

Trading Agent Competition: strategie di agente

rapporto di ricerca CS-2003-16, novembre 2003

Francesco Dalla Libera - Elisa Squizzato

Dipartimento di Informatica, Università Ca' Foscari di Venezia

Abstract

Le aste sono un metodo molto popolare per fare transazioni di business sulla rete Internet. In questo lavoro si presenta innanzitutto un ambiente virtuale (TAC) per sperimentare e confrontare tra loro diverse strategie di competizione per agenti software su alcuni ben noti tipi di asta. L'ambiente TAC simula un ambiente di agenzie viaggio in cui si devono soddisfare richieste dei clienti per un medesimo tipo di viaggio turistico. Vengono in seguito presentate alcune linee di condotta per la partecipazione a queste aste e per l'allocazione finale delle risorse vinte. Infine si analizzano i comportamenti di alcuni agenti che negli ultimi anni hanno partecipato con successo alle diverse competizioni TAC.

1. Lo scenario del gioco

La gara gestita dalla Trading Agent Competition [4,5,12] prevede che agenti software appositamente creati siano in grado di presentare automaticamente le loro offerte in diversi tipi di aste online per diversi tipi di beni tra loro correlati. L'agente software interpreta il ruolo di un agente di viaggi con il compito di organizzare un pacchetto turistico per otto clienti.

All'inizio di ogni gioco ogni agente riceve dai suoi otto clienti la richiesta di un viaggio da TACTown a Tampa della durata massima di cinque giorni con le preferenze per quanto riguarda il periodo dell'anno in cui effettuare il viaggio, l'hotel in cui dormire e i luoghi da visitare.

Il compito dell'agente è quello di riuscire ad assemblare, partecipando a tre diverse aste, dei pacchetti turistici per i suoi clienti in accordo alle loro preferenze individuali.

Un pacchetto turistico valido è costituito da:

- un volo aereo di andata e ritorno;
- la prenotazione di una stanza d'albergo per tutta la durata del viaggio;
- alcuni biglietti per l'ingresso a luoghi di intrattenimento.

L'agente deve quindi assicurarsi che il cliente abbia una camera d'albergo a partire dalla notte dell'arrivo a Tampa fino alla notte prima della partenza e che le date dei biglietti per gli eventi corrispondano al periodo di vacanza del cliente.

E' bene sottolineare che l'obiettivo effettivo dell'agente è massimizzare la soddisfazione dei clienti, calcolata come somma delle utilità che l'agente riesce a procurare per ciascuno di essi nei vari mercati del TAC. L'utilità del cliente aumenta con l'assegnamento di biglietti per eventi che soddisfino le sue preferenze iniziali. Infatti procurare i biglietti aerei e prenotare una stanza d'albergo è la condizione iniziale perché un pacchetto turistico sia valido. Ma è proprio l'assegnare ai clienti i biglietti di divertimento più vicini alle preferenze che fa aumentare il livello di soddisfazione del cliente.

Tutti e tre i tipi di beni (volo aereo, stanze d'albergo e biglietti) vengono venduti all'asta, precisamente in 3 tipi di aste corrispondenti a 3 diversi mercati, ciascuno con regole di funzionamento ben definite.

In tutto ci sono 28 aste, una per ogni combinazione di tipo di bene e giorno:

- 8 aste per i voli (non ci sono voli di ritorno per il giorno 1 né voli di andata per il giorno 5),
- 8 per gli hotel (2 tipi di hotel e 4 notti),
- 12 per gli eventi di divertimento (3 tipi di divertimenti e 4 notti).

Tutte le aste si svolgono simultaneamente presso un medesimo server.

La figura n.1 mostra l'ambiente nel quale un agente del TAC si trova ad operare: nella parte sinistra ci sono gli otto clienti, nella parte centrale i sette agenti contro i quali l'agente si trova a competere per i pacchetti turistici, a destra le aste a cui deve partecipare.

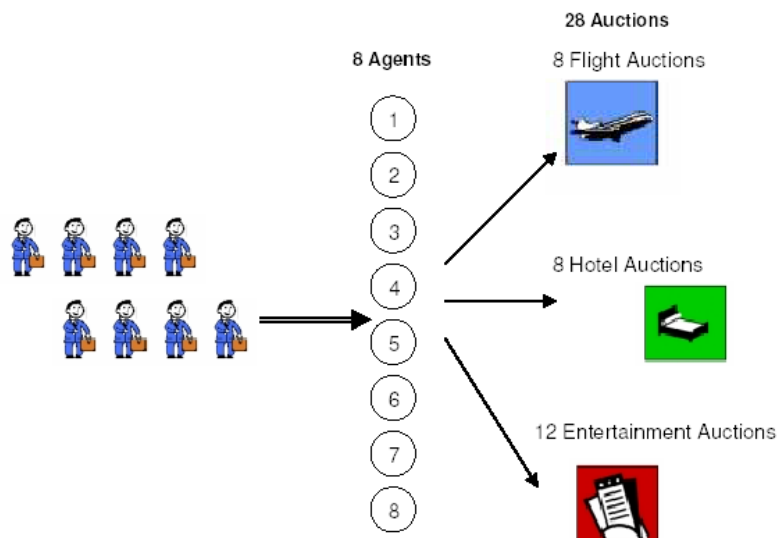


Figura 1: Ambiente nel quale un agente si trova ad operare

1.1. Voli

TACair è l'unica compagnia aerea che effettua voli da TACTown a Tampa, con un volo di andata e di ritorno al giorno. Il numero di biglietti venduti dal TAC *seller* nelle varie sessioni d'asta è illimitato. Agli agenti non è permesso né vendere, né scambiare biglietti con gli altri agenti.

Dal momento che tutti i clienti devono rimanere a Tampa almeno per una notte, non ci sono voli di andata nell'ultimo giorno né voli di ritorno nel primo giorno. Le aste per i voli rimangono attive per tutta la durata del gioco. L'agente che fa un'offerta vincente, non paga ciò che ha offerto ma il prezzo corrente richiesto.

Per rappresentare al meglio la situazione reale in cui all'interno di un medesimo volo sono presenti posti a prezzi diversi, l'agente di TACair annuncia i prezzi base dei biglietti in accordo ad una funzione stocastica, in modo da presentare valori sempre diversi, "a priori" non noti.

Ogni offerta che superi il prezzo richiesto dall'asta viene immediatamente soddisfatta al prezzo corrente dell'asta. Offerte inferiori rimangono nel sistema in una lista di *standing bid* fino a quando l'asta non offra voli ad un prezzo uguale o inferiore. In generale il prezzo di un biglietto è funzione della tempestività dell'offerta: prima si compra, meno si paga.

Il processo di "calcolo" dei prezzi base è il seguente:

- i prezzi dei voli partono da un valore iniziale compreso tra 250\$ e 400\$;
- il server sceglie un valore limite **b** compreso tra 10 e 90 per ogni asta di voli;
- ogni 24-32 secondi il prezzo dei voli varia assumendo valori compresi nell'intervallo -10 e $x(t)$, dove t è il tempo in millisecondi dall'inizio del gioco e $x(t) = 10 + (t / 720000) * (b - 10)$ [N.B. 720000 è il numero totale di millisecondi di durata di un gioco, cioè 12 minuti];
- i prezzi dei voli alla fine si troveranno nell'intervallo \$150, \$800.

1.2. Hotel

Ci sono 2 hotel a Tampa: il Tampa Towers (T) e il Shoreline Shanties (S). Il primo è migliore del secondo: più confortevole, più comodo, circondato da un paesaggio molto piacevole e, ovviamente, più costoso. La simulazione mette un limite alle camere disponibili che sono in tutto 16 per ciascun albergo

Le aste che offrono stanze d'albergo sono aste inglesi ascendenti, multiunit¹ e *mth-price*².

Vi è un'asta per ogni combinazione di hotel e notte; non c'è un'offerta minima, né massima per entrambe i tipi di hotel, anche se la scelta del Tampa Towers comporta un prezzo maggiore.

¹ in un'asta multiunit sono disponibili m unità di un bene.

² in un'asta *mth-price* gli offerenti che inviano le prime m offerte vincono le m stanze, tutte al prezzo dell' m -esima offerta.

I proprietari degli alberghi inviano una richiesta per occupare tutte le 16 stanze. Il prezzo effettivamente richiesto, che indica il minimo prezzo da pagare per potersi aggiudicare le stanze, viene calcolato in base a tutte le offerte ricevute dagli agenti, come il prezzo della 16° offerta ricevuta a partire dall'ultima.

Ad esempio se le offerte ricevute sono:

- $\{(-16, \$0)\}^3, \{(6, \$6), (2, \$4), (4, \$8)\}$

il prezzo richiesto sarà 0\$ in quanto non sono state richieste un minimo di 16 stanze.

Se invece le offerte sono:

- $\{(-16, 0)\}, \{(6, \$6), (2, \$4), (4, \$8)\}, (7, \$10)$

il prezzo richiesto sarà pari a 6\$.

Quando gli agenti sottomettono nuove offerte devono sempre offrire un valore superiore al prezzo correntemente fissato; le offerte fatte non possono più essere annullate.

Quando un'asta per gli hotel chiude, vengono identificate le sedici stanze comprate col prezzo più alto, e gli agenti pagano il prezzo richiesto. Ad esempio, se al momento del *clearing*⁴ sono presenti le seguenti offerte:

- Venditore: $\{(-16, \$0)\}$
- Agente 1: $\{(8, \$2)\}$
- Agente 2: $\{(6, \$6), (2, \$4)\}$
- Agente 3: $\{(4, \$8)\}$
- Agente 4: $\{(7, \$10)\}$

L'Agente 4 vincerà sette stanze, l'Agente 3 quattro stanze, l'Agente 2 cinque stanze e l'Agente 1 non otterrà alcuna stanza. Il prezzo di tutte le stanze sarà di 6\$.

1.3. Divertimenti

All'inizio di una gara, ad ogni agente di viaggi vengono assegnati alcuni biglietti per assistere a tre eventi di divertimento, rispettivamente D_1 , D_2 e D_3 .

Per ogni evento sono disponibili 8 biglietti al giorno e ogni agente ne riceve 12 così partizionati:

4 per il giorno 1 o 4, 4 per il giorno 2 o 3; 2 per un evento diverso da quelli precedenti per il giorno 1 o 4; 2 per un evento diverso da quelli precedenti per il giorno 2 o 3.

³ Le offerte dagli agenti sono nella forma *discrete demand schedules*, coppie di valori indicanti quantità e prezzo racchiusi tra parentesi graffe:“

$\{(Q_1, P_1), \dots, (Q_N, P_N)\}$ ”, dove Q_i indica la quantità e P_n il prezzo

Data la coppia (Q_i, P_i)

se $Q_i > 0$, significa che un agente ha intenzione di comprare Q_i unità di un certo bene per non più di P_i dollari per unità.

se $Q_i < 0$, significa che un agente ha intenzione di vendere $|Q_i|$ unità di un certo bene al prezzo di P_i o maggiore.

Ad esempio un agente che invia al server l'offerta $\{(-2, \$40), (3, \$20), (1, \$10)\}$ desidera vendere 2 unità se il prezzo, per unità, è di 40\$ o superiore, comprare 3 unità se il prezzo è di 20\$ o minore e infine comprare un'altra unità (quindi 4 in tutto) se e solo se costa 10\$ o meno.

⁴ *Clearing*: fase di chiusura dell'asta, in cui vengono analizzate le offerte di un'asta e determinata quella vincente.

Diversamente dai due tipi di asta precedenti, questi biglietti non vengono venduti da un venditore, ma vengono scambiati tra gli agenti attraverso un'asta doppia continua⁵ che termina alla fine del gioco. Viene effettuata un'asta per ogni combinazione di notte-evento. Come per l'albergo, un cliente non può partecipare ad alcun evento nel giorno della partenza.

2. Il ciclo di vita del gioco

Il gioco si svolge attraverso una serie di regole e di fasi che l'agente deve rispettare e seguire. Vengono dapprima segnalate le preferenze dei suoi otto clienti (generate a caso dal server di sistema). L'agente deve poi iniziare a monitorare le aste per creare le offerte, al fine di competere con gli altri agenti in gioco per i beni richiesti. Alla fine del gioco il server calcola il punteggio finale di ogni agente a partire dal valore dei beni che questi hanno singolarmente ottenuto in relazione sia alle preferenze espresse dai clienti che al costo complessivo del pacchetto turistico assemblato.

2.1. Offerte alle aste

Nel sistema TAC tutti e tre i tipi di asta (volo, albergo, divertimenti) seguono il seguente protocollo:

- un agente sottopone un prezzo d'offerta per un certo prodotto;
- il server che gestisce le aste processa l'offerta, aggiorna i prezzi e li rende noti.

Ogni singola asta, poi, si basa su specifiche regole che precisano eventuali restrizioni sulle offerte ammissibili, quando, o in quali condizioni verrà proclamato il vincitore e la registrazione della transazione.

La seguente tabella riassume le caratteristiche tipiche delle tre aste.

VOLI	<ul style="list-style-type: none">• numero illimitato di biglietti• costo dei biglietti in parte noto• aste chiudono alla fine del gioco
HOTEL	<ul style="list-style-type: none">• numero finito di stanze• prezzo di ogni stanza non noto• aste soggette a casuali periodi di inattività
DIVERTIMENTI	<ul style="list-style-type: none">• asta doppia continua• aste chiudono alla fine del gioco

⁵ è un particolare tipo di asta comunemente utilizzato nei mercati finanziari; è detta "doppia" perché sia compratore che venditore possono sottoporre le offerte, "continua" in quanto ogni qualvolta riceve un'offerta compatibile il mercato *clears*.

2.2. Preferenze del cliente

All'inizio di ogni gara ogni agente chiede al server quali sono le richieste dei suoi 8 clienti e la propria assegnazione iniziale dei biglietti di divertimento. Queste informazioni vengono generate in maniera casuale in accordo a distribuzioni specificate come parte della definizione del gioco, rese note a tutti i concorrenti.

Le preferenze dei clienti consistono in:

- giorno ideali di partenza e di ritorno (GIP e GIR);
- “valore di prenotazione”, che indica il valore massimo (in dollari) che il cliente è disposto a pagare per pernottare presso l'hotel più confortevole (PH);
- alcuni “valori di prenotazione” per ogni tipo di divertimento (PD_1, PD_2, PD_3).

I giorni ideali di partenza e ritorno vengono generati per ogni cliente in modo che ogni coppia di giorni (ogni cliente deve stare come minimo due giorni a Tampa) sia ugualmente probabile. Data la natura di questa distribuzione, le notti a metà intervallo risultano essere le più richieste e quindi un fattore di particolare rilevanza nella strategia da attuare. I “valori di prenotazione” vengono scelti secondo una distribuzione uniforme, e variano tra 50\$ e 150\$ per l'hotel più confortevole e tra 0\$ e 200\$ per gli eventi di intrattenimento.

2.3. Funzione di utilità

Il punteggio finale di un agente, alla fine di un gioco, viene calcolato sommando le utilità ottenute e sottraendo i soldi spesi. La funzione di utilità per un cliente è una funzione del pacchetto turistico ottenuto in relazione alle sue preferenze. Se il pacchetto non è realizzabile, il cliente riceve zero utilità. Un pacchetto è realizzabile se il cliente sta a Tampa almeno una notte, dorme ogni notte di permanenza nello stesso albergo e partecipa ad almeno un evento per notte.

Un pacchetto turistico è caratterizzato da:

- un giorno di partenza e uno di arrivo (GP,GA);
- un tipo di hotel (T, S);
- biglietti di divertimento (D_1, D_2, D_3).

Dato un pacchetto realizzabile la tabella n.1 mostra come viene calcolata la funzione di utilità per un cliente:

Funzione di utilità = **1000 - TravelPenalty + HotelBonus + FunBonus**
dove
TravelPenalty = $100 * (|GA - GIA| + |GP - GIP|)$
HotelBonus = PH, se si tratta dell'hotel T, 0 altrimenti
FunBonus = somma di tutti i “valori di prenotazione” indicati dal cliente per ogni tipo di divertimento.

Tabella 1: funzione di utilità

3. Strategie generali di gioco degli agenti

E' difficile descrivere una strategia generale per l'ambiente TAC. Il problema principale sta nel fatto che esistono varie interdipendenze tra le fasi della simulazione. Ad esempio, esistono diversi tipi di aste (un volo non serve a nulla se non si ottiene una stanza d'albergo...), il tempo deve essere preso in considerazione (un cliente deve stare sempre nello stesso albergo per tutta la durata del suo viaggio). E' presente anche un livello di incertezza nel fare le offerte: i prezzi dei voli, ad esempio, iniziano con un valore casuale e cambiano di continuo in modo ancora casuale. Ci sono infine dei compromessi a volte da seguire: se un agente compra tutti i biglietti aerei all'inizio del gioco può non riuscire più a comperare le stanze d'albergo necessarie previste dalle date dei voli...

Un'altra decisione da prendere riguarda la scelta tra algoritmi greedy o ottimi [14]. E' noto che le soluzioni greedy sono veloci da trovare e facili da realizzare, ma sono spesso sub-ottime. Le soluzioni ottime, d'altra parte, risolvono problemi NP completi in tempo reale. Alcuni agenti, ad esempio, cercano di creare un pacchetto turistico completo, altri invece si dedicano solo ai voli e alle stanze d'albergo senza curarsi dei divertimenti, suddividendo così il problema generale in due sottoproblemi distinti. Un secondo esempio di questa dicotomia (greedy vs ottimo) è quella di soddisfare a turno tutte le richieste dei clienti (greedy) invece di prendere decisioni globali guardando a tutti i clienti insieme (ottimo)

Un'analisi condotta sui risultati della competizione tenuta nel 2001 [3] mostra che il comportamento di un agente dipende soprattutto dalla "tendenza al rischio" dei suoi avversari. Un agente "prudente" (*risk-averse*) compra alcuni biglietti aerei all'inizio del gioco e crea offerte per gli hotel a seconda delle situazioni del gioco. Questo agente è molto flessibile e si comporta bene quando la competizione si fa molto dura e i prezzi degli hotel sono alti. Al contrario un agente "spavaldo" (*risk-seeking*) compra tutti i biglietti aerei all'inizio del gioco e modifica raramente il pacchetto turistico per i suoi clienti durante il gioco. Questo agente ottiene buoni risultati in un ambiente in cui i prezzi degli hotel sono a buon mercato.

Quando i prezzi di un'asta per gli hotel crescono molto, un agente "prudente" tende a fermarsi e a rinunciare a quel bene; al contrario un agente "spavaldo" continua a creare offerte anche se il prezzo raggiunge cifre elevate

Le operazioni fondamentali che un agente deve compiere durante tutti i 12 minuti di gioco sono due:

1. Creazione delle offerte e partecipazione alle aste;
2. Assegnazione delle risorse vinte ai clienti.

Le operazioni 1) consentono agli agenti di entrare in possesso, tramite la competizione nelle singole aste, delle risorse richieste. Le operazioni 2), che possono essere effettuate sia durante che alla fine del gioco, consentono invece agli agenti di ottimizzare il punteggio finale soddisfacendo le preferenze espresse dai clienti.

Un agente lavora come segue: riceve dal server i parametri di gioco e, per ogni cliente, ne esamina le preferenze e costruisce le offerte per le relative aste. Dopo aver creato tutte le offerte contatta il server e le colloca. Ricontatterà in seguito il server per avere nuove informazioni aggiornate sulle aste. Se le precedenti offerte non sono state vincenti, le aggiorna e le rispedisce al server. Questo processo di creazione e di modifica delle offerte continua fino alla fine del gioco e fino alla chiusura di tutte le aste.

Nella tabella n.2 è riassunto il protocollo di comportamento di un agente.

(A) REPEAT
1. Riceve i prezzi di mercato dal server
2. Decide su quale bene fare l'offerta
3. Decide a quale prezzo fare l'offerta
4. Decide per quante volte fare l'offerta
5. Decide in che momento fare l'offerta
UNTIL GAME OVER
(B) Distribuisce i beni ai clienti

Tabella 2: operazioni effettuate da un agente in un TAC game

Se l'*ordine* con il quale queste decisioni vengono prese, il *cosa* comprare, *ogni quanto* comprare e *quanto* offrire sono operazioni che ogni agente può implementare in modalità differenti; il *quando* fare l'offerta, invece, viene dettato dalle regole che governano le diverse aste.

Come detto precedentemente, un agente, per soddisfare le richieste dei suoi clienti, deve "costruire" un pacchetto turistico inviando offerte vincenti nelle 2 aste simultanee, per gli alberghi e per i voli; può accontentare maggiormente i suoi clienti vendendo e comprando biglietti di divertimento per partecipare ai 3 diversi tipi di eventi.

3.1 Creazione delle offerte e partecipazione alle aste

a) Aste per le stanze d'albergo

Nelle aste del TAC l'offerta di voli è illimitata e il costo dei biglietti aerei può essere in parte previsto: comunque alla fine del gioco un agente può sempre ottenere i voli richiesti anche se probabilmente li dovrà pagare molto. Al contrario il numero di stanze d'albergo disponibili è finito e il loro costo non è noto. Di conseguenza vi è il rischio che un agente non riesca a procurarsi un numero di stanze d'albergo sufficienti a soddisfare le richieste di tutti i clienti; data la struttura dell'ambiente di simulazione, l'hotel è uno dei beni più importanti all'interno del pacchetto turistico, senza il quale lo stesso non è realizzabile: le stanze d'albergo risultano essere l'articolo più conteso durante una gara.

Come detto precedentemente le aste per gli hotel sono aste inglesi ascendenti, *multiunit* e *mth-price*, soggette a casuali periodi di chiusura che causano, a queste, lunghi

intervalli di inattività. Non vi è un prezzo massimo fisso per l'acquisto di una stanza d'albergo.

Nelle competizioni svolte durante le varie gare la maggior parte degli agenti, per quanto riguarda le stanze d'albergo, ha agito nel seguente modo:

- non hanno fatto offerte nei primi minuti di gioco, a meno che il prezzo
 - fosse da molto tempo invariato, implicando una vicina chiusura dell'asta
 - fosse molto basso
- nei momenti finali del gioco, nella cosiddetta "ora magica" hanno inviato le loro offerte: quella più aggressiva è risultata vincente.

I prezzi finali delle stanze d'albergo non solo sono sconosciuti, ma a volte salgono vertiginosamente come dimostra la figura n.2 [11].

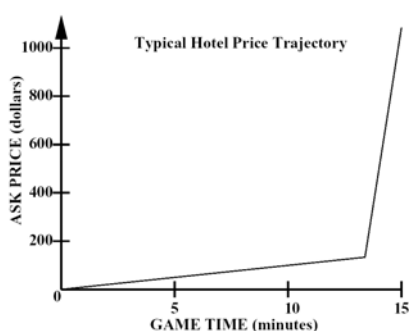


Figura 3: andamento dei prezzi degli hotel

Considerando il possesso di biglietti d'aereo o di eventi di divertimento come spese trascurabili, l'utilità di una prenotazione di una stanza d'albergo non ancora ottenuta, risulta essere di sostanziale importanza per il pacchetto stesso. Ciò vale, ovviamente, solo se un cliente desidera rimanere a Tampa solo una notte; se vuole stare più giorni l'agente deve assicurarsi di avere ottenuto le stanze per tutti gli altri giorni.

Durante la competizione tenuta nel luglio del 2000 [11] gli agenti che hanno dominato il gioco sono stati quei pochi che hanno offerto di più per la prenotazione di stanze d'albergo, ad esempio 1000\$, vincendo l'asta, ma pagando un prezzo molto più basso rispetto a quello offerto.

Nelle competizioni successive [4,13] si sono sviluppate invece strategie di predizione dei prezzi a partire dai giochi terminati in precedenza (approcci statistici o di *machine learning*).

b). Aste per i voli aerei

Le aste per l'aereo sono molto diverse da quelle dell'hotel. I prezzi dei voli si possono in parte prevedere: grazie al meccanismo utilizzato per determinare i prezzi, questi risultano essere periodicamente sempre gli stessi. E' stato dimostrato che, se le aste per i voli vengono considerate a parte, una strategia ottima è aspettare fino alla fine del gioco per comprare i biglietti, a meno che il prezzo richiesto non raggiunga il suo valore più basso [1].

Detto ciò nel TAC non vi è alcun motivo di fare un'offerta prima della "ora magica" in quanto, aspettando pochi secondi, si può sperare di ottenere qualche informazione sulla vincita o meno delle stanze d'albergo.

Questa strategia non è però senza rischi: a causa dell'imprevedibilità della rete come canale di comunicazione o di *delays* del server, le offerte fatte durante il gioco possono giungere a destinazione solo dopo che il gioco si è concluso, vanificando quindi la strategia adottata. Per far fronte a questi rischi molti agenti prima calcolano la durata dei loro cicli di offerta ed effettuano quindi le offerte per i voli in modo tale che il ciclo si concluda pochi secondi prima dello scadere del tempo di gioco.

c) Aste per i biglietti di intrattenimento

Le strategie di offerta degli agenti si diversificano sostanzialmente nelle aste che mettono in vendita biglietti di divertimento per i 3 tipi di eventi. Mentre alcuni agenti si concentrano nell'ottenere un pacchetto turistico completo per tutti gli 8 clienti, altri decidono di lottare nell'acquisizione solo dei voli e di stanze d'albergo tralasciando i biglietti di divertimento, accontentandosi dei soli biglietti assegnati all'inizio del gioco. Questa strategia *greedy* non sempre risulta essere ottimale: ad esempio può essere più vantaggioso prolungare la permanenza a Tampa per un cliente specialmente quando l'utilità che si ottiene, assegnando al cliente un biglietto per un evento, è maggiore del costo del biglietto stesso aumentato del costo (che può essere elevato) di una notte aggiuntiva all'hotel e delle eventuali penalità a cui si può incorrere. Allo stesso modo può risultare a volte preferibile vendere alcuni biglietti e accorciare di uno o più giorni il viaggio del cliente.

3.2 Assegnazione delle risorse vinte ai clienti

Una volta terminato l'ultimo ciclo di gioco un agente ha 4 minuti a disposizione per assegnare agli otto clienti il pacchetto turistico. Alcuni agenti, come detto precedentemente, effettuano questa operazione durante il gioco: man mano che entrano in possesso dei beni li distribuiscono ai clienti.

Ci sono diverse strategie: alcuni considerano i clienti ad uno ad uno e soddisfano le loro preferenze a turno (approccio *greedy*); altri, invece, cercano di considerare le esigenze di tutti i clienti contemporaneamente, assicurandosi così una migliore distribuzione delle risorse comprate e un miglior punteggio finale (approcci euristici o di programmazione lineare).

La prima soluzione, anche se molto più semplice della seconda, non è sempre ottima; ad esempio si possono considerare 2 clienti, A e B, con uguali preferenze per quanto riguarda il giorno di partenza e di arrivo e l'hotel, ma diverse per gli eventi di divertimento:

- A è disposto a pagare: 90\$ per D1, 80\$ per D2 e 70\$ per D3
- B è disposto a pagare per D1 175\$, per D2 150\$ e per D3 125\$.

Supponendo che entrambe i clienti si trovino a Tampa la stessa sera e che, proprio per quella sera, un biglietto per ogni tipo di divertimento sia in vendita con un prezzo di 50\$, l'agente che considera prima A e poi B assegnerà ad A il biglietto per D1, a B quello

per D2 ottenendo una utilità totale pari a $140\$ [(90+150)\$ - (50 * 2)\$]$ ⁶. Se invece avesse assegnato ad A il biglietto per D2 e a B quello per D1, l'utilità sarebbe stata maggiore.

4. Alcuni esempi concreti

Vengono ora presentate le strategie di funzionamento di alcuni agenti che hanno partecipato in questi ultimi anni con successo alle diverse competizioni TAC [3, 11]. I criteri di presentazione seguono le diverse strategie sviluppate sia nel campo delle aste e della formazione delle offerte sia nel campo della allocazione finale dei beni vinti tra i clienti dell'agente.

4.1 Strategie semplici ed ingenue (a fini didattici)

LosierAgent & MediocreAgent

Questi agenti [6,10] sono stati sviluppati come esempi da poter studiare e utilizzare nelle prime esperienze di gioco.

Le strategie che implementano sono semplici e ingenue. Il comportamento degli agenti può essere pilotato settando opportunamente un insieme di parametri presenti su di un file di configurazione iniziale.

Questi parametri riguardano:

- quando fare le offerte nelle aste degli hotel;
- quanto offrire in più rispetto al prezzo richiesto dall'asta;
- il prezzo più alto che si è disposti a offrire per ogni tipo di bene;
- il prezzo di vendita dei biglietti di divertimento.
- quanto *aggressivamente* creare offerte per le stanze d'albergo;

Alla fine del gioco gli agenti distribuiscono i beni vinti ai clienti in modalità greedy.

4.2 Strategie con tecniche di previsione statistica

UmbcTAC

L'agente, sviluppato presso l'University of Maryland [1,11], ha partecipato a diverse competizioni con successo. L'agente fa molta attenzione al carico della rete: durante le competizioni si è distinto proprio per l'aver dato importanza all'imprevedibilità della rete come canale di comunicazione; infatti, grazie a questo, è stato l'agente che è riuscito ad ottenere più aggiornamenti dal server sullo stato delle aste. UmbcTAC analizza con attenzione le preferenze dei suoi clienti e cerca di assemblare un pacchetto turistico solamente per i clienti "più vantaggiosi per lui", non a priori per tutti gli otto clienti.

⁶ Si ricordi la funzione di utilità presentata in precedenza

Il suo comportamento nelle diverse aste è il seguente.

Voli: l'agente offre un prezzo molto più alto del prezzo richiesto dall'asta per assicurarsi che il suo cliente abbia comunque il biglietto.

Hotel: l'agente fa un'offerta pari al valore richiesto dall'asta aumentato di un incremento dedotto dalla storia dell'asta. Nella cosiddetta "ora magica" UmbcTAC crea un'offerta ad un prezzo che fa risultare l'utilità finale del cliente uguale a zero. UmbcTAC si protegge dalla possibilità che le aste chiudano inviando in continuazione le offerte al server.

Divertimenti: l'agente compra un biglietto ad un suo cliente solo se gli risulta essere utile (se il cliente è in città la sera di validità del biglietto e se è senza quel tipo di divertimento per quella notte). UmbcTAC compra quello che il cliente preferisce di più (quello che ha associato un "valore di prenotazione" molto alto), al prezzo richiesto dal mercato. Ogni altro biglietto in suo possesso viene venduto all'asta ad un prezzo calcolato come media dei "valori di prenotazione" di tutti i suoi clienti.

Distribuzione delle risorse: alla fine del gioco UmbcTAC distribuisce in maniera *greedy* i voli e le stanze d'albergo comprate ai suoi clienti. Se le richieste di un cliente non possono essere del tutto soddisfatte, tutti i beni vengono rilasciati e resi disponibili agli altri clienti. Anche i biglietti di divertimento vengono distribuiti in maniera *greedy*: UmbcTAC comincia con l'assegnare un biglietto di divertimento al cliente che ha manifestato la più alta preferenza per quel tipo di biglietto.

UmbcTAC gestisce inoltre i ritardi della rete: Quando quest'ultimi risultano essere molto lunghi l'agente diventa più aggressivo, offrendo prezzi molto alti e inviando le offerte nelle aste dei voli nei primi minuti di gioco.

RoxyBot

L'agente [7,14] si è classificato nelle prime posizioni nella prima competizione. E' stato uno dei primi agenti ad aver affrontato con attenzione il problema della allocazione delle risorse.

Nella fase finale di *allocation* assegna con una particolare euristica ai clienti i beni comprati in modo tale da massimizzare l'utilità finale a ciascuno di essi.

Nella fase invece di *completion*, determina quanti e quali beni comprare o vendere dati quelli di cui è già in possesso, le preferenze dei clienti e i prezzi dei mercati del TAC. Il cuore dell'algoritmo sta nello stimare i prezzi definitivi e calcolare le utilità marginali. In questa fase usa una originale struttura dati (denominata *priceline*) per mantenere la storia dei prezzi e delle loro variazioni, in modo da poter velocemente stimare i prezzi da offrire.

4.3 Strategie di predizione con *machine learning*

ATTac

L'aspetto chiave di ogni asta è conoscere (o prevedere) i prezzi dei beni; ATTac [8] calcola i possibili prezzi di chiusura di ogni asta, utilizzando una tecnica di *machine*

learning: si analizzano informazioni ottenute dal passato, dai giochi conclusi in precedenza, per creare le nuove offerte.

Risolve inoltre globalmente il problema della allocazione dei beni vinti all'asta con un algoritmo di programmazione lineare.

Voli: ATTac crea le sue offerte analizzando, prima di tutto, costi e benefici; se il costo di un biglietto aereo, ritardandone l'acquisto, supera il beneficio che da tale biglietto può ottenere crea allora l'offerta immediatamente. Se negli scenari futuri ipotizzati risulta ottimale comprare tutti i voli, non vi è alcun motivo di rinviare l'acquisto e i biglietti vengono comprati immediatamente; se, invece, ci sono situazioni in cui un biglietto aereo venga venduto ad un prezzo migliore, l'offerta viene ritardata. Il vantaggio ottenuto da ATTac nel rimandare l'acquisto di biglietti aerei è quello di ottenere utili informazioni sulle stanze d'albergo.

Hotel: ATTac utilizza tecniche di *machine learning* per valutare i prezzi degli hotel a partire dai valori che si sono ottenuti nelle prove passate. I prezzi degli hotel sono fortemente influenzati da fattori quali la chiusura casuale delle aste, il comportamento degli agenti concorrenti, i minuti che mancano alla fine del gioco, le preferenze espresse dai clienti. Per questo motivo prevedere i reali prezzi di chiusura delle aste è difficile. ATTac considera i prezzi finali una variabile casuale che varia a seconda dello stato del gioco. La sua strategia mira a prevedere un insieme di valori di queste variabili, memorizzarle e creare in seguito le sue offerte.

Divertimenti: per ogni cliente ATTac calcola il vantaggio che può ottenere assegnando loro il numero di biglietti richiesti, una quantità superiore o inferiore.

4.4 Strategie Adattive

SouthamptonTAC

SouthamptonTAC [9] è un agente adattivo, la cui strategia varia in base a come variano momento per momento i mercati del TAC. L'agente dinamicamente cambia la sua strategia d'offerta in accordo alle sue valutazioni sul tipo di ambiente in cui si trova ad operare. Sono stati identificati 3 tipi di ambiente:

1. Ambiente molto competitivo: i prezzi delle stanze d'albergo sono molto alti. Questo perché (a) gli agenti creano offerte molto alte; (b) gli agenti insistono nell'offrire anche se i prezzi richiesti sono molto alti; (c) molti agenti creano prezzi d'offerta non gradualmente. In questa situazione è utile provare a prevedere i prezzi degli hotel.
2. Ambiente competitivo: vi è competizione ma non molto dura, i prezzi sono medi.
3. Ambiente poco competitivo: non vi è competizione per gli hotel, un agente può ottenere le stanze ad un prezzo basso. In questa situazione la migliore strategia è comprare tutti i biglietti dei voli all'inizio del gioco, dal momento che gli agenti possono comprare le stanze d'albergo al prezzo che vogliono.

Le diverse attività che svolge l'agente sono eseguite da alcuni processi autonomi che comunicano tra loro e con il server TAC. (vedi Figura 3). Vengono periodicamente e continuamente recuperate informazioni sullo stato delle aste (prezzi dei voli e degli

hotel, beni vinti o che potrebbe vincere). Queste informazioni sono usate per calcolare la distribuzione ottimale dei beni tra i clienti usando tecniche di programmazione lineare.

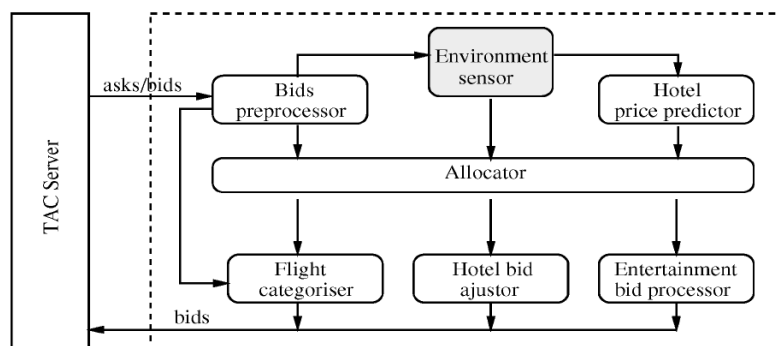


Figura 3: architettura di SouthamptonTAC

A partire da questo risultato si procede separatamente alla gestione delle offerte successive per ogni tipo di bene. Interessante è la modalità di previsione (tramite tecniche di ragionamento fuzzy) dei prezzi degli hotel.

Tutta la modalità di lavoro è pilotata dalla valutazione dell'ambiente che consente di adattare alla situazione corrente la strategia dell'agente.

8. Conclusioni

L'ambiente virtuale TAC (Trading Agent Competition) si è dimostrato in questi ultimi anni un banco di prova stimolante ed efficace per la sperimentazione di nuove strategie di competizione automatica secondo il modello di business delle aste on-line. A partire da semplici e intuitivi comportamenti di un agente facilmente parametrizzabili si sono sviluppate nel tempo strategie sempre più avanzate e sofisticate per prevedere un prezzo che varia dinamicamente, per assemblare il pacchetto turistico finale a partire da una serie di beni ottenuti con competizioni per specifici componenti turistici (volo, albergo, divertimenti). Ovviamente le strategie vincenti sono costruite ad hoc per il modello del gioco, anche se l'intenzione dei progettisti TAC era quella di creare un *testbed* che servisse a generalizzare strategie dinamiche automatiche. Comunque si è visto che un certo numero di specificità sono estraibili dal contesto particolare e applicabili in situazioni del mondo reale. Ad esempio la capacità di un agente di sapersi adattare ai cambiamenti delle situazioni di competizione in cui si venisse di volta in volta a trovare. Per concludere non si può non tacere il fatto che i dati delle singole competizioni TAC offrono un insieme ricco e espressivo di informazioni utili da analizzarsi dal punto di vista delle interazioni tra agenti autonomi.

Bibliografia

I *links* presenti sono stati verificati in data 30.10.2003.

[1] A.GREENWALD, P.STONE, *Autonomous Bidding Agents in the Trading Agent Competition*, IEEE Internet Computing, vol.5, n° 2, Mar./Apr. 2001, pp.52-60.
<<http://citeseer.nj.nec.com/409730.html>>

[2] TAC TEAM, *Designing the Market game for a Trading Agent Competition*, IEEE Internet Computing, vol.5, n° 2, Mar./Apr. 2001, pp.43-51.
<<http://citeseer.nj.nec.com/context/1744824/0>>

[3] M.P.WELLMAN, A.GREENWALD, P.STONE, P.R.WURMAN, *The 2001 Trading Agent Competition*, Fourteenth Annual Conference on Innovative Applications of Artificial Intelligence (IAAI-02).
<<http://citeseer.nj.nec.com/wellman00trading.html>>

[4] *Welcome To Trading Agent Competition, Competitive Benchmarking for The Trading Agent Community*
<<http://www.sics.se/TAC>>

[5] M.P. WELLMAN, P.R. WURMAN, *A Trading Agent Competition for the Research Community*, IJCAI-99 Workshop on Agent-Mediated Electronic Trading, Aug.1999.
<<http://citeseer.nj.nec.com/wellman99trading.html>>

[6] Z.NAIMA, *An investigation of Agents in the Trading Agent Competition and their desired knowledge*, February 2003.
<<http://www.cs.uu.nl/groups/IS/studprojects/zoundri.pdf>>

[7] A.GREENWALD, J.BOYAN, *Bid Determination in Simultaneous Auctions, A Case Study*, EC-01 October 2001.
<<http://citeseer.nj.nec.com/greenwald01bid.html>>

[8] P. STONE, R.E. SCHAPIRE, J.A. CSIRIK, M.L. LITTMAN, D.MCALLESTER, *ATTac-2001: A Learning, Autonomous Bidding Agent*, Workshop on Agent Mediated Electronic Commerce IV: Designing Mechanisms and Systems, 2002.
<<http://www.csirik.net/ATTac2001.pdf>>

[9] M. HE, N. R. JENNINGS, *SouthamptonTAC: An Adaptive Autonomous Trading Agent*, ACM Transaction on Internet Technology, volo.3 n.3, august 2003, pp. 218-235.
<<http://www.ecs.soton.ac.uk/~nrj/download-files/TOIT-minghua.pdf>>

[10] S. BLACK *The MediocreAgent trading strategy*
<<http://www.cs.mu.oz.au/~scv/tac/mediocrestrategy.html>>

[11] P.STONE, A.GREENWALD, *The First International Trading Agent Competition: Autonomous Bidding Agents*, 2000.

<<http://citeseer.nj.nec.com/stone00first.html>>

[12] *TAC Trading Agent Competition*

<<http://tac.eecs.umich.edu>>

[13] J.ERIKSONN and S.JANSON, *The Trading Agent Competition - TAC 2002* *ERCIM News*, 51, October 2002.

<<http://www.sics.se/%7esverker/public/papers/eriksson02tac02.pdf>>

[14] A.GREENWALD, *The International Trading Agent Competition: Focus on RoxyBot*, *Computing Research News*, Vol. 14, No. 5, pp. 3, 10, November 2002.

<<http://www.cra.org/CRN/articles/nov02/greenwald.html>>