

# EYES ON<sup>®</sup> Tennis: sistema per l'analisi del gioco in tempo reale

Mario Sgrò<sup>a</sup>, Stefano Marcon<sup>a</sup>, Valerio Ropele<sup>a</sup>, Stefano Messelodi<sup>b</sup>, Carla Maria Modena<sup>b</sup>

<sup>(a)</sup> Eyes VisiON srl <sup>(b)</sup> FBK-irst Trento

{mario.sgro, stefano.marcon, valerio.ropele}@eyeson.tennis {messelod, modena}@fbk.eu

## Abstract

L'articolo presenta un sistema innovativo e a basso costo per l'analisi visiva in tempo reale del gioco del tennis. Installato presso i campi dei circoli, permette ai tennisti di vivere l'esperienza sportiva secondo un nuovo paradigma, fornendo loro aiuto nell'agevole misura delle proprie prestazioni sia in specifici allenamenti che in partita. Il progetto si è concluso con la validazione su tre installazioni pilota, ed è iniziata la commercializzazione del prodotto in Italia.

## 1 Introduzione

La tecnologia di interpretazione di immagini e video ha una preziosa applicazione nell'analisi di riprese sportive [Moeslund *et al.*, 2017]. In particolare un sistema di visione artificiale installato presso il campo da gioco può produrre informazioni molto interessanti per allenatore, giocatori e pubblico. Il prodotto EYES ON<sup>1 2</sup> di Eyes VisiON è un sistema economico, di facile installazione in campi di varia tipologia (coperti, in esterno, in strutture con sistemi di tipo copri/scopri, con superficie sintetica o in terra battuta) che, monitorando la scena del campo con quattro telecamere, riesce a fornire ai giocatori in tempo reale una serie di utili informazioni sul singolo colpo, come ad esempio la velocità o il punto di atterraggio (in/out) e come dati di prestazioni su partite e su esercizi appositamente selezionati.

## 2 Descrizione

L'hardware è costituito da quattro telecamere fisse posizionate, in linea di massima, su due supporti collocati agli estremi della rete. Le telecamere sono dedicate a coppie alla sorveglianza delle due metà campo. I quattro flussi video, acquisiti a 50 fps, sono inviati ad un PC standard alloggiato in un totem a lato del campo. Il sincronismo dei flussi è assicurato da un modulo hardware che invia un segnale a 50 Hz. Il totem è dotato di interfaccia utente: uno schermo touch screen per l'autenticazione, la selezione del tipo di esercizio e per la visualizzazione dei risultati con info-grafica.

<sup>1</sup><https://www.eyeson.tennis>

<sup>2</sup>Progetto parzialmente finanziato dalla Provincia Autonoma di Trento con L.P. 6/99

La scelta di un sistema multi-camera è dettata dalle esigenze di un calcolo accurato della posizione della palla e dei giocatori all'interno della scena 3D. Il software del sistema si distingue, ad alto livello, in quattro componenti principali:

- Gestore della interfaccia: permette ai giocatori registrati di selezionare il tipo di attività: riscaldamento, partita, esercizi (ad es. serie di servizi) e di visualizzare immediatamente i risultati.

- Supervisore: attiva e controlla l'intero sistema in base alle scelte dell'utente e coordina i moduli per il calcolo degli analitici.

- Sistema di Visione: composto da moduli di elaborazione, analisi ed interpretazione dell'informazione visiva, orchestrati in parallelo da un Vision Manager, che producono dati di micro (es. traiettorie) e medio livello (es. rimbalzi).

- Gestore archivi: data-base indicizzati con eventi e dati di gioco, accessibili sia localmente, in tempo reale, per gli analitici immediati che da remoto (in cloud) al termine della sessione per visionare analitici storici sulle proprie prestazioni, confronto con classi di riferimento di altri giocatori, analisi e condivisione di singole scene e video-clip delle partite.

E' stata curata l'implementazione efficiente del software dell'intero sistema, ma la parte che ha richiesto ricerca e sviluppo di algoritmi accurati, efficienti ed efficaci è quella del sistema di visione artificiale, descritto qui di seguito.

## 3 La visione artificiale in EYES ON

L'architettura del sistema di visione è modulare ed è gestita da un manager dei processi. La parallizzazione dei processi è stata applicata per rispettare il requisito del tempo reale. Una architettura di questo tipo permette l'espansione con eventuali altre funzionalità. I compiti basilari del sistema di visione sono (i) rilevare la palla e tracciare il suo moto in tutta la scena; (ii) rilevare ciascun giocatore e tracciare il suo moto nella metà campo di sua pertinenza.

La configurazione prevede l'inserimento nel sistema del tipo di superficie (per fissare i coefficienti di rimbalzo), delle misure del campo e altezza della rete se non corrispondessero a quelle regolamentari. La calibrazione delle telecamere è fase necessaria per mettere in relazione i punti dello spazio 3D della zona campo con la proiezione 2D nei piani immagine. Lavorare nel sistema 3D permette di descrivere gli eventi a livello spazio-temporale nel mondo del campo di gioco e poter

quindi determinare velocità e spin impressi alla palla, classificare il tipo di colpo, le coordinate del punto di rimbalzo, in particolare se interno o esterno alle aree consentite (in/out). I moduli del sistema di visione sono:

- software di acquisizione delle immagini a colori  $1920 \times 1200$  a 50 fps e mantenimento di buffer circolari di immagini;
- calcolo dello sfondo, ovvero di una immagine che mostra la scena come fosse priva di oggetti in movimento (giocatori, palla). Lo sfondo di partenza viene prodotto a partire da una breve sequenza, in cui gli oggetti possono anche essere presenti e muoversi. Lo sfondo viene aggiornato periodicamente per seguire le variazioni di illuminazione. Confrontando immagine corrente e sfondo è possibile calcolare regioni utili per rilevare il giocatore;
- determinazione del movimento tramite il confronto di un insieme di frame successivi, usato in particolare per la determinazione delle regioni candidate 'pallà nei piani immagine;
- triangolazione delle candidate palla in immagini omologhe per la determinazione di candidate palla in 3D, e determinazione della posizione più probabile in quell'istante in accordo con la descrizione fisica del moto di una palla in volo, del modello di rimbalzo o della ribattuta utilizzando ricerca in grafi;
- tracciamento della palla con la ricerca delle candidate solo in zone definibili in maniera adattiva in base alla posizione spaziale all'istante precedente (in volo, prossima al terreno, prossima alla rete o al giocatore, prossima agli estremi del campo visivo);
- rilevamento e tracciamento dei giocatori, utilizzando distribuzioni di probabilità sulle posizioni attese, viste da due telecamere omologhe, aggiornate in base alle osservazioni negli istanti precedenti.

#### 4 Calcolo degli analitici e visualizzazione

Tutti i dati estratti dal sistema di visione artificiale, ovvero (i) micro dati di posizione spazio-tempo di palla e giocatori (ii) dati di medio livello corrispondenti ai cambi repentini di traiettoria (rimbalzo, ribattuta, impatto con la rete) (iii) parametri descrittivi del moto, sono elaborati da specifici moduli di analisi. Il potenziale contenuto in tali dati è enorme e opportuni analitici permettono di fornire al giocatore informazioni di alto livello tramite opportune info-grafiche consultabili nel totem a bordo campo o da remoto. Di seguito elenchiamo solo alcuni degli analitici disponibili sul sistema.

- **Line calling.** Il sistema calcola la superficie di atterraggio della palla in un rimbalzo per determinare se essa è completamente esterna all'area valida.
- **Velocità e spin di ogni colpo e sua classificazione in Servizio, Dritto, Rovescio,** che avviene in base alla posizione del giocatore rispetto alla traiettoria della palla in arrivo e in rimando.
- **Ball placement.** Viene rappresentata la mappa del punto di caduta della palla in uno scambio o in una serie

di esercizi di servizi con evidenza, in questo caso, delle percentuali di successo nelle varie zone del campo e della relativa velocità;

- **Traiettoria 3D.** Viene rappresentata la simulazione in 3D della traiettoria della palla in uno scambio, potendo variare il punto di osservazione.

#### 5 Installazioni e valutazione

EYES ON Tennis è attualmente installato in tre siti pilota: uno presso il Circolo Tennis Trento, con campi in terra all'aperto o con copertura pressostatica nella stagione invernale, uno presso il Circolo Tennis di Arco (Trento) in palazzetto con campo in sintetico e uno presso il Centro Tecnico Federale di Tirrenia (Pisa), della Federazione Italiana Tennis, che ha positivamente verificato il sistema con i giovani migliori talenti italiani. La società Eyes visiON ha recentemente con-



Figura 1: Totem al CPO di Tirrenia e telecamere a CT Trento

cluso positivamente la fase di test e validazione e ha iniziato la commercializzazione del prodotto in Italia. Le installazioni di tipologia molto differente, controllate da remoto, hanno infatti permesso di rilevare il feed-back degli utenti e di effettuare sessioni di test per la messa a punto degli algoritmi. In base alle misure effettuate è risultato che il sistema di visione lavora consumando mediamente metà del tempo reale, lasciando quindi agio sufficiente per i casi in cui le elaborazioni risultano più onerose, e per il resto del funzionamento del sistema. Le prestazioni sul rilevamento e classificazione dei colpi, sulla validità della chiamata *in/out*, sono state misurate su spezzoni di sequenze acquisite dalle varie installazioni, in diverse modalità di utilizzo e in condizioni anche non semplici di illuminazione, ombre o persone e oggetti in movimento a bordo campo e sullo sfondo. I risultati ottenuti sono molto promettenti: rilevazioni corrette dei colpi 99.7% con una percentuale di mancate rilevazioni inferiore allo 0.8%. L'affidabilità della classificazione del colpo in *Servizio, Dritto, Rovescio* si attesta sul 97.1% e del 99.5% nella distinzione *IN, OUT, Fault*. Il tempo di reazione, cioè il lasso di tempo necessario al sistema per rispondere ad uno stimolo, nel caso di *line calling* è mediamente di 152 milli-secondi.

#### Riferimenti bibliografici

[Moeslund *et al.*, 2017] T. Moeslund *et al.* Computer Vision in Sports. *Comp. Vision and Image Understanding*, Special Issue, 2017.