

Autoguida - Tecniche avanzate

András Dán, MSc, Gemini, Nov. 2012.

Traduzione italiana a cura di Alessandro Di Giusto

Introduzione

È il momento giusto per avviare un approccio sistematico a questo settore molto importante dell'astrofotografia, in maniera tale da ottenere il massimo dalle nostre costose montature, telescopi di guida, camera di guida e camera di ripresa principale.

Lo scopo di questo documento, pensato per novizi ed esperti, è di aiutare nella comprensione del processo di funzionamento dell'autoguida e ottenere così il miglior risultato possibile dai vostri sistemi.

L'autoguida è sostanzialmente il tentativo di inseguire il cielo con un errore inferiore a quello riscontrabile, in base al rapporto scala/pixel, sulle riprese del sensore principale. Mentre cerchiamo di correggere gli errori della montatura ignoriamo la dilatazione delle immagini stellare introdotte dal seeing, (salvo che non si usi un sistema di ottica attiva ad alta frequenza)

Iniziamo creando una lista dei giocatori che parteciperanno alla partita.

Stella guida - la sua posizione sul sensore di guida viene misurata dal programma di guida a intervalli regolari, normalmente dopo alcuni secondi (1-5) di integrazione. La misurazione chiamata "errore di guida" è il risultato degli errori di inseguimento della montatura (errori meccanici e di rifrazione) e della dilatazione introdotta dal seeing.

Montatura - Insegue il cielo tanto più accuratamente quanto più precisi sono l'allineamento polare, il software e la meccanica.

Sensore di guida - acquisisce immagini della stella di guida e le invia al software per l'analisi.

Telescopio di guida (separato) - raccoglie le immagini della stella guida. Non serve se si utilizza la guida fuori asse e o il sensore di ripresa è dotato anche del sensore di guida.

Software di guida - è il cervello del sistema, interpreta i dati provenienti dal sensore di guida e invia i comandi alla montatura..

Telescopio principale - non addossate ogni colpa al sistema di guida: il telescopio principale è spesso colpevole dei problemi in pari misura.

Il processo della guida

Tutto comincia effettuando una posa sulla stella guida. Poniamo che sia di due secondi. Non appena effettuata, l'immagine viene scaricata e analizzata dal programma che calcola

il centroide (normalmente a 1/100 di pixel). Assumiamo che lo scostamento sia pari a 0,2 secondi. Il comando della guida viene inviato al sistema che risponde con un lieve ritardo, all'incirca 0,05 secondi. La montatura accelera e si riporta sulla posizione corretta in 0,2 sec (la correzione effettuata era pari a 0,15 secondi).

Il ciclo si conclude e dopo un piccolo ritardo (se inserito) per lasciare che la montatura si stabilizzi, parte una nuova esposizione. Il tempo complessivo dell'intero ciclo è stato in questo caso di 2,45 secondi. Se consideriamo il punto intermedio dell'esposizione, la correzione si era conclusa 1,45 secondi dopo che la posizione della stella di guida era stata presa.

Questo esempio rende evidente il fatto che l'autoguida ha sempre un margine di incertezza insito nel suo funzionamento. Peggiora il seeing e più erratico è l'inseguimento, più complicata è la situazione.

[Possiamo concludere che seeing e qualità della montatura son importanti fattori capaci di limitare la precisione di guida.](#)

In teoria, rendere il ciclo di guida sempre più breve porta a risultati sempre migliori. Il problema è che 40 chili di attrezzatura non possono essere mossi per parecchie volte al secondo. Le ottiche attive hanno introdotto un modo per aggirare il problema ma serve una stella di guida brillante affinché le correzioni siano sufficientemente veloci.

Come scegliere il giusto setup

Non possiamo modificare il seeing o ci sono certi errori indotti dalla montatura che non possiamo eliminare, ma comunque possiamo fare alcune scelte importanti.

Stella di guida

La stella di guida non deve saturare il sensore. Essa deve essere abbastanza brillante da fornire un ragionevole rapporto segnale/rumore. Il livello degli ADU dovrebbe essere attorno al 30-90% del valore massimo (255 per 8bit, 4095 per 12 bit). Attenzione alle stelle doppie!

La stella di guida deve essere il più possibile vicina all'oggetto da riprendere perché la deriva in declinazione e la rifrazione atmosferica possono essere differenti, senza dimenticare la rotazione di campo se l'allineamento polare è scarso (e se stai puntando su oggetti vicini al polo).

Telescopio di guida

Utilizzare un telescopio di guida con un sensore decente, raramente vi lascia privi di una stella guida. E' un accessorio molto utile, ma che fa sorgere vari problemi meccanici. Usatelo pure se ve ne intendete di meccanica e non volete prendere esposizioni superiori ai 5-20 minuti. Se il vostro telescopio principale ha meccanica e ottica traballanti che possono portare a leggeri spostamenti, meglio usare una guida fuori asse o un sensore con doppio chip. Per esposizioni superiori ai 20-30 minuti, queste appena indicate sono le uniche soluzioni per molti telescopi.

Ricordatevi che una guida fuori asse può soffrire di aberrazioni ottiche (coma, astigmatismo e altro) se le ottiche non sono corrette per i raggi di luce che raggiungono il

senso di guida. Le stelle affette da coma garantiscono valori di posizione del centroide meno precisi.

Se usate un telescopio di guida, ponete attenzione ai seguenti aspetti:

L'apertura del telescopio non deve essere superiore agli 80 mm per minimizzare gli effetti causati dal cattivo seeing e dall'aggravio di peso.

La lunghezza focale ha una limite inferiore, basato sui calcoli dedicati alla risoluzione.

Supponiamo che vogliate che il software di guida sia in grado di rivelare un errore pari a 1/10 di pixel sul vostro sensore di ripresa e che lo stesso software calcoli la posizione del centroide con una precisione di 1/100 di pixel. Sulla base di questi criteri possiamo calcolare la lunghezza focale minima del vostro telescopio di guida.

Questi i numeri che vi servono: a = dimensione dei pixel del sensore di ripresa
 b = dimensione dei pixel del sensore di guida (entrambi espressi in micron)

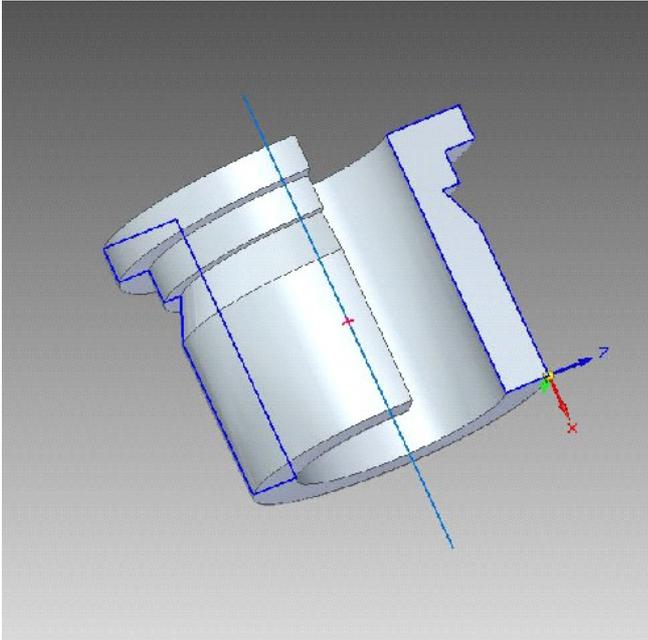
Lunghezza focale del telescopio di guida (FL) = Telescopio principale FL x $b/10a$

Non usate una lunghezza focale più elevata del necessario perché ciò significa un telescopio di guida più pesante e maggiori flessioni. La lunghezza focale minima raddoppia se la camera di guida si usa in modalità binning 2x2.

Il telescopio di guida deve essere preferibilmente un rifrattore (meno parti ottiche e maggiore stabilità meccanica) e, se possibile, almeno semiapocromatico. Avrete inoltre bisogno di un filtro Ir-cut per ottenere stelle puntiformi. Un filtro rosso unito a un filtro Ir-cut garantiscono stelle molto puntiformi e un'immagine meno influenzata dal seeing. Se usate il filtro rosso, andrà bene anche un acromatico.

Tutte le parti meccaniche del telescopio di guida e i suoi supporti devono essere il più possibile rigidi e ben realizzati. La stessa considerazione vale per la guida fuori asse e per il telescopio principale. I requisiti appena indicati diventeranno tanto più severi quanto più lunghe saranno le esposizioni che intendete acquisire.

Effettuate una messa a fuoco accurata sul telescopio di guida. La posizione di una stella leggermente sfocata, infatti, è misurata con minore precisione.



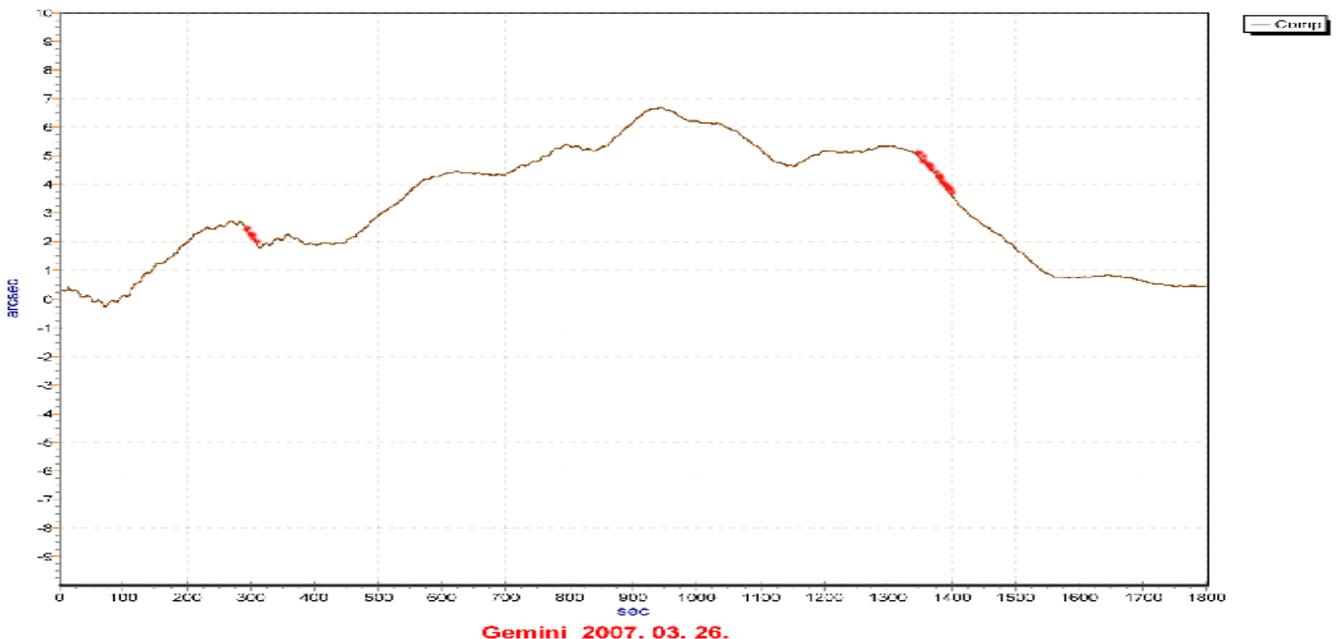
Nell'immagine potete vedere un adattatore con scanalatura conica. Tanto sul telescopio di guida, quanto su quello di ripresa, dovete usare adattatori filettati o come questo, fissato lateralmente da due o tre viti.

Montatura equatoriale

E' bene conoscere a fondo in che maniera la montatura inseguie. Non basta conoscere l'errore periodico. Quello di cui avete bisogno è un grafico dell'errore con misurazioni prese una volta o due al secondo. In tale maniera conoscerete quale sia il tempo più lungo in secondi nel quale la vostra montatura possa inseguire senza

autoguida con la precisione richiesta per le vostre riprese (1" per esempio). Ora diamo un'occhiata da vicino al grafico e cerchiamo la parte più ripida della curva. Ora verifichiamo quanti secondi la montatura impiega per raggiungere l'errore di 1" (o il valore che vi serve). Se è di 3 secondi (per esempio), non dovrete utilizzare tempi di ripresa per la guida più lunghi di questo valore altrimenti le vostre immagini potrebbero risentirne.

Nell'esempio qui sotto le parti critiche della curva dell'errore periodico sono state evidenziate in rosso.



E' ovvio che utilizzare la correzione dell'errore periodico vi permetterà di utilizzare pose più lunghe per la guida che, in cambio, vi permetteranno di ridurre i problemi causati dal seeing. Alcuni sistemi di controllo (controller) della montatura non implementano la funzione di correzione dell'errore periodico e di guida, ma molti lo fanno, perciò utilizzatele!

Se riscontrate problemi di backlash a una delle estremità del vostro telescopio, è meglio

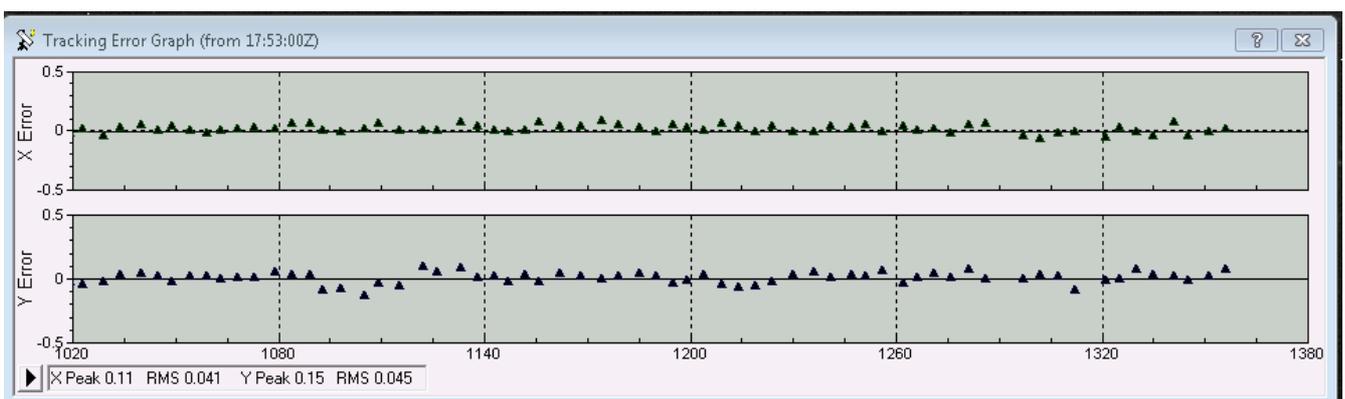
sbilanciarlo leggermente. Nell'asse di declinazione la direzione dello sbilanciamento è ininfluente. Nel caso dell'asse orario sbilanciate in maniera tale che lo sbilanciamento si verifichi a Est. Il backlash degli ingranaggi può essere ridotto al minimo se il sistema di controllo o il software di guida permettono la sua compensazione. Sfortunatamente il backlash nel gruppo riduttore non ha valori costanti. Ciò rende di fatto impossibile definire un valore che funzioni sempre. In questo caso, non vi resta che calibrare per ogni singolo soggetto di ripresa.

Se il vostro sistema di controllo della montatura (controller) permette di regolare la corrente di stop (stop current), assicuratevi che essa non sia molto più bassa della corrente utilizzata per l'inseguimento. In caso contrario, il motore di declinazione potrebbe saltellare (solo se si tratta di motore passo passo) quando deve muovere il telescopio dopo alcuni secondi di inattività.

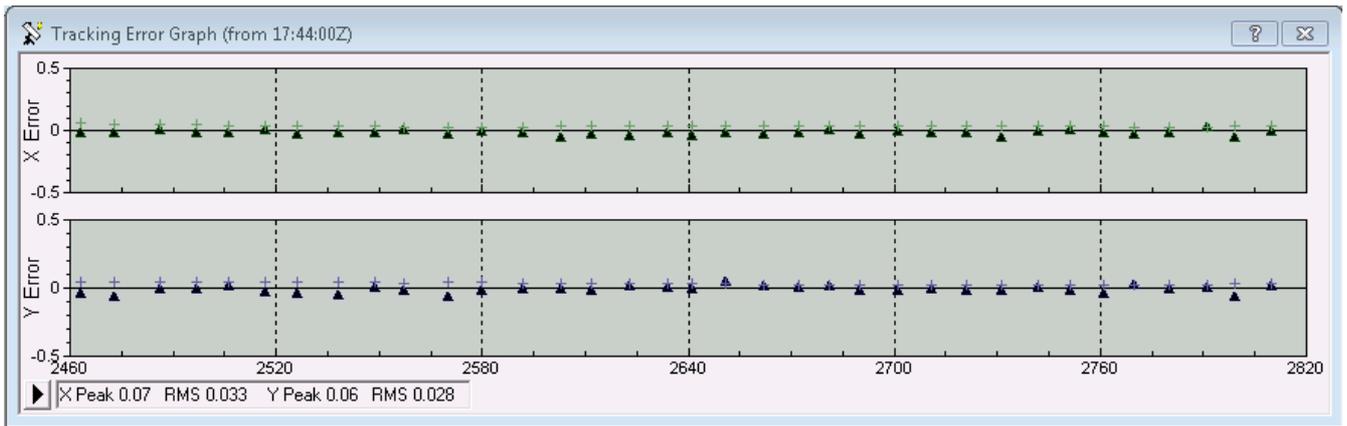
Se si verificano strani e improvvisi salti in Dec, una possibile causa sono i cuscinetti dell'Ar sulla vostra montatura. Se ciò accadesse, non c'è molto da fare e l'unica soluzione è sostituire i cuscinetti.

Il modo con cui collegato la montatura al Pc può ripercuotersi sulla precisione di guida. Confrontate i risultati del grafico di guida raccolto nella stessa notte e sulla stessa stella realizzato con un cavo di guida connesso alla porta apposita del sistema di controllo e la selezione "Telescopio" come modalità di connessione (questo permetterà di inviare i controlli tramite il cavo seriale o Usb). Utilizzare un cavo di autoguida significa avere un ulteriore variabile in gioco, i relays del CCD, cosa non sempre desiderabile. *Qui sotto ecco un esempio. La differenza del grafico di guida è evidente. La montatura utilizzata era una Gemini G53F con il Pulsar2.*

Guida via Camera Relays



e via "Telescope"



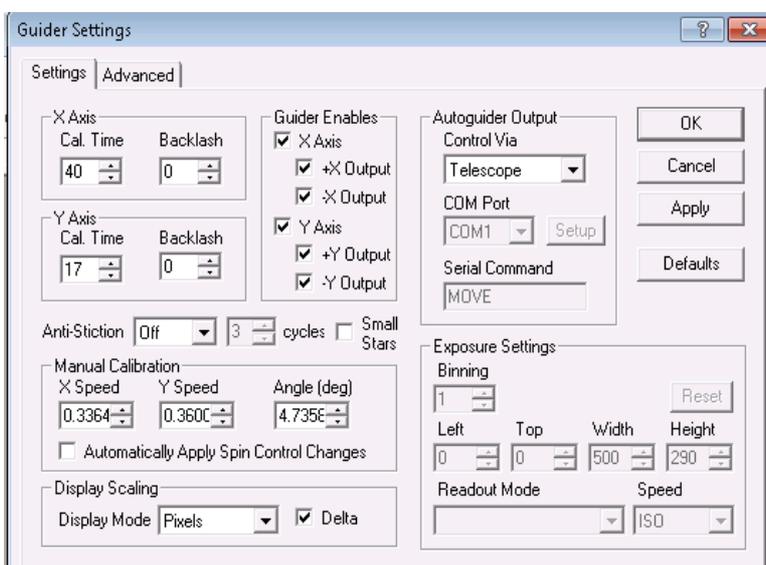
Molti controller offrono l'allineamento a 3 stelle che permette Go-to e inseguimento precisi anche se l'allineamento polare è impreciso. La funzione è sicuramente utile, ma non corregge la rotazione di campo che può diventare davvero frustrante nei pressi del Polo. Se volete lavorare seriamente, vi serve un buon allineamento polare.

Software

Impostazioni errate possono diminuire le prestazioni della guida.

Iniziate selezionando la velocità di guida nel vostro controller. Più precisa deve essere la guida minore deve essere la velocità di guida impostata. Questo perché la più piccola correzione possibile (in termini di durata) è limitata dalla velocità di risposta del controller e dall'inerzia della montatura. Per un'immagine che abbia una scala di 1-2 arco secondi uso il 10% della velocità siderale come velocità di guida. Ciò significa che una correzione di 0.1 secondi si traduce all'incirca in 0.1 arco secondi. Quando riprendete con un teleobiettivo non avrete bisogno di correzioni tanto piccole e una velocità di guida superiore lavorerà molto meglio.

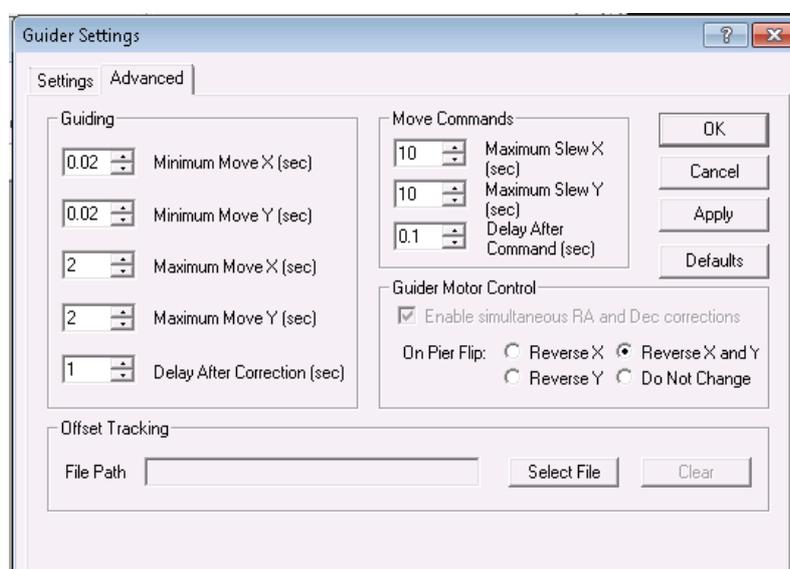
Come su ricordato, la vostra stella di guida non deve essere saturata. La saturazione rende il calcolo del centroide difficoltoso e impreciso.



L'impostazione del tempo di guida va effettuata tenendo conto dei seguenti parametri: prestazioni della montatura come spiegato prima, luminosità della stella di guida (non saturata ma con un buon rapporto S/N) e qualità del seeing (le lunghe esposizioni permettono di mediare meglio lo spostamento della stella).

Di solito, la calibrazione è il passaggio successivo. Per calibrare la montatura abbiamo bisogno di muoverla per alcuni secondi; in caso contrario il risultato potrebbe essere molto impreciso. D'altro canto, durante la guida non muoviamo mai il telescopio per molti secondi, ma soltanto per alcune frazioni di secondo. La velocità media misurata durante la calibrazione sarà più elevata rispetto a quella che potremmo riscontrare muovendo il telescopio per 0.1 secondi, (per esempio).

Raccomando perciò di diminuire la velocità di calibrazione del 10% e controllare le prestazioni della guida. Se si verifica la frequente sovra correzione (errori consecutivi e ai lati opposti della linea centrale) bisogna diminuire l'aggressività.



Qui sopra abbiamo riportato come esempio le impostazioni di guida in Maxim DL5 per una montatura equatoriale alla tedesca.

Se il vostro controller permette contemporaneamente le correzioni in Ar e Dec, attivatela. Ciò vi consentirà di risparmiare tempo prezioso.

La durata minima della correzione deve tenere conto dell'errore massimo ammesso sulla vostra immagine e delle capacità della montatura. Sperimentare è utile, ma più basso sarà il valore che impostate più aumenterà la possibilità di ottenere un risultato vicino alla perfezione. Io non imposterei un valore inferiore a 0.2 secondi, ma se avete scelto la velocità di guida giusta questo parametro ha effetti limitati sul risultato.

Il limite del tempo massimo di correzione serve a tutelarvi da correzioni occasionali su qualche pixel caldo del sensore di guida.

Camera di guida

I parametri importanti per il sensore di guida sono:

Sensibilità. Maggiore è la sensibilità più debole può essere la stella di guida.

Rumore. Un sensore rumoroso può rendere difficile la rilevazione del centroide.

Dimensioni del sensore. Un sensore più grande permette di rilevare più stelle di guida.

Tempo di download. Più breve è meglio è.

Peso e dimensioni della camera: una camera di guida più leggera crea meno problemi di flessione, una piccola si colloca meglio sulla guida fuori asse.

In teoria, gli algoritmi di guida possono funzionare anche se il sensore non è orientato lungo gli assi di Ar e Dec, ma il fatto che lo sia sicuramente aiuta a lavorare molto meglio. Per lo meno, un sensore parallelo agli assi vi permette di capire da dove arrivano i problemi con la guida se dovessero insorgere.

Caratteristiche molto importanti della camera di guida sono il rumore e la qualità del sensore. Pixel difettosi e un elevato rumore di lettura possono ostacolare la precisione con la quale viene rilevato il centroide, in maniera del tutto variabile. Usando la camera di guida in modalità binning 2x2 abbassa i rumori ma la lunghezza focale minimo del cannocchiale di guida viene raddoppiata.

Problemi

Se ottenete sempre stelle puntiformi, allora probabilmente non state leggendo questi appunti. Se ciò non avviene, allora Vi potrò aiutare nell'ottenere stelle perfettamente tonde.

Ricordatevi che non è soltanto la guida a creare problemi. Le stelle possono apparire distorte per molti motivi.

L'importanza dell'inseguimento e della guida per una ripresa diventa meno evidente man mano che ci si avvicina al polo celeste. Per tale motivo, i test relativi alle prestazioni di guida e inseguimento vanno fatti attorno alla Dec=0 e in prossimità del meridiano. I test relativi a errori non legati all'inseguimento e alla guida (come la collimazione o l'inclinazione dello specchio) conviene effettuarli su stelle vicine al polo, dove gli errori di inseguimento saranno meno evidenti nelle esposizioni brevi.

Problemi delle ottiche – una collimazione scadente, errata, la presenza di stress sulle ottiche o di parti allentate sul tubo possono causare problemi. A volte i filtri possono essere difettosi e distorcere l'immagine, oppure il piano del sensore è inclinato. Un foceggiatore che flette o mal allineato ricade in questa categoria di problemi e produce effetti simili a quelli appena descritti.

Problemi meccanici – la flessione dei pezzi che tengono il telescopio di guida, la guida fuori asse, o la camera di ripresa.

Problemi di inseguimento – leggesi quanto scritto sopra.

Tutto ciò sembra complesso, ma ci sono modi molto semplici per individuare e separare le cause degli errori causati. La chiave del successo sta nell'approccio sistematico. Non fidatevi ciecamente di alcun componente della vostra strumentazione, ma testate tutto!

Un caso molto semplice da risolvere è quello che si verifica quando le stelle hanno forme

differenti nei differenti angoli del campo di ripresa. Ciò è dovuto a problemi di collimazione o di disallineamento della camera di ripresa o, ancora del sensore.

Gli errori dovuti alle ottiche sono sempre presenti, anche nelle brevi esposizioni, mentre i problemi meccanici tendono ad accumularsi nel corso del tempo. Gli errori di guida possono essere più difficili da individuare in quanto le cause possono variare sera dopo sera o a causa della posizione della montatura o della meccanica.

Per prima cosa dovremo escludere gli errori dovuti alle ottiche prendendo 10 brevi esposizioni, diciamo di 5 secondi ciascuna (trovate un campo con molte stelle brillanti). Se le stelle sono perfette in ognuna delle 10 esposizioni, allora non ci sono problemi dovuti alle ottiche, ma si tratta probabilmente della guida o della meccanica.

Separare gli errori di guida da quelli dovuti alla meccanica è un po' difficile, ma non impossibile.

Effettuate una serie di esposizioni guidate con tempi di integrazione via via più lunghi: 60, 120, 240, e 600 secondi (o più lunghe se desiderate). Raccogliete due pose per ogni durata impostata. Esaminate poi ogni immagine con cura. In teoria, le esposizioni più brevi dovrebbero essere a posto mentre le stelle tendono ad allungarsi man mano che aumentiamo i tempi. Questo fatto è tipico delle flessioni. Sfortunatamente la posizione del telescopio può influenzare il risultato. Dovete quindi ripetere il test puntando diverse porzioni di cielo, fino a quando il responso sarà chiaro. Se riscontrate delle flessioni, dovete controllare con la massima cura ogni singola parte del telescopio di guida e dei suoi supporti. Lo stesso vale per la camera di ripresa principale e i suoi collegamenti, incluso il foceggiatore.

Un altro semplice modo per diagnosticare le flessioni è controllare una serie di esposizioni raccolte nella stessa serata e verificare piccoli e sistematici spostamenti delle stelle attraverso le varie immagini.

Se si verificano tali spostamenti, nella maggior parte dei casi sono dovuti a flessioni del telescopio di guida, del telescopio principale o di entrambi.

La direzione dell'errore (elongazione delle stelle) è un'informazione molto importante. Se si verifica esattamente lungo l'asse Est-Ovest o Nord-Sud, avete probabilmente problemi con la guida, ma c'è la possibilità che la flessione si verifichi proprio lungo una di queste direzioni e quindi siate molto attenti nel valutarla!

Qui sotto, una porzione ritagliata di una ripresa di 30 minuti a 1,6"/pix, con tracce di flessione. L'AR è sul lato lungo dell'immagine.



Ricordatevi che l'unica attrezzatura esente da flessioni è la camera con doppio sensore (naturalmente ci sono degli svantaggi). Anche una guida fuori asse può subire flessioni nei punti di collegamento delle camere. Anche le ruote portafiltri possono introdurre flessioni se caricate con una camera di ripresa molto pesante. Ovviamente non sto parlando delle ruote portafiltri interne.

Se tutte le esposizioni guidate (brevi o lunghe) dovessero mostrare stelle allungate (anche se non necessariamente nella stessa misura) e avete superato senza problemi i test di ripresa senza guida, molto probabilmente i vostri problemi sono legati alla guida e avrete bisogno di studiare con cura la prima parte di questo documento.

Se il vostro test evidenzia problemi ottici, dovrete cominciare a risolverli partendo dalla camera di ripresa, mediante la rotazione di una parte alla volta (se possibile). Ruotate la camera per prima e verificate se ruotano anche le distorsioni guardando l'immagine sul monitor. Se ciò accade, l'errore non riguarda la camera di ripresa. Ora, ruotate il foceggiatore (ma mantenete fisso l'orientamento della camera) e controllate il risultato. Se la distorsione ha cambiato posizione probabilmente il vostro foceggiatore è fuori allineamento.



Nell'immagine qui sopra (30 minuti di esposizione) le stelle più luminose presentano una piccola protuberanza. Qualcosa ha disturbato la guida in AR per qualche secondo, lasciando così una traccia solo sulle stelle più luminose.

In fine, alcune parole su un'altra fonte di errori esterni, quelli che si trovano al di fuori del vostro osservatorio. Più sono lunghe le pose che riprendete, maggiori sono le possibilità che qualche elemento disturbi occasionalmente la guida. Questi elementi possono essere molteplici. In base alla mia esperienza questi sono quelli con i quali fare spesso i conti:
condensazione locale di nuvole, occultazione provocata dal passaggio di un aereo, raggi cosmici.

Riassumendo, di seguito alcune domande che dovrete porvi quando volete eliminare gli errori:

L'errore è presente in modo uniforme su tutto il sensore? SI'/NO

SI': problemi di guida, flessioni

NO: collimazione, disassamento (del sensore Ccd)

L'errore è presente in esposizioni brevi non guidate? SI'/NO

SI': collimazione, disassamento

NO: problemi di guida, flessioni

Qual è la durata minima delle esposizioni guidate che producono errore? Più brevi/più lunghe di 30 secondi

Più brevi: problemi di guida, collimazione, disassamento

Più lunghe: flessioni

Che direzione hanno gli errori sulla ripresa? Lungo gli assi o arbitraria?

Lungo gli assi: problema di guida

Arbitraria: flessioni, collimazione, disassamento

Cieli sereni

www.astronomy.hu



Innovazione e servizio dal 1996

