

Sincronizzazione di riprese astrofotografiche con camere e strumenti in parallelo

Abstract IT: Un sistema di riprese astronomiche costituito da due camere montate su due strumenti in parallelo sulla stessa meccanica, controllato da un apposito software di sincronizzazione, permette di duplicare il tempo di esposizione delle immagini e migliora sensibilmente il rapporto segnale / rumore nelle misurazioni.

Abstract EN: An astrophotographic system made with two cameras and two optics in parallel on the same mount, synchronized by a specific software made for the purpose, gives double exposure time and improves the signal/noise ratio for measurement.

Uno degli aspetti determinanti nel raggiungimento di risultati ottimali nella fotografia del profondo cielo, in special modo su soggetti scarsamente luminosi, è la quantità di dati che si riesce a riprendere in campo. Eccetto i casi in cui si utilizzano i filtri a banda stretta, la ripresa di oggetti molto deboli richiede un cielo pulito e non disturbato dalle luci artificiali. Gli astrofotografi che non dispongono di una postazione fissa in luoghi a basso inquinamento luminoso sono costretti a delle trasferte che durano anche più notti. In queste condizioni, si cerca di raccogliere il più dati possibile, sfruttando tutte le ore di buio della nottata. Trovandomi ad operare in analoghe condizioni, ho quindi sviluppato la semplice idea di aumentare il numero di ore di esposizione utilizzando due strumenti di ripresa, in parallelo sulla stessa montatura. In una notte di 8 ore utili, ad esempio, diviene così possibile integrare 16 ore di dati.

Nello scenario più semplice, con due strumenti di ripresa in parallelo è sufficiente predisporre due camere ccd (o reflex digitali) operanti in modo indipendente tra loro, mentre il sistema di autoguida (esterno, oppure integrato in una delle due camere) esegue le correzioni a supporto delle esposizioni in lunga posa, come è tipico della fotografia del profondo cielo (figura 1).

Un sensore digitale è tipicamente costituito da una matrice di alcuni milioni di pixel, dei quali è normale che alcuni possano risultare difettosi, restituendo valori di misurazione della luce che non rispecchiano la realtà. In molti esemplari è addirittura possibile che vi siano delle intere colonne di pixel difettosi. Il difetto può manifestarsi con la restituzione di punti bianchi (*pixel caldi*), o neri (*pixel freddi*), o anche casuali. Il passaggio di raggi cosmici che colpiscono la superficie dei sensori durante le lunghe esposizioni è molto probabile e rappresenta un ulteriore elemento che determina i valori casuali registrati in alcune riprese. I difetti sistematici che si riscontrano in determinati pixel, a parità di temperatura di esercizio e durata della posa, possono facilmente essere rimossi con le metodologie di calibrazione mediante *dark frame*. Per i difetti casuali le metodologie canoniche di calibrazione dei dati risultano insufficienti.

Nella fotografia astronomica del profondo cielo, la durata complessiva della posa viene suddivisa in più pose brevi (*subframe*). Ad esempio, l'integrazione complessiva di 1 ora può essere *frazionata* in 6 pose da 10 minuti, che in fase di elaborazione vengono poi *messe in registro* e *sommate* in un'unica immagine, come se questa fosse in realtà una sola posa di 1 ora.

Al di là delle considerazioni tecniche sulla metodologia appena esposta, che si considera già assunta, è possibile eseguire la combinazione dei *subframe* con un algoritmo di tipo statistico che sia in grado di *individuare* e *normalizzare* l'eventuale valore anomalo di un pixel in un certo *subframe*, che non si rileva con analoghi valori di lettura nello stesso punto degli altri *subframe*. Questo algoritmo si trova già implementato in gran parte dei software di elaborazione di immagini astronomiche e prende il nome di *Sigma clip*.

Il *Sigma clip* viene quindi utilizzato con almeno 3 *subframe* e permette di escludere dalla combinazione i valori di lettura anomali che non sono comuni a tutti i *subframe*, come i difetti casuali dei pixel, il rilevamento dei raggi cosmici ed anche le scie di luce causate dal passaggio di satelliti. Non è evidentemente adatto alla ricerca di asteroidi. Questo algoritmo non è tuttavia in grado di normalizzare i valori di difetti *sistematici* che non sono stati rimossi dalla calibrazione con il *dark frame* poiché, ripetendosi in tutti i *subframe*, sempre negli stessi punti, non costituiscono eccezioni isolate.

Alcuni software di ripresa in autoguida permettono di sfalsare di pochi pixel i vari *subframe*. Si tratta della tecnica del *Dithering*: dopo il *download* di un *subframe*, il sistema altera casualmente il registro di posizione (le coordinate) della stella di guida rispetto alla matrice del sensore dell'autoguida. Il sistema di autoguida considera questa alterazione come uno spostamento casuale della stella di guida e nel corso di alcune iterazioni, va nuovamente a centrarla, producendo di fatto una traslazione nella ripresa del prossimo *subframe* (figura 2).

L'effetto prodotto dal *dithering* è quindi una traslazione casuale ad ogni scatto, eseguita deliberatamente per disallineare tutti i *subframe* della ripresa.

Nel momento in cui, in fase di elaborazione, i *subframe* vengono allineati rispetto alle stelle in campo, i difetti sistematici presenti in ciascun *subframe* vengono conseguentemente disallineati in egual misura, venendo così a trovarsi in posizioni isolate rispetto all'immagine giustamente allineata. La combinazione con il *sigma*

clip, grazie alle sue proprietà, andrà così a normalizzare i valori dei pixel anomali ed isolati, eliminando di fatto anche i difetti sistematici che, prima dell'allineamento sulle stelle, si trovavano in posizioni fisse. Uno dei sistemi software più diffusi per riprendere immagini in *dithering* e combinare i *subframe* in *sigma clip* è MaxIm/DL.

L'uso del *dithering* con due strumenti di ripresa in parallelo, senza una opportuna sincronizzazione, non permette di far lavorare in modo indipendente i due sistemi di ripresa. Infatti è altamente probabile che il completamento di un *subframe* della ripresa gestita tramite *dithering* (camera 1) vada a modificare il puntamento nel corso di un'esposizione dell'altra strumentazione (camera 2), rovinandone inevitabilmente la ripresa che verrebbe mossa.

Per poter continuare a riprendere in simultanea con due strumenti, senza dover rinunciare all'uso della tecnica del *dithering*, ho realizzato in C++ il software *CCDSync*.

CCDSync è un programma si aggancia ad una istanza di MaxIm/DL in modalità OLE (*Object Linking and Embedding*) e permette di controllare due sessioni di ripresa in due differenti computer collegati in rete, operanti con le rispettive camere ccd o reflex digitali. Il primo esegue l'autoguida e svolge la funzione di *server*. L'altro, che svolge la funzione di *client*, riceve dal *server* i controlli di sincronizzazione, inizio e durata di ogni *subframe*.

In figura 3 è schematizzato un impianto di due ottiche in parallelo e relative camere ccd, con un'autoguida fuori asse e due rispettivi computer di controllo collegati in rete locale. Il montaggio è apparentemente complesso ma, con una buona organizzazione, nel giro di due ore dall'arrivo in campo è possibile renderlo perfettamente operativo. Non molto più di quanto si dovrebbe fare con una sola ottica.

CCDSync è realizzato in modo semplice ed efficace, tanto quanto basta per controllare le sessioni di ripresa in completa sicurezza ed affidabilità. L'interfaccia di apertura richiede subito se il computer corrente svolgerà il ruolo di *server* (PC1) o di *client* (PC2) (figura 4).

Nel caso di operatività in modalità *client* è necessario indicare l'indirizzo IP di rete locale assegnato al computer nel quale *CCDSync* svolgerà il ruolo di *server* ed il numero di porta di comunicazione, già predisposto dal programma e comunque modificabile in caso di conflitti con altri servizi di comunicazione in rete (figura 5).

Alla chiusura del programma la configurazione viene memorizzata in modo da essere reimpostata automaticamente al riavvio. Eventuali configurazioni diverse possono comunque essere salvate e riaperte in qualsiasi momento, a seconda delle proprie esigenze.

Il pulsante *Connect MaxIm* avvia la comunicazione con l'istanza locale di MaxIm/DL, che a sua volta controlla la ripresa (ed il sistema di autoguida in *dithering* sul *server*). Il pulsante *Connect to Main PC* avvia la comunicazione del *client* con il *CCDSync* del primo computer che svolge il ruolo di *server*.

Il controllo della camera, dei filtri e dell'autoguida viene svolto da MaxIm/DL, mentre la gestione delle sequenze di ripresa, la temporizzazione e le traslazioni del registro di posizione della stella di guida per generare il *dithering* vengono gestiti da *CCDSync*, attraverso dei comandi OLE a MaxIm/DL.

Conclusa la fase di configurazione, connessione a MaxIm/DL e collegamento in rete, si passa alla sezione *Sequence* selezionabile dalla linguetta in alto nella finestra.

In figura 6, nella sezione a sinistra, è rappresentata la sequenza di *CCDSync* in modalità *server*, impostata sulla ripetizione di 10 *subframe* da mezz'ora (1800 secondi) con il filtro di luminanza. Ogni *subframe* verrà salvato automaticamente nella cartella con il nome "Ced214-xxxxL", dove "xxxx" rappresenta il numero progressivo di *subframe*, ad iniziare dal numero 1, come specificato dall'utente nella casella *Start suffix*. Nella casella *Dithering* si indica lo sbandamento massimo casuale in pixel da provocare nel sistema di autoguida dopo il download del *subframe*, più il tempo di ritardo in secondi indicato nella casella *Delay*. E' un valore si calcola sperimentalmente, in dipendenza dei tempi di ritardo che si accumulano nell'altro *CCDSync* (*client*), a causa di cambiamenti di filtro e tempi di *download*; altrimenti si provocherebbe il *dithering* mentre dall'altra parte l'esposizione è ancora in corso.

Infine, nella casella *Wait while guiding error > xx pixels* è necessario indicare il valore massimo di errore di guida accettabile prima di iniziare la ripresa del successivo *subframe*. In pratica, questo valore permette al sistema di attendere lo stabilizzarsi dell'autoguida dopo il *dithering*, prima di proseguire con altre riprese. Normalmente un errore di guida appena inferiore a 0,5 pixel è sufficiente per procedere con il prossimo *subframe*.

Sempre in figura 6, nella sezione a destra è rappresentata la sequenza di *CCDSync* in modalità *client*. Mentre *CCDSync server* riprende le luminanze da 1800 secondi, la seconda camera ccd riprende 3 *subframe* di colori da 600 secondi con i filtri *RGB*; la cui durata complessiva corrisponde ai 1800 secondi

della luminanza. Il *dithering* avviene ad ogni ciclo, come specificato in *CCDSync server*, alla fine di ogni luminanza da 1800 secondi.

In modalità *client*, *CCDSync* riceve dal *server* un comando di *start* della sequenza e la durata della posa che il *server* ha avviato. Al via del *server*, esegue ciclicamente il numero di pose indicate nella sua sequenza (3 x 600 secondi R-G-B), fino all'esaurirsi del tempo di posa del *server* (1 x 1800 secondi). Poi si fermerà in attesa del prossimo *start* del *server*, per proseguire con un nuovo ciclo.

In figura 7 è schematizzato il funzionamento generale del sistema, con il diagramma di lavoro del telescopio 1 con ripresa ed autoguida, controllato da *CCDSync server* e del telescopio 2, controllato da *CCDSync client*.

CCDSync è un programma gratuito e può essere scaricato dal sito della Sezione Astrofotografia UAI: <http://www.astrofotografia.uai.it/downloads/ccdsync.zip>

Il progetto è nato per una specifica esigenza legata alla realizzazione di immagini fotografiche del profondo cielo, ma ha delle potenzialità sfruttabili anche in altri campi, come ad esempio la ripresa sincronizzata di eventi con più strumenti nello stesso sito, o molto distanti tramite internet. Infatti, essendo possibile mettere in comunicazione i due computer con il semplice indirizzo IP di rete, si può proiettare su internet lo scenario delle riprese sincronizzate e catturare in contemporanea un evento da diverse parti del globo, con il comando di *Start* in mano ad un solo utente che dà il via a due o anche più strumenti.

Giovanni Benintende
Responsabile della Sezione Astrofotografia UAI
Email: info@astrogb.com
Web: <http://www.astrogb.com>