 1994):**
 - *Modo lógico*: “Si aceptas A y que A implica B , entonces debes aceptar B ”
 - *Modo emocional*: “Cómo te sentirías si eso te sucediera a ti?”
 - *Modo visceral* : “¡Cretino!”
 - *Modo “Kisceral”*: “¡Esto es un dogma cristiano!”

Argumentación

Negociación basada en la argumentación:

- **Modo lógico:** se parece a la prueba matemática. Tiende a ser deductivo por naturaleza. Es del tipo que se observa en las cortes y trabajos científicos.
- **Modo emocional:** cuando se apela a los sentimientos y actitudes. Son del tipo ‘cómo se sentiría si le pasara a usted’.
- **Modo visceral:** es el argumento humano de aspecto físico social. Cuando el participante pateo para indicar la fuerza de su sentimiento.
- **Modo Kisceral:** envuelve la apelación a lo intuitivo, místico o religioso.

Argumentación

Un algoritmo de *planning* puede ser utilizado para construir *planes de argumentación* que determinen los argumentos que un agente puede expresar durante una negociación.

Secuencia de argumentos de orden parcial que permite a un agente alcanzar un acuerdo esperado cuando éste es expresado en una determinada situación conflictiva

- Problema de planning definido por la tripleta $\langle i, f, A \rangle$.
 - Estado Inicial i : *descripción del mundo.*
 - Estado Final f : *objetivo que se quiere alcanzar.*
 - Acciones disponibles para la construcción del plan (A) *las cuales poseen precondiciones y efectos.*
 - Mecanismo de selección de acciones.

Argumentación

Planificación <i, a, f>

Estado
Inicial

$a_1 \rightarrow a_2 \rightarrow \dots \rightarrow a_n$

Estado
Final

Selección de acciones

Conflicto

$ar_1 \rightarrow ar_2 \rightarrow \dots \rightarrow ar_n$

Acuerdo

Selección de
acciones-
Argumentos

Selección de
acciones-
Argumentos

Argumentación

- Construcción de argumentos candidatos.
- Tipos de argumentos
 - Apelaciones (contraejemplo, práctica prevaleciente, interés propio).
 - Recompensas.
 - Amenazas
- Reglas para la generación de argumentos
 - Si se cumplen las condiciones entonces el argumento puede ser generado
- Dado el conjunto de argumentos candidatos, seleccionar el más adecuado.
- Distintos criterios de selección:
 - Según la fuerza de los argumentos.
 - Según la confianza en el oponente.
 - Según la utilidad de la propuesta respaldada.

Argumentación

Basada en la lógica

- Considerada como la más pura o racional.
- Construimos una serie de pasos lógicos (argumentos) a favor y en contra de las proposiciones de interés.
- Debido a que claramente refleja la argumentación dialéctica humana forma una base prometedora para construir un marco por medio del cual los agentes pueden negociar.

Argumentación

- En la lógica clásica, **un argumento** es una **secuencia de inferencias** que llevan a una **conclusión**:

$$\Delta \vdash \varphi$$

- Existe una **secuencia de inferencias** a partir de las **premisas** Δ que permite establecer la **proposición** φ .

$$\begin{array}{l} \text{human (Sócrates)} \Delta_1 \\ \text{human (X)} \rightarrow \text{mortal (X)} \end{array}$$

- El **argumento** $\Delta_1 \vdash \text{mortal (Sócrates)}$ se da.

Argumentación

- La forma básica de un argumento es:
Database \vdash (Sentence, Grounds)

Donde

- Database es un conjunto de fórmulas lógicas
- Sentence es una fórmula lógica conocida como la conclusión
- Grounds es un conjunto de fórmulas lógicas tales que
Grounds \subseteq Database
Sentence puede probarse a partir de Grounds

Modelo Lógico de Argumentación

Definición: un argumento $\Delta \vdash (Sentencia, Razones)$ consta de tres partes:

- Δ es un conjunto de formulas lógicas (probablemente inconsistente)
- *Sentencia* es una formula lógica conocida como *conclusión*
- *Razones* es un conjunto de formulas lógicas tal que:
 - $Razones \subseteq \Delta$; y
 - *Sentencia* se puede derivar de *Razones*

Definición: sean (f_1, G_1) y (f_2, G_2) argumentos apoyados en alguna ΔD , entonces (f_2, G_2) puede ser rechazado (atacado) de dos formas:

- (f_1, G_1) **refuta** (rebutts) (f_2, G_2) si $f_1 \rightarrow \neg f_2$
- (f_1, G_1) **mina** (undercuts) (f_2, G_2) si $f_1 \rightarrow \neg y_2$ para algún $y \in G_2$

Los dos casos se resumen bajo el término **ataque**

Argumentación

- **Derrotar.** Sean (φ_1, Γ_1) y (φ_2, Γ_2) argumentos de un database Δ . El argumento (φ_2, Γ_2) puede ser derrotado de dos formas:
 - (φ_1, Γ_1) refuta (φ_2, Γ_2) si φ_1 ataca φ_2
 - (φ_1, Γ_1) socava (φ_2, Γ_2) si φ_1 ataca ψ para algún $\psi \in \Gamma_2$
- **Atacar:** Para dos proposiciones φ y ψ , se dice que φ ataca a ψ sii $\varphi \models \neg\psi$

Modelo Lógico de Argumentación

Ejemplo:

$$\Delta = \left\{ \begin{array}{l} \text{Humano}(\text{Heracles}) \\ \text{Padre}(\text{Heracles}, \text{Zeus}) \\ \text{Padre}(\text{Apollo}, \text{Zeus}) \\ \forall x(\text{Humano}(x) \rightarrow \text{Mortal}(x)) \\ \forall x(\text{Divino}(x) \rightarrow \neg \text{Mortal}(x)) \\ \forall x(\text{Padre}(x, \text{Zeus}) \rightarrow \text{Divino}(x)) \\ \neg \forall x(\text{Padre}(x, \text{Zeus}) \rightarrow \text{Divino}(x)) \end{array} \right\}$$

$$\text{Arg}_1 = \left(\text{Mortal}(\text{Heracles}), \left\{ \begin{array}{l} \text{Humano}(\text{Heracles}), \\ \forall x(\text{Humano}(x) \rightarrow \text{Mortal}(x)) \end{array} \right\} \right)$$

$$\text{Arg}_2 = \left(\neg \text{Mortal}(\text{Heracles}), \left\{ \begin{array}{l} \text{Padre}(\text{Heracles}, \text{Zeus}), \\ \forall x(\text{Padre}(x, \text{Zeus}) \rightarrow \text{Divino}(x)), \\ \forall x(\text{Divino}(x) \rightarrow \neg \text{Mortal}(x)) \end{array} \right\} \right)$$

$$\text{Arg}_3 = \left(\neg \forall x(\text{Padre}(x, \text{Zeus}) \rightarrow \text{Divino}(x)), \left\{ \neg \forall x(\text{Padre}(x, \text{Zeus}) \rightarrow \text{Divino}(x)) \right\} \right)$$

- Los argumentos Arg_1 y Arg_2 **se refutan** mutuamente
- El argumento Arg_3 **mina al** argumento Arg_2
- Sobre esta base se puede definir diferentes clases que definen la “fuerza” de los argumentos ...
- Se usa esencialmente en sistemas de **diálogos** para argumentación

Argumentación

Ejemplo:

- Tipos de argumento
- A1: Argumentos hechos a partir de Δ
- A2: Argumentos no triviales hechos a partir de Δ
- A3: Argumentos hechos a partir de Δ no refutables
- A4: Argumentos hechos a partir de Δ no socavables
- A5: Argumentos tautológicos hechos a partir de Δ

human(Heracles)
father(Heracles, Zeus)
father(Apollo, Zeus)
divine(X) \Rightarrow \neg mortal(X)
father(X, Zeus) \Rightarrow divine(X)
 \neg (father(X, Zeus) \Rightarrow divine(X)).

(mortal(Heracles),
{human(Heracles), human(X) \Rightarrow mortal(X)}),

(\neg mortal(Heracles),
{father(Heracles, Zeus), father(X, Zeus) \Rightarrow divine(X),
divine(X) \Rightarrow \neg mortal(X)}).

(\neg (father(X, Zeus) \Rightarrow divine(X)),
{ \neg (father(X, Zeus) \Rightarrow divine(X))}).

Argumentación

- Tipos de argumento

- A1: Argumentos hechos a partir de Δ
- A2: Argumentos no triviales hechos a partir de Δ
- A3: Argumentos hechos a partir de Δ no refutables
- A4: Argumentos hechos a partir de Δ no socavables

$(\neg mortal(apollo),$
 $\{father(apollo, Zeus), father(X, Zeus) \Rightarrow divine(X),$
 $divine(X) \Rightarrow \neg mortal(X)\}),$

- A5: Argumentos tautológicos hechos a partir de Δ

$(divine(Heracles) \vee \neg divine(Heracles), \emptyset)$

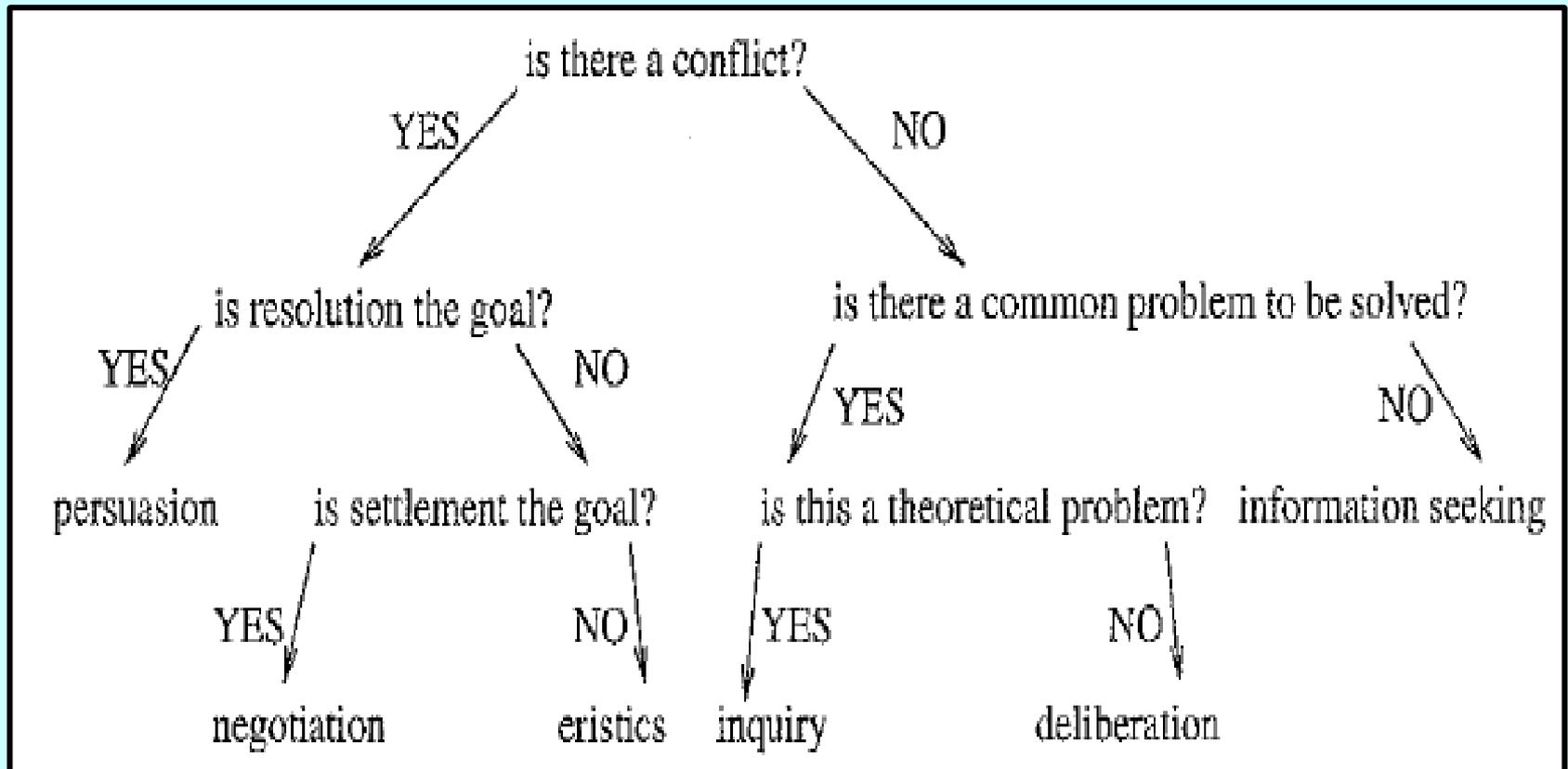
Otros mecanismos para lograr acuerdos

- **Protocolos de Votación (voting mechanisms):**
 - cada agente tiene una relación de preferencia sobre un conjunto de posibles acuerdos
 - se elige una alternativa según un protocolo de votación
- **Formación de coaliciones:**
 - agentes pueden formar coaliciones (subgrupos)
 - cooperan con los miembros de su coalición, y compiten con los demás
 - cuestiones:
 - ¿Cuál es la estructura de coaliciones?
 - ¿Cuál es el valor de cada coalición?
 - ¿Cómo se reparte el valor de una coalición entre sus miembros?
- **Mecanismos de mercado:**
 - búsqueda distribuida para el equilibrio general de un mercado
- **Resolución de conflictos por arbitraje**

Tipos de diálogo

| Type | Initial situation | Main goal | Participants aim |
|------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| I. Persuasion | conflict of opinions | resolve the issue | persuade the other |
| II. Negotiation | conflict of interests | make a deal | get the best for oneself |
| III. Inquiry | general ignorance | growth of knowledge | find a 'proof' |
| IV. Deliberation | need for action | reach a decision | influence outcome |
| V. Information seeking | personal ignorance | spread knowledge | gain or pass on personal knowledge |
| VI. Eristics | conflict/ antagonism | reaching an accommodation | strike the other party |
| VII. Mixed | various | various | various |

Determinando el tipo de diálogo



Conclusiones

- Como se ve en el ejemplo del dilema del prisionero, **la solución más "razonable" no siempre es intuitiva**, por eso es necesario llevar a cabo un **proceso de razonamiento**.
- **El proceso de asignación de bienes en una subasta o licitación es muy simple** y no permite nada más que eso, además de que son susceptibles a manipulación.

Conclusiones

- **La teoría de juegos asume que es posible caracterizar las preferencias de un agente con respecto a las posibles salidas. Sin embargo, los humanos encuentran extremadamente difícil definir consistentemente sus preferencias sobre los resultados.**
- **La mayoría de las técnicas de negociación de la teoría de juegos tienden a asumir la disponibilidad de recursos computacionales infinitos para encontrar una solución óptima.**