

3 Strumenti e tecniche per l'acquisizione di immagini

Il campo dell'acquisizione digitale di immagini è oggi in continua evoluzione, in particolare negli ultimi due anni le foto-camere digitali hanno uguagliato e sorpassato la qualità delle macchine fotografiche a pellicola, mentre i prezzi si sono sensibilmente ridotti.

Tutto ciò ha portato dei tangibili miglioramenti anche nell'ambiente delle telecamere industriali (telecamere comandabili da programma caratterizzate da un'alta affidabilità).

Per orientarsi all'interno dell'alta gamma di prodotti presente al momento nel mercato sono stati individuati svariati parametri che permettono il confronto delle caratteristiche più importanti dei vari dispositivi.

3.1 Metodo di acquisizione

Un'immagine caratterizzata da una risoluzione di $n*m$ pixel può essere ottenuta tramite un'unica acquisizione con l'utilizzo di un sensore avente $m*n$ elementi sensibili oppure tramite n acquisizioni successive con l'utilizzo di un sensore avente m elementi sensibili. Esistono quindi telecamere con sensore rettangolare e telecamere con sensore lineare.

3.1.1 Telecamere lineari

Le telecamere lineari sono dispositivi dotati di un sensore costituito da elementi sensibili posti su di una linea .

Per ottenere immagini bidimensionali vengono utilizzati meccanismi di movimentazione del sensore.

Una telecamera lineare dotata di movimento viene denominata telecamera a scansione e il suo funzionamento è molto simile a quello di uno scanner.

Questo tipo di dispositivi è molto preciso ma consente di acquisire immagini unicamente di oggetti posti molto vicini all'obiettivo, perfettamente immobili e investiti da un fascio di luce molto intenso.

3.1.2 Telecamere a sensore rettangolare (area array)

Il sensore di una telecamera di questo tipo è rettangolare ed è composto da una matrice di milioni di elementi sensibili che vengono esposti alla luce simultaneamente.

Per ottenere immagini a colori, l'esposizione può avvenire in tre passate (three-shot) o in una sola (one-shot o instant capture).

Nel caso di una telecamera **three-shot** ogni elemento del sensore viene esposto per tre volte alla luce. Per ogni esposizione viene posto davanti al sensore un filtro differente che permette il passaggio delle onde luminose aventi le frequenze caratteristiche rispettivamente del rosso, del verde e del blu (RGB).

Nel caso di una telecamera one-shot il sensore viene esposto una sola volta. Questi dispositivi dispongono di un sensore con tre elementi sensibili per ogni pixel ognuno dei quali è deputato all'acquisizione di un colore RGB.

3.2 I sensori

Il sensore che viene esposto per catturare l'immagine è formato da elementi sensibili, che al momento sono perlopiù, dei particolari componenti optoelettronici chiamati CCD (Charge-Coupled Device).

Nuovi ed economici dispositivi, ma ancora scarsamente usati, sono i CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor).

3.2.1 I Sensori CCD

In una macchina fotografica tradizionale, la superficie del film esposta alla luce giace su un piano posto di fronte all'otturatore. Il sensore CCD sostituisce il film nella maggior parte delle camere digitali attualmente in commercio. La superficie del sensore è paragonabile a quella di un'emulsione fotografica: alla matrice dei pixel corrisponde la grana dell'emulsione.

Ogni pixel di un sensore CCD esposto alla luce raccoglie una quantità di fotoni proporzionale alla durata dell'esposizione, e all'intensità del fascio luminoso incidente. Il CCD trasformerà parte dell'energia E associata ai quanti di luce incidente ($E=hc/\lambda$, dove h è la costante di Planck, c la velocità della luce e λ è la lunghezza d'onda della luce) in elettroni, ossia in cariche elettriche, che saranno immediatamente integrate nel substrato adiacente alla matrice dei pixel.

Durante l'esposizione mediante il processo di integrazione delle cariche, una precisa mappa elettronica dell'immagine ripresa si forma sulla superficie del sensore.

Al termine dell'esposizione l'immagine "impressa" nel substrato del sensore sarà trasmessa sotto forma di segnale elettrico ad un circuito integrato che ne effettuerà il campionamento, e la digitalizzazione.

L'immagine così ottenuta può essere quindi trasferita ad un computer.

3.2.2 I sensori CMOS

Un sensore CMOS è un dispositivo allo stato solido costituito da una serie di elementi fotosensibili organizzati a

matrice, esposti alla luce mediante un vetro sulla superficie del chip.

Ogni singolo elemento fotosensibile (pixel) è costituito da una capacità che accumula la corrente emessa da un foto-diodo (superficie attiva del pixel). La tensione presente su questa capacità viene convertita in un segnale numerico mediante l'utilizzo di un amplificatore differenziale e di un convertitore A/D.

Il segnale numerico risulta proporzionale alla luce incidente sul "pixel". La matrice del pixel viene letta periodicamente, pixel per pixel, nello stesso modo in cui si pennella un'immagine su di un televisore.

3.2.3 Parametri

In questo paragrafo verranno introdotti i parametri significativi per la scelta del dispositivo più adatto per le varie applicazioni.

3.2.3.1 Formato del Sensore

Vi sono 4 formati principali usati nei sensori delle telecamere: 1", 2/3", 1/2", 1/3" (misura della diagonale del sensore).

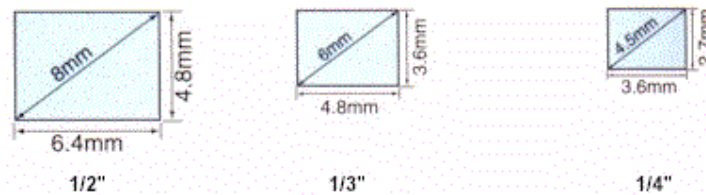


Figura 3.1 – Formato del sensore

Inoltre sono apparsi recentemente anche sensori da 1/4" e 1/5".

3.2.3.2 Numero di Pixel e risoluzione

I pixel sono gli elementi sensibili della matrice del sensore. Il loro numero varia con il tipo di sensore ed è in stretta relazione con la risoluzione della telecamera. Normalmente per risoluzione di una telecamera si intende il numero di pixel che possiede il sensore interno al dispositivo. Tale parametro viene espresso in due unità di misura :

N. di pixel totali

È il numero totale di elementi del sensore CCD. Alcuni elementi tuttavia non sono funzionanti.

N. di pixel attivi

È il numero effettivo di pixel attivi.

3.2.3.3 Rapporto Segnale / Rumore

È una misura dell'ammontare dell'interferenza causata dal rumore. Il suo valore è importante specialmente a bassi valori di illuminazione. Più alto è il suo valore, migliore sarà la qualità di un'immagine ripresa con scarsa illuminazione.

3.2.3.4 Controllo Automatico di guadagno (AGC)

È un circuito per amplificare il segnale video in basse condizioni di illuminazione. In alcune telecamere il livello di amplificazione può essere controllato manualmente (MGC = *manual gain control*).

3.2.3.5 Sensibilità

È il valore, espresso in Lux, della capacità della telecamera di fornire immagini con una buona definizione anche a basse intensità di luce incidente. La sensibilità di una telecamera è strettamente dipendente dall'apertura dell'obiettivo e dal rapporto segnale/rumore.

Generalmente una buona telecamera ha un rapporto segnale/rumore vicino ai 50dB ed è equipaggiata da un controllo automatico del guadagno (AGC) che amplifica il segnale video in condizioni di scarsa illuminazione. Quando entra in funzione l'AGC, l'immagine risulta più luminosa ma decisamente disturbata in quanto, oltre che ad amplificare il segnale, l'AGC amplifica anche il rumore.

La sensibilità può essere espressa in due modi:

Valore usabile (minima illuminazione)

Questo valore è una semplice indicazione del minimo valore dell'intensità della luce incidente necessario per produrre un segnale video.

Full Video

Questo è il valore reale da prendere in considerazione; è il più basso livello di luce al quale la telecamera produce un segnale video di ampiezza uguale a "1 volt picco-picco".

3.2.3.6 Sincronizzazione

La maggior parte delle telecamere ha un generatore interno di sincronismo che genera il segnale di lettura del sensore. Nel caso in cui il sistema comprenda più di una telecamera, è necessario provvedere ad una sincronizzazione esterna della telecamera.

3.3 Gli Obiettivi

L'obiettivo è un ottica che permette la messa a fuoco degli oggetti da riprendere.

Meccanicamente, l'obiettivo è un insieme di lenti in grado di modificare l'andamento dei raggi luminosi che lo attraversano focalizzando l'immagine sul CCD.

Le sue caratteristiche principali sono la **Lunghezza focale** espressa in mm., la **Luminosità** o **F** espressa in gradi dell'angolo di apertura del diaframma e il **Formato del sensore**.

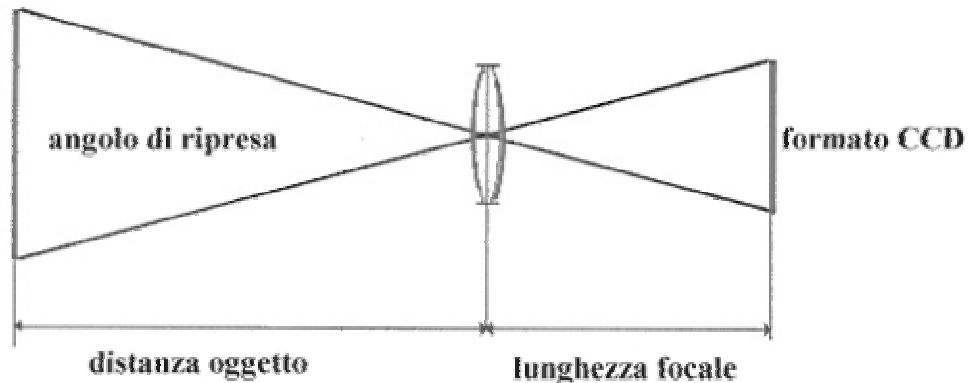


Figura 3.2 – angolo di ripresa

3.3.1 La lunghezza focale

La lunghezza focale di un obiettivo è il valore in millimetri che definisce la distanza tra il punto nodale ed il piano di formazione dell'immagine.

Come si nota dal disegno, la lunghezza focale dell'obiettivo è in relazione all'angolo di ripresa ed al formato del CCD.

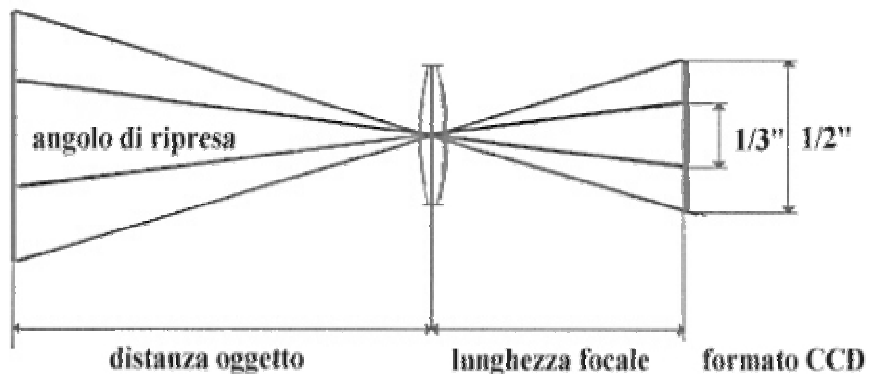


Figura 3.3 – La lunghezza focale

Difatti, aumentando la lunghezza focale, diminuisce l'angolo di ripresa e viceversa. Allo stesso modo si evidenzia che, a parità di lunghezza focale dell'obiettivo, l'angolo di ripresa cambierà in funzione del formato del CCD.

La scelta della lunghezza focale necessaria alla ripresa desiderata deve tenere conto del formato dell'obiettivo, del formato del CCD, che deve essere uguale o minore a quello dell'obiettivo, della distanza del soggetto e dalla ampiezza della scena ripresa.

Un modo veloce e preciso che permette di trovare la focale necessaria alla ripresa desiderata è l'utilizzo di un regolo dedicato, normalmente distribuito dai costruttori di obiettivi.

In mancanza del regolo, è consigliabile l'utilizzo della seguente formula:

$$\text{focale} = K * L / W$$

dove K = larghezza CCD (4,8 x 1/3", 6,4 x 1/2")
L = distanza del soggetto
W = larghezza della scena ripresa

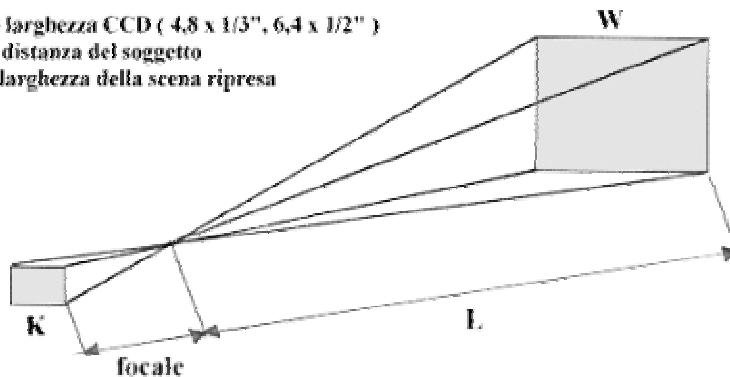


figura 3.4 – calcolo della focale

3.3.2 Il diaframma

La funzione del diaframma in un obiettivo è quella di permettere il passaggio della luce sull'elemento sensibile, di

ottenere profondità di campo e di correggere aberrazioni cromatiche.

Gli obiettivi con Diaframma Manuale sono consigliabili quando non esistono variazioni estreme di illuminazione della scena ripresa in quanto il diaframma viene impostato manualmente durante l'installazione e non è possibile variarlo al modificarsi delle condizioni di luce.

Le telecamere equipaggiate con otturatore elettronico (Shutter) avviano ai limiti di un obiettivo a diaframma manuale consentendo una notevole escursione dell'illuminazione della scena in quanto riducono il tempo di sensibilizzazione del sensore prima del trasferimento.

Ciò nonostante, per utilizzi in ambienti esterni, è sempre consigliabile un utilizzo a Diaframma Automatico (Auto Iris), anche se la telecamera possiede uno shutter elevato in quanto si otterrà sempre una migliore risposta in condizione di scarsa luminosità ed una migliore profondità di campo.

3.3.3 Profondità di campo

La profondità di campo è la zona perfettamente a fuoco che permette ad un soggetto di muoversi sull'asse di ripresa. La profondità di campo aumenta con la chiusura del diaframma e, a parità di condizioni, diminuisce con l'aumentare della lunghezza focale.

3.4 Schede di acquisizione

Le schede di acquisizione sono lo strumento di connessione tra la telecamera ed il computer, ovvero tra il sistema di acquisizione e quello di elaborazione delle immagini.

Esistono 2 tipi di schede d'acquisizione:

- camera link: utilizzati in corrispondenza di telecamere digitali
- frame grabber: utilizzati in corrispondenza di telecamere analogiche

Il frame grabber riceve in input il segnale video analogico prodotto dalla telecamera ed invia sul bus dati su cui è montato (generalmente PCI) l'immagine in forma digitale interpretabile dal computer. Tale trasformazione (analogico → digitale) è necessaria in quanto il segnale video prodotto dalla telecamera è continuo, mentre il computer richiede una versione digitalizzata o campionata di tale segnale. Il processo di digitalizzazione del segnale analogico (conversione A/D) è suddiviso in due fasi:

- campionamento del segnale analogico ad una frequenza fissa
- conversione della tensione del segnale nei punti campionati in un valore che viene memorizzato e che rappresenta la luminosità dell'immagine in tali punti.

3.5 Considerazioni finali

Nella scelta del dispositivo, è sensato effettuare una prima selezione delle apparecchiature disponibili sul mercato affidandosi alle caratteristiche tecniche riportate dai costruttori tenendo conto però che i vari parametri sono da paragonare con attenzione in quanto spesso calcolati con metodologie differenti.