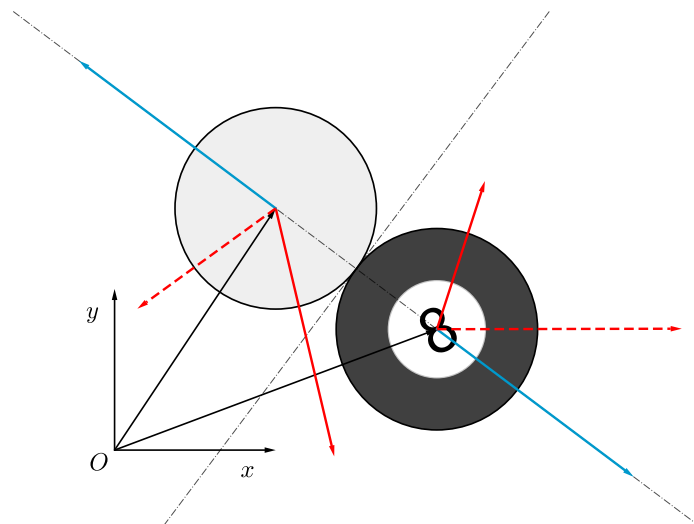




UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PISA

SCUOLA DI INGEGNERIA
Laurea Magistrale in Ingegneria Robotica e dell'Automazione
Real Time Systems



Pool Game

Roberto Mauceri - 467809
rob_mau@hotmail.it

Anno Accademico 2018/2019

Indice

1	Introduzione	2
2	Modello matematico	2
	2.1 Il sistema	2
	2.2 Le interazioni	2
3	Interfaccia utente	9
4	Task e risorse condivise	11

1 Introduzione

Il presente lavoro si pone come obiettivo la realizzazione di un programma interattivo che simuli la meccanica del gioco del biliardo. Il giocatore, posizionando opportunamente il puntatore del mouse all'interno della finestra di gioco, può imprimere alla bilia battente una velocità di intensità, direzione e verso arbitrari (entro certi range).

L'interfaccia utente, tramite l'uso di pulsanti cliccabili, permette inoltre di modificare alcuni parametri fisici che caratterizzano la dinamica del sistema, riavviare o terminare il gioco in un qualsiasi momento, attivare o disattivare la modalità "mirino".

Questa modalità, quando attiva, rende visibile la traiettoria che la bilia battente seguirà fin quando non colliderà con un'altra bilia o, se tale evento non avviene, finché non andrà in buca o arresterà il suo moto.

2 Modello matematico

Il modello matematico usato per descrivere la fisica del problema adotta alcune ipotesi semplificative che andranno a caratterizzare sia gli elementi costituenti il sistema, sia le interazioni che si instaurano tra di essi. L'ipotesi di partenza è quella di utilizzare un modello *bidimensionale*: tutti i corpi e i loro corrispettivi moti appartengono ad uno stesso piano. Questo piano è assunto essere perfettamente *orizzontale* (la forza di gravità non compie lavoro).

2.1 Il sistema

Il sistema in esame è costituito essenzialmente da tre tipi di elementi: le bilie, il tavolo e le sponde. Le loro caratteristiche sono le seguenti:

- **bilia**: corpo rigido omogeneo di massa m e di forma circolare con raggio r . Tali parametri sono identici per tutte le bilie.
- **tavolo**: corpo rigido di forma rettangolare.
- **sponda**: corpo rigido di forma rettilinea. Ciascuna sponda è un segmento che si sovrappone ad uno dei lati dell'elemento tavolo.

Gli elementi tavolo e sponde costituiscono insieme il telaio del sistema meccanico, rappresentano cioè un corpo la cui massa è talmente grande (se paragonata a quella degli altri corpi) da potersi ritenere, ai fini pratici, "infinita". Le forze che agiscono su di esso, dunque, non alterano il suo stato di quiete.

2.2 Le interazioni

Tutti gli elementi del sistema si scambiano forze esclusivamente tramite *contatto diretto*. I contatti avvengono tra due elementi per volta, non è cioè presa in considerazione l'eventualità di avere tre o più elementi simultaneamente in contatto tra loro. I contatti d'interesse si riducono a tre possibili casi, dettagliatamente analizzati nel seguito.

urto bidimensionale: dischi rigidi di masse differenti

L'urto tra due dischi verrà descritto tramite l'uso di forze di *carattere impulsivo*, ovvero forze agenti sul corpo per un intervallo di tempo infinitesimo con un'intensità idealmente infinita. Ciò implica che in un lasso di tempo infinitamente piccolo il vettore velocità subirà una variazione finita (in modulo e/o direzione), mentre il vettore posizione rimarrà inalterato. Questo approccio consente inoltre di trascurare l'azione delle forze di intensità più modesta (e.g. forze d'attrito nel contatto bilia-tavolo). Sul sistema costituito dai due dischi agiscono quindi solo forze interne (quelle dovute all'urto) ed è lecito applicare le leggi di conservazione della quantità di moto e del momento angolare. Ammettendo inoltre che gli urti siano elastici, anche l'energia meccanica del sistema si conserverà. Come ulteriore ipotesi semplificativa si assume che nell'urto la variazione di velocità angolare di ciascun disco sia nulla e non verrà quindi considerata. In formule:

$$m_1 (\vec{v}_{f,1} - \vec{v}_{i,1}) = - m_2 (\vec{v}_{f,2} - \vec{v}_{i,2}) \quad (1)$$

$$\vec{p}_1 \wedge m_1 (\vec{v}_{f,1} - \vec{v}_{i,1}) = - \vec{p}_2 \wedge m_2 (\vec{v}_{f,2} - \vec{v}_{i,2}) \quad (2)$$

$$\frac{1}{2} m_1 (\|\vec{v}_{f,1}\|^2 - \|\vec{v}_{i,1}\|^2) = - \frac{1}{2} m_2 (\|\vec{v}_{f,2}\|^2 - \|\vec{v}_{i,2}\|^2) \quad (3)$$

dove m , \vec{p} e \vec{v} sono, rispettivamente, la massa, il vettore posizione e il vettore velocità di ciascuno dei due corpi (contraddistinti dai numeri 1 e 2), mentre i pedici i e f rimandano ai termini *iniziale* e *finale*, ovvero fanno riferimento allo stato del corpo negli istanti di tempo immediatamente precedente e seguente l'urto. Nel caso delle grandezze massa e vettore posizione, poiché queste rimangono invariate, tali pedici sono omessi. Definisco:

$$\begin{aligned} \Delta \vec{q}_1 &\stackrel{\text{def}}{=} m_1 (\vec{v}_{f,1} - \vec{v}_{i,1}) \\ \Delta \vec{q}_2 &\stackrel{\text{def}}{=} m_2 (\vec{v}_{f,2} - \vec{v}_{i,2}) \end{aligned} \quad (4)$$

e sostituendo tali quantità in (1) e (2) ottengo le equazioni:

$$\begin{aligned} \Delta \vec{q}_1 &= - \Delta \vec{q}_2 \\ \vec{p}_1 \wedge \Delta \vec{q}_1 &= - \vec{p}_2 \wedge \Delta \vec{q}_2 \end{aligned} \quad (5)$$

tenendo conto della (5) posso riscrivere il sistema come:

$$\begin{aligned} \Delta \vec{q}_1 + \Delta \vec{q}_2 &= 0_v \\ (\vec{p}_2 - \vec{p}_1) \wedge \Delta \vec{q}_1 &= 0_v \\ (\vec{p}_2 - \vec{p}_1) \wedge \Delta \vec{q}_2 &= 0_v \end{aligned}$$

Da questo insieme di equazioni è possibile dedurre che $\Delta \vec{q}_1$ e $\Delta \vec{q}_2$ sono due vettori opposti e la loro direzione comune è individuata dalla retta congiungente i centri delle due bilie. Infatti il vettore $(\vec{p}_2 - \vec{p}_1)$, la cui retta d'azione è tale congiungente, risulta parallelo sia a $\Delta \vec{q}_1$, sia a $\Delta \vec{q}_2$.

Per risolvere completamente il problema bisogna valutare il vettore $\Delta \vec{q} \stackrel{\text{def}}{=} \Delta \vec{q}_1 = - \Delta \vec{q}_2$. Infatti dalle (4) discende che la soluzione, fornita in termini di velocità finali, è¹:

$$\begin{aligned} \vec{v}_{f,1} &= \vec{v}_{i,1} + \Delta \vec{q} / m_1 \\ \vec{v}_{f,2} &= \vec{v}_{i,2} - \Delta \vec{q} / m_2 \end{aligned}$$

¹ le masse e le velocità iniziali dei due corpi sono assunte note.

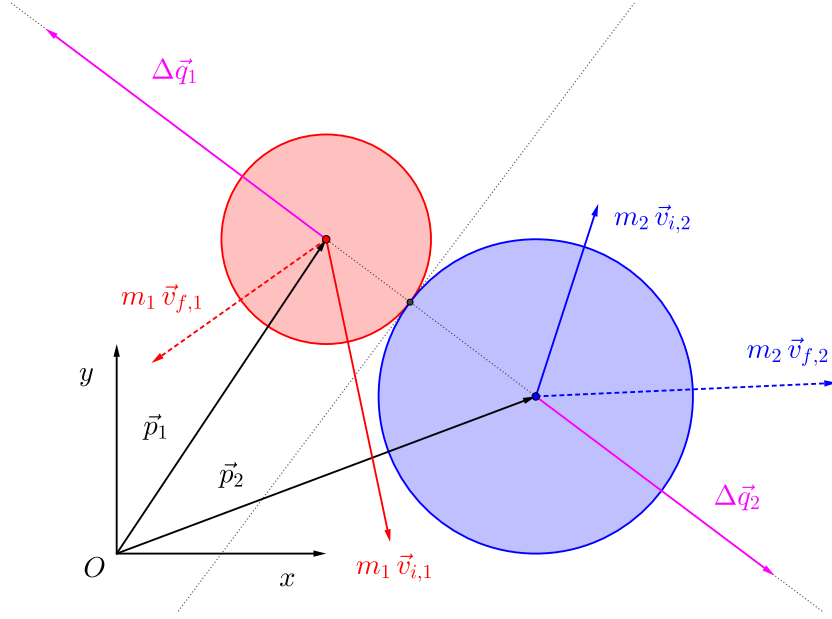


Figura 1: urto tra due dischi rigidi.

Occorre allora sfruttare l'equazione (3), che rappresenta la conservazione dell'energia. Prima di far ciò, allo scopo di ottenere una trattazione più semplice, si decompone additivamente ciascun vettore velocità in due componenti tra loro ortogonali. Una diretta lungo la congiungente i due centri e l'altra lungo la perpendicolare a quest'ultima. Tali componenti saranno contrassegnate dai simboli ad apice "||" per la componente parallela e " \perp " per la componente perpendicolare. Quindi:

$$\vec{v} = \vec{v}^{\parallel} + \vec{v}^{\perp} \quad \text{con} \quad \vec{v}^{\parallel} = \left(\vec{v} \cdot \frac{\vec{p}_2 - \vec{p}_1}{\|\vec{p}_2 - \vec{p}_1\|} \right) \frac{\vec{p}_2 - \vec{p}_1}{\|\vec{p}_2 - \vec{p}_1\|}$$

Poiché

$$\vec{v}^{\perp} \cdot \vec{v}^{\parallel} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \|\vec{v}\|^2 = \|\vec{v}^{\parallel}\|^2 + \|\vec{v}^{\perp}\|^2$$

l'equazione dell'energia si può scrivere come:

$$m_1 (\|\vec{v}_{f,1}^{\parallel}\|^2 + \|\vec{v}_{f,1}^{\perp}\|^2 - \|\vec{v}_{i,1}^{\parallel}\|^2 - \|\vec{v}_{i,1}^{\perp}\|^2) = -m_2 (\|\vec{v}_{f,2}^{\parallel}\|^2 + \|\vec{v}_{f,2}^{\perp}\|^2 - \|\vec{v}_{i,2}^{\parallel}\|^2 - \|\vec{v}_{i,2}^{\perp}\|^2)$$

Considerando che per ciascun corpo la variazione di velocità (parallela a $\Delta\vec{q}$ per la definizione (4)) è diretta lungo la congiungente i due centri, la componente della velocità perpendicolare a tale retta, per entrambi i dischi, rimane invariata dopo l'urto, ovvero:

$$\begin{aligned} \vec{v}_{f,1}^{\perp} &= \vec{v}_{i,1}^{\perp} \\ \vec{v}_{f,2}^{\perp} &= \vec{v}_{i,2}^{\perp} \end{aligned}$$

e l'equazione dell'energia si semplifica in:

$$\begin{aligned} m_1 (\|\vec{v}_{f,1}^{\parallel}\|^2 - \|\vec{v}_{i,1}^{\parallel}\|^2) &= -m_2 (\|\vec{v}_{f,2}^{\parallel}\|^2 - \|\vec{v}_{i,2}^{\parallel}\|^2) \\ \Updownarrow \\ m_1 (\vec{v}_{f,1}^{\parallel} - \vec{v}_{i,1}^{\parallel}) \cdot (\vec{v}_{f,1}^{\parallel} + \vec{v}_{i,1}^{\parallel}) &= -m_2 (\vec{v}_{f,2}^{\parallel} - \vec{v}_{i,2}^{\parallel}) \cdot (\vec{v}_{f,2}^{\parallel} + \vec{v}_{i,2}^{\parallel}) \end{aligned} \quad (6)$$

ricordando che:

$$\begin{aligned}\Delta\vec{q} &= m_1 (\vec{v}_{f,1} - \vec{v}_{i,1}) = m_1 (\vec{v}_{f,1}^{\parallel} - \vec{v}_{i,1}^{\parallel}) \\ -\Delta\vec{q} &= m_2 (\vec{v}_{f,2} - \vec{v}_{i,2}) = m_2 (\vec{v}_{f,2}^{\parallel} - \vec{v}_{i,2}^{\parallel})\end{aligned}$$

la (6) diventa:

$$\Delta\vec{q} \cdot (\Delta\vec{q}/m_1 + 2\vec{v}_{i,1}^{\parallel}) = \Delta\vec{q} \cdot (-\Delta\vec{q}/m_2 + 2\vec{v}_{i,2}^{\parallel})$$

e, poiché sono tutti vettori tra loro paralleli, posso scrivere:

$$\Delta\vec{q}/m_1 + 2\vec{v}_{i,1}^{\parallel} = -\Delta\vec{q}/m_2 + 2\vec{v}_{i,2}^{\parallel}$$

da cui:

$$\Delta\vec{q} = 2 \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (\vec{v}_{i,2}^{\parallel} - \vec{v}_{i,1}^{\parallel})$$

contatto bilia-bilia

L'urto bilia-bilia è un caso particolare dell'urto tra dischi analizzato in precedenza. In questo caso infatti, poiché le masse delle bilie sono tra loro identiche, si può porre $m_1 = m_2 = m$.

La prima informazione che ci forniscono le equazioni (1), (2), (3) è che il parametro m non caratterizza la soluzione del problema. Moltiplicando entrambi i membri di ciascuna equazione per il fattore $1/m$, il parametro m non appare più e la soluzione risulta quindi indipendente dal suo valore.

Definisco poi la quantità $\Delta\vec{v} \stackrel{\text{def}}{=} \Delta\vec{q}/m$ e sfruttando le formule risolutive ricavate nella precedente trattazione, applicando le opportune semplificazioni, ottengo come soluzione:

$$\begin{aligned}\Delta\vec{v} &= \vec{v}_{i,2}^{\parallel} - \vec{v}_{i,1}^{\parallel} \\ \vec{v}_{f,1} &= \vec{v}_{i,1} + \Delta\vec{v} = \vec{v}_{i,1}^{\perp} + \vec{v}_{i,2}^{\parallel} \\ \vec{v}_{f,2} &= \vec{v}_{i,2} - \Delta\vec{v} = \vec{v}_{i,2}^{\perp} + \vec{v}_{i,1}^{\parallel}\end{aligned}$$

Le ultime due equazioni sono particolarmente espressive in quanto ci forniscono una chiara interpretazione di ciò che avviene durante l'urto: le bilie conservano invariata la componente della velocità normale alla retta congiungente i centri e si "scambiano" la componente ad essa parallela. Quanto descritto è rappresentato in Figura 2.

contatto bilia-sponda

Anche l'urto bilia-sponda può essere ricondotto all'urto tra dischi se si immagina la sponda come un particolare "disco" i cui parametri massa m e raggio r hanno valori così grandi da potersi ritenere "infiniti". In tal caso la retta congiungente i due "centri" risulta essere la retta passante per il centro della bilia e perpendicolare alla sponda.

Denominando m_b la massa della bilia e m_s la massa della sponda, ottengo:

$$\begin{aligned}\Delta\vec{q} &= 2 \frac{m_b m_s}{m_b + m_s} (\vec{v}_{i,s}^{\parallel} - \vec{v}_{i,b}^{\parallel}) \\ \vec{v}_{f,b} &= \vec{v}_{i,b} + \Delta\vec{q}/m_b \\ \vec{v}_{f,s} &= \vec{v}_{i,s} - \Delta\vec{q}/m_s\end{aligned}$$

Definendo la quantità $\Delta\vec{v} \stackrel{\text{def}}{=} \Delta\vec{q}/m_b$, facendo tendere $m_s \rightarrow \infty$ e tenendo conto che $\vec{v}_{i,s} = 0_v$, le precedenti equazioni si semplificano in:

$$\begin{aligned}\Delta\vec{v} &= -2 \vec{v}_{i,b}^{\parallel} \\ \vec{v}_{f,b} &= \vec{v}_{i,b} + \Delta\vec{v} = \vec{v}_{i,b}^{\perp} - \vec{v}_{i,b}^{\parallel} \\ \vec{v}_{f,s} &= \vec{v}_{i,s} = 0_v\end{aligned}$$

Si nota che le equazioni, anche in questo caso, forniscono una chiara interpretazione del fenomeno: nell'urto la bilia mantiene invariata la componente di velocità parallela alla sponda e inverte la componente a questa perpendicolare ². Inoltre la soluzione non dipende dal valore della massa della bilia m_b .

Nel caso in cui la bilia urti lo spigolo di una buca le formule sono del tutto analoghe alle precedenti con la differenza che la retta congiungente i "centri" è ora la retta passante per il centro della bilia e per il punto che identifica lo spigolo stesso (lo spigolo è interpretato come una "disco" di massa infinita e raggio infinitesimo). Quanto descritto è rappresentato in Figura 3.

Volendo fornire all'utente la possibilità di variare la modalità di risposta all'urto della sponda, si modificano le precedenti formule introducendo il termine $\delta \in [0, 1]$:

$$\begin{aligned}\Delta\vec{v} &= -(2 - \delta) \vec{v}_{i,b}^{\parallel} \\ \vec{v}_{f,b} &= \vec{v}_{i,b} + \Delta\vec{v} = \vec{v}_{i,b}^{\perp} - (1 - \delta) \vec{v}_{i,b}^{\parallel}\end{aligned}$$

Quando $\delta = 0$, si torna al caso originale, ovvero di urto perfettamente elastico. Più δ si discosta da tale valore, più intenso sarà l'effetto smorzante esibito dalla sponda durante l'urto: la bilia verrà "restituita" con un quantitativo minore di energia. Quando $\delta = 1$, la bilia che impatta sulla sponda si vedrà annullare completamente la componente di velocità perpendicolare alla sponda stessa e si limiterà a scivolare lungo il suo bordo.

contatto bilia-tavolo

Negli intervalli di tempo tra un urto e il successivo, la bilia si muoverà in accordo con la prima equazione cardinale della dinamica $\vec{R}(t) = m \ddot{\vec{x}}(t)$, dove $\vec{R}(t)$ rappresenta la risultante delle forze esterne agenti sul corpo. Oltre alla forza di gravità e alla reazione vincolare esercitata dal tavolo (le quali si equilibrano in ogni istante), per tener conto degli effetti dissipativi indotti primariamente dall'attrito volvente che si origina nel

²la retta individuata dalla sponda è ortogonale alla retta congiungente i due "centri". Bisogna prestare attenzione al fatto che i simboli \parallel e \perp fanno riferimento a quest'ultima retta.

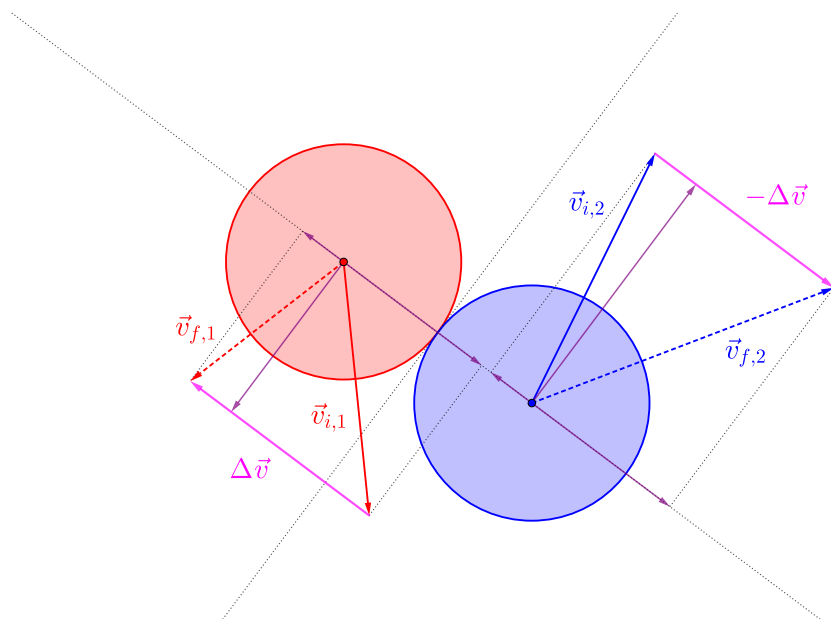


Figura 2: urto bilia-bilia.

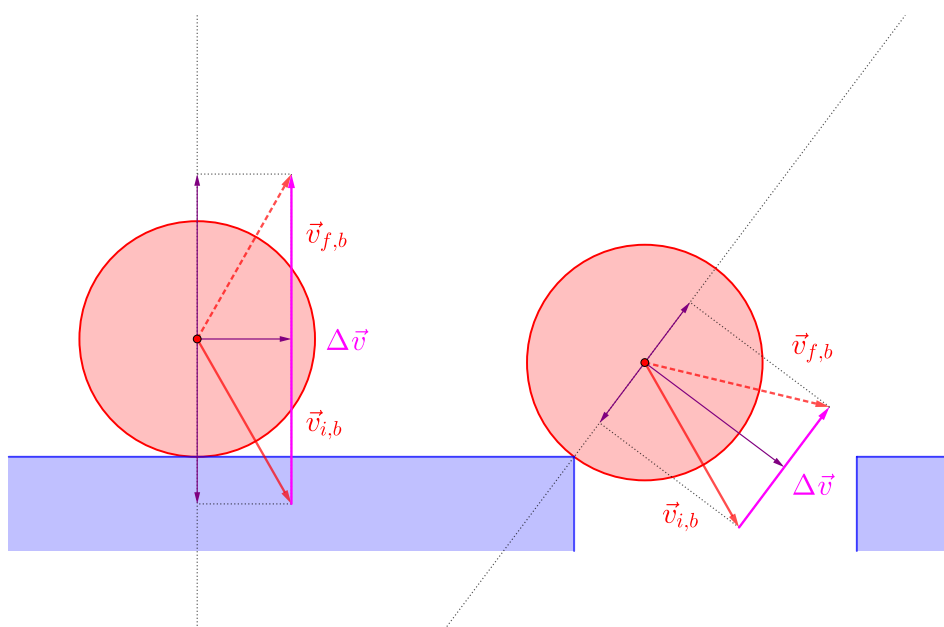


Figura 3: urto bilia-sponda.

contatto tra bilia e tavolo, si è supposta agire una forza di intensità costante e verso opposto al vettore velocità corrente (ciò equivale a dire che tale forza compie sempre lavoro resistente). La forza agisce solo se la palla è in movimento, ovvero quando il vettore velocità è non nullo. La prima cardinale assume la forma:

$$\begin{aligned}\ddot{\vec{x}}(t) &= \frac{\vec{R}(t)}{m} = \vec{a} & (\text{se } \dot{\vec{x}} \neq 0_v) \\ \ddot{\vec{x}}(t) &= 0_v & (\text{se } \dot{\vec{x}} = 0_v)\end{aligned}$$

dove \vec{a} è un vettore costante. Poiché i vettori accelerazione e velocità sono paralleli in ogni istante di tempo, il moto avviene lungo una traiettoria rettilinea. Quando la palla è in movimento, siamo perciò in presenza di un moto rettilineo uniformemente decelerato. Integrando due volte nel tempo la prima equazione e imponendo le condizioni iniziali $\dot{\vec{x}}(t_i) = \vec{v}_i$ e $\vec{x}(t_i) = \vec{p}_i$ si ottengono i valori di velocità e posizione ad un generico istante finale:

$$\begin{aligned}\vec{v}_f &= \dot{\vec{x}}(t_f) = \vec{v}_i + \vec{a}(t_f - t_i) \\ \vec{p}_f &= \vec{x}(t_f) = \vec{p}_i + \vec{v}_i(t_f - t_i) + \frac{1}{2}\vec{a}(t_f - t_i)^2\end{aligned}$$

Definendo poi le quantità $\Delta\vec{v} \stackrel{\text{def}}{=} \vec{v}_f - \vec{v}_i$, $\Delta\vec{p} \stackrel{\text{def}}{=} \vec{p}_f - \vec{p}_i$ e $\Delta t \stackrel{\text{def}}{=} t_f - t_i$ ottengo le seguenti equazioni:

$$\begin{aligned}\Delta\vec{v} &= \vec{a}\Delta t \\ \Delta\vec{p} &= \vec{v}_i\Delta t + \frac{1}{2}\vec{a}\Delta t^2 = \frac{[\vec{v}_i + (\vec{v}_i + \Delta\vec{v})]}{2}\Delta t\end{aligned}$$

Proiettando lungo la direzione del moto (di versore \hat{n}) ottengo delle equazioni scalari del tutto analoghe ($\Delta v \stackrel{\text{def}}{=} \Delta\vec{v} \cdot \hat{n}$, $\Delta p \stackrel{\text{def}}{=} \Delta\vec{p} \cdot \hat{n}$, $a \stackrel{\text{def}}{=} \vec{a} \cdot \hat{n}$, $v_i \stackrel{\text{def}}{=} \vec{v}_i \cdot \hat{n}$), la cui interpretazione grafica è visibile in Figura 4.

La prima evidenzia la relazione lineare esistente tra la variazione della velocità e la variazione del tempo: il parametro a rappresenta quindi la pendenza della retta mostrata in figura. La seconda mostra che la variazione della posizione è ottenuta come l'area di un trapezio avente per basi dei segmenti di lunghezza pari ai valori delle velocità iniziale e finale e per altezza un segmento di lunghezza pari alla variazione del tempo.

L'ampiezza della finestra temporale Δt verrà scelta di un valore costante e definirà il periodo del task periodico che gestirà l'algoritmo di aggiornamento dello stato (vettori posizione e velocità) di ciascuna bilia.

Da un punto di vista implementativo, poiché Δt ha un valore finito, bisogna sempre verificare che i valori di v_i e $v_i + \Delta v$ siano di segno concorde e, in caso contrario, arrestare l'algoritmo. Non operando in tempo continuo, la condizione $\dot{\vec{x}} = 0_v$ se $\dot{\vec{x}} = 0_v$, la quale avviene in un istante temporale ben preciso, viene "saltata" e come effetto si otterrebbe l'inversione del moto.

Il valore dell'accelerazione a sarà invece un parametro modificabile dall'utente attraverso l'interfaccia grafica.

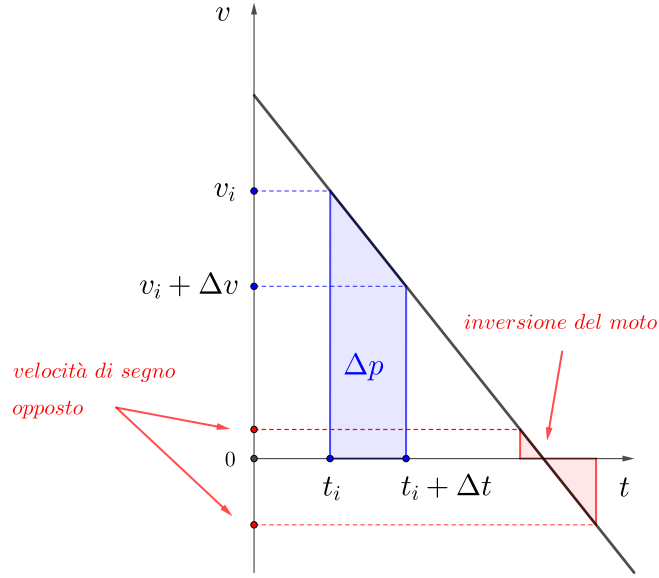


Figura 4: andamento temporale della funzione velocità: $v(t)$.

3 Interfaccia utente

Quando il programma viene avviato, l'utente è chiamato ad interfacciarsi con un ambiente grafico simile a quello mostrato in Figura 5. Questo ambiente può essere suddiviso essenzialmente in due parti.

La prima regione, la più estesa, consiste nell'area di gioco, la quale fornisce sotto una veste grafica i risultati delle elaborazioni compiute dai task periodici che implementano le equazioni del modello matematico. Rende cioè visibile lo stato del sistema e la sua continua evoluzione temporale, mostrando le bilie e le loro collisioni all'interno del tavolo. Permette inoltre all'utente di interagire direttamente col sistema. Ogni volta che tutte le palle sono ferme, l'utente può posizionare il puntatore mouse in un qualsiasi punto di tale regione e, cliccando col tasto sinistro, può imprimere un impulso alla bilia battente. La velocità che essa acquista è proporzionale alla distanza tra il puntatore mouse e il centro della bilia in questione. La direzione del moto è invece individuata dalla retta passante per i suddetti due punti, mentre il verso sarà quello di allontanamento dal puntatore.

Quando la bilia battente termina in buca è possibile riposizionarla sul tavolo. Non appena tale evento si verifica, appare in alto la dicitura "PLACE THE CUE BALL ON THE TABLE" e, trascinando il puntatore del mouse all'interno del tavolo, il giocatore può arbitrariamente selezionare con un click il punto sul quale desidera collocare la palla, purché questa non si sovrapponga alle altre bilie presenti.

La seconda regione è invece costituita da un pannello rettangolare sul quale sono riportati pulsanti cliccabili che attivano differenti funzioni. Su tale area sono inoltre riposte tutte le palle messe in buca durante il gioco.

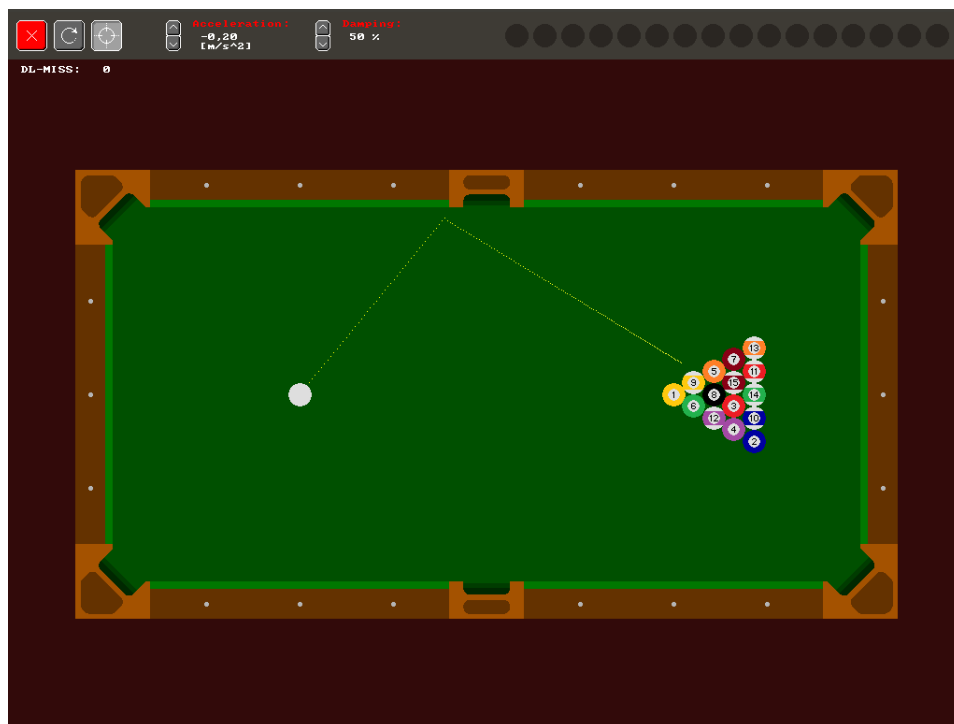


Figura 5: interfaccia grafica.

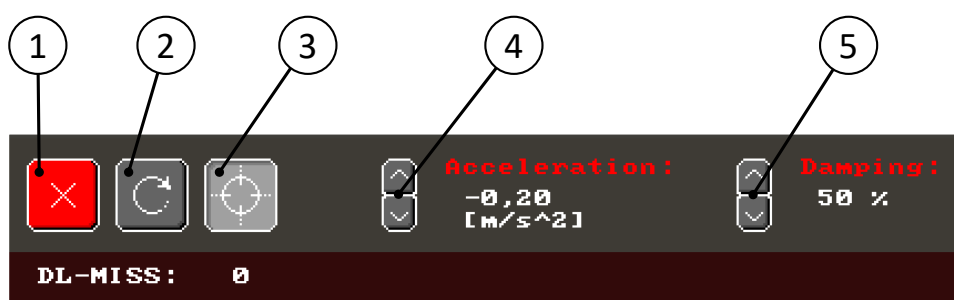


Figura 6: dettaglio del pannello.

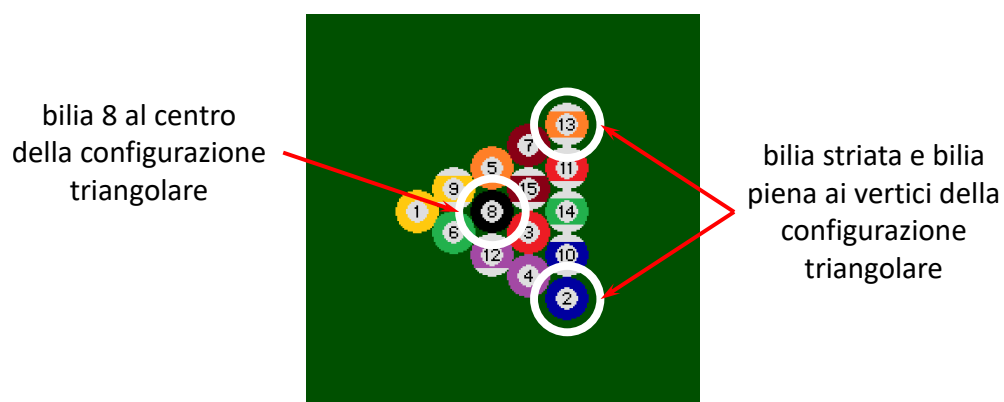


Figura 7: dettaglio della configurazione triangolare delle bilie.

I pulsanti sono i seguenti (vedi Figura 6):

- 1) permette di terminare l'esecuzione del programma.
- 2) permette di riavviare il gioco in qualsiasi istante. Tutte le bilie imbucate vengono reintrodotti in campo e disposte nella configurazione triangolare tipica del gioco. L'algoritmo di disposizione tiene conto di alcune semplici regole: la bilia 8 deve essere sempre posizionata al centro della configurazione, mentre ai vertici laterali devono sempre essere presenti una bilia striata e una piena. Le restanti bilie possono essere disposte casualmente (Figura 7).
- 3) attiva/disattiva la modalità mirino: questa funzione permette di visualizzare la traiettoria che la bilia battente seguirà fin quando non colliderà con un'altra bilia o arresterà il proprio moto, decelerando o andando in buca (entro i limiti imposti dalla memoria associata all'array che contiene i punti di tale traiettoria). La punteggiatura della traiettoria fornisce al giocatore l'informazione relativa all'intensità della velocità: quando i punti sono distanti tra loro le velocità sono elevate, mentre quando sono ravvicinati queste sono modeste. La traiettoria sparisce quando si imprime un impulso alla bilia battente per poi tornare visibile non appena tutte le bilie si sono fermate.
- 4) incrementa/decrementa il valore del parametro **Acceleration** (il parametro "*a*" nella sezione contatto bilia-tavolo)
- 5) incrementa/decrementa il valore del parametro **Damping** (il parametro "*δ*" nella sezione contatto bilia-sponda)

Infine è riportato il valore cumulato delle deadline mancate da tutti i task (la variabile DL-MISS). Ogni volta che un task non rispetta la propria deadline questa variabile viene incrementata. Inoltre il task stesso stampa su schermo un testo nel quale dichiara questo evento, in modo che l'utente possa sapere, di volta in volta, quale specifico task ha mancato la deadline.

4 Task e risorse condivise

Il programma è costituito da tre tipi di task periodici, ciascuno caratterizzato da propri parametri (periodo, deadline relativa e livello di priorità) e proprie funzioni.

ball_task

Il task periodico **ball_task** ha la funzione precipua di aggiornare con continuità posizione e velocità della palla alla quale è associato. Ogni volta che viene eseguito, il task "sposta" la bilia di una certa quantità, in accordo con quanto esaminato e discusso nella sezione relativa al modello matematico. Dopodiché applica dei controlli per rilevare eventuali urti tra la bilia e gli altri elementi del sistema. Se l'esito è positivo, esegue le istruzioni corrispondenti al particolare evento rilevato. Le collisioni sono individuate valutando le distanze tra i centri delle bilie o la posizione del centro della bilia

rispetto ai bordi del tavolo. Ciò equivale a verificare che il centro della bilia sia situato all'interno di ben definite regioni geometriche. A causa della discretizzazione del moto si manifesta sempre una certa compenetrazione tra gli elementi collidenti prima che il controllo riconosca il contatto. Per evitare risultati irrealistici la posizione degli oggetti implicati nell'urto va corretta. Ad esempio, se il centro della bilia sta nella regione che definisce l'urto con una sponda, questo deve essere riposizionato sul bordo di tale regione (Figura 8). Questo è il task a cui è assegnato il periodo più breve, al fine di rendere la simulazione più accurata possibile.

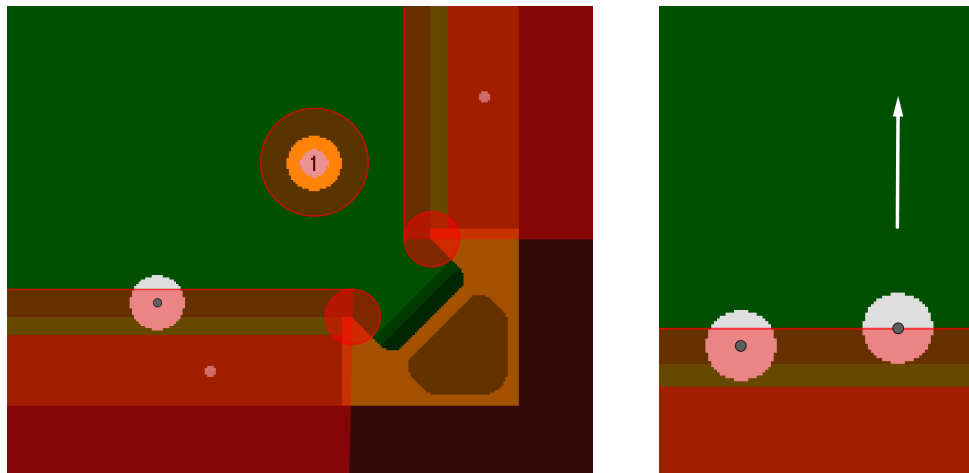


Figura 8: regioni di rilevamento dell'urto per la bilia battente ed esempio di correzione di posizione. Per ragioni di chiarezza grafica la bilia è stata ridisegnata a fianco, ma lo spostamento correttivo avviene esclusivamente lungo la perpendicolare alla sponda.

graphic_task

Il task periodico **graphic_task** si occupa dell'intera realizzazione e gestione dell'ambiente grafico. Ogni volta che viene eseguito, pulisce lo schermo e ridisegna ogni elemento nella configurazione aggiornata. Si riesce così a creare, per esempio, l'illusione del movimento delle bilie o a riprodurre l'effetto di un pulsante che viene premuto e rilasciato. Affinché la riproduzione sequenziale dei frame risulti sufficientemente fluida alla vista e percepita come continua, bisogna fissare il periodo del task ad un valore inferiore al tempo di persistenza retinica.

user_task

Il task periodico **user_task** controlla continuamente lo stato e la posizione del mouse ed esegue le funzioni che in un dato momento l'utente richiede, rendendo il gioco interattivo. Compito del task è, per esempio, quello di calcolare e assegnare la velocità impressa alla bilia battente ogni volta che il giocatore esegue un tiro o calcolare l'insieme di punti che costituiscono la traiettoria fornita dalla funzione mirino, che dipende dalla posizione corrente del puntatore mouse o, ancora, controllare se qualche pulsante è stato premuto e agire di conseguenza.

risorse condivise

I vari task, per comunicare e interagire tra loro, condividono un insieme di variabili globali, le quali, onde evitare problemi di inconsistenza nei dati, devono essere protette da meccanismi che impediscano il simultaneo accesso alla risorsa da parte di più task concorrenti (e.g. mutex). Tali risorse vengono di seguito elencate e brevemente descritte:

ball: struttura contenente lo stato (posizione e velocità) di una bilia. A ciascuna bilia è associata una propria struttura.

acc: valore corrente dell'accelerazione (il parametro " a " nella sezione contatto bilia-tavolo).

dmp: valore corrente dello smorzamento (il parametro " δ " nella sezione contatto bilia-sponda).

trail: array contenente tutti i punti della traiettoria fornita dalla modalità mirino.

flag: array di variabili usate per comunicare informazioni del tipo on|off (1|0).

dl_miss: variabile che accumula il numero di deadline mancate dai task.

In Figura 9 è riportato uno schema che esplicita la struttura soggiacente al programma, evidenziando i rapporti esistenti tra i task sopra descritti e le risorse che condividono.

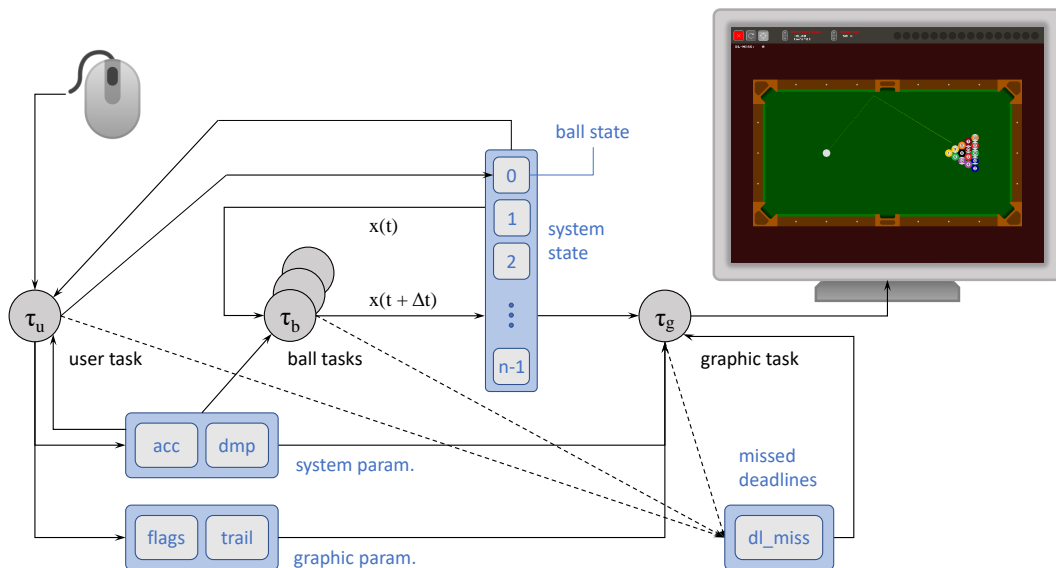


Figura 9: diagramma task-risorse.