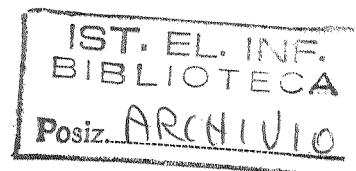


*Consiglio Nazionale delle Ricerche*

**ISTITUTO DI ELABORAZIONE  
DELLA INFORMAZIONE**

**P I S A**



**Contratto di collaborazione tecnico-scientifica  
Alenia-GAT/IEI-CNR**

*NDT System 3.0*

*Un sistema per il controllo di qualità*

*A. Marchetti, S. Minutoli*

Nota Interna B4-67

Dicembre 1992

Contratto di Collaborazione Tecnico-Scientifica  
Alenia-GAT/IEI-CNR

NDT System 3.0  
Un sistema per il controllo di  
qualità

*A.Marchetti, S.Minutoli*

Nota Interna B4-67  
Dicembre 1992

## INDICE

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| Collaborazione IEI-Alenia        | 1  |
| Introduzione a NDT System        | 2  |
| Architettura hardware e software | 4  |
| Interfaccia utente               | 7  |
| Strutture dati                   | 9  |
| Archiviazione dati               | 11 |
| Formato Tiff                     | 12 |
| Bibliografia                     | 19 |

## **Collaborazione IEI-Alenia**

Obiettivo generale della collaborazione IEI-Alenia è lo studio e la realizzazione di tecniche per il Controllo Non Distruttivo su materiali e componentistica di interesse aeronautico.

Nell'ambito di tale progetto rientra la realizzazione di due stazioni di lavoro per l'acquisizione e l'elaborazione di dati ricavati con tecniche di indagine basate sulla misura del segnale ultrasonoro riflesso, ed immagini di oggetti sollecitati termicamente ripresi da una termocamera.

Nella workstation ad ultrasuoni il pezzo in esame viene scandito passo passo bombardandolo con segnali ultrasonori e misurando il segnale riflesso con due modalità:

-a *soglia singola* in cui la misura del segnale riflesso si limita a considerare il valore di ampiezza massima all'interno di un range temporale predefinito, si ottiene in questo modo una matrice di interi bidimensionale che può essere trattata come un'immagine monocromatica.

*forma d'onda completa* in cui viene registrato tutto il segnale riflesso generando in tal modo una matrice di dati tridimensionale

Nella workstation termografica si prevedono due tecniche di acquisizione:

*statica* in cui l'oggetto in esame viene riscaldato con una sorgente di calore costante, l'oggetto è quindi esaminato dopo che si è raggiunta una situazione a regime cioè stazionaria. Il dato acquisito sarà una immagine monospettrale.

*dinamica pulsata* in cui l'oggetto subisce un impulso termico, della durata di circa 10ms. e l'interesse è volto all'evoluzione temporale (regime transitorio) delle caratteristiche termiche dell'oggetto. In questo caso il dato acquisito sarà una sequenza temporale di immagini

## Introduzione a NDT System

NDT system giunto ormai alla release 3.0 è un sistema software per l'acquisizione l'elaborazione e l'analisi di dati multisensoriali orientato verso applicazioni per il controllo non distruttivo della qualità di materiali. Nell'ambito della collaborazione IEI-Alenia, NDT system è stato utilizzato per il controllo di qualità del materiale composito con cui vengono realizzate alcune strutture aeronautiche.

Alcuni moduli di NDT system consentono all'utente di estrarre informazioni in tempo reale sulla qualità del prodotto in esame. I dati così estratti possono essere di vario tipo come risultati numerici, immagini, volumi etc. Grazie alla notevole flessibilità ed espandibilità dell'hardware su cui gira NDT system si può utilizzare una vasta gamma di sensori.

L'interfaccia grafica è stata realizzata con MOTIF, risultando molto gradevole e di un facile e potente utilizzo in quanto cerca sempre di presentare i vari moduli del sistema come strumenti hardware noti all'utente.

Un'altra caratteristica di NDT system è la sua apertura al mondo esterno, esso permette infatti una facile migrazione dei dati verso altre applicazioni, utilizzando formati standard là dove esistono, o documentando ampiamente i formati non standard.

NDT system è anche un potente strumento per lo studio di nuove tecniche di indagine in quanto possiede un ambiente, chiamato "General Environment", che mette a disposizione un insieme di operazioni che vanno dai semplici operatori logico aritmetico fino ad operazioni più complesse come il calcolo dei profili, dei momenti, della FFT etc. Questi operatori si configurano come dei mattoni con cui costruire nuove applicazioni più complesse. I risultati ottenuti possono condurre alla creazione di nuovi moduli che possono essere aggiunti ai moduli già esistenti. Infatti NDT system, grazie alla strutturazione ad oggetti garantisce una facile espandibilità e modificabilità.

Ultima caratteristica di NDT system è la capacità di creare differenti personalizzazioni, ognuna delle quali permette di nascondere ad un particolare utente tutte le funzionalità che

ritiene di non sfruttare per evidenziare solo quelle di cui ha effettivamente bisogno.

## Architettura Hardware

NDT System gira su di un sistema hardware distribuito, basato sul modello Client-Server. Questo sistema è in via di sviluppo nell'ambito dei progetti finalizzati "Robotica" e "Calcolo Parallelo". Attualmente ne esistono due prototipi presso l'Istituto di Elaborazione dell'Informazione su cui è caricato NDT System 3.0.

Nella fig.1 vediamo uno schema generale dell'architettura hardware.

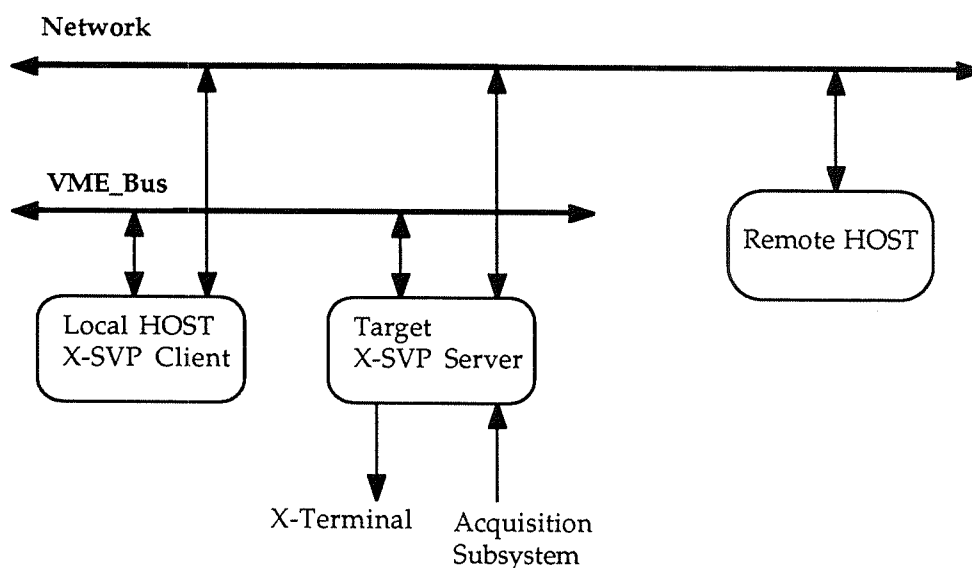


Fig 1 - Struttura generale del sistema hardware

Descriviamo in breve i vari componenti di questo sistema.

*Local Host* Processore 68040 con HD da 600Mb e 16Mb di Ram, basato su bus VMEbus a cui è attaccato una scheda Target

*Target* Processore 68030 con 8Mb di Ram che funziona come server per un terminale X e per il sistema di acquisizione.

*X-Terminal* Dizione impropria in quanto in questo caso ci riferiamo esclusivamente ai dispositivi di I/O di un terminale X che in realtà comprende al suo interno anche una CPU.

Acquisition Subsystem SVP2000 Questo sottosistema chiamato SVP2000 consente di acquisire da differenti sorgenti di informazione con differenti modalità (acquisizione singola o sequenziale, acquisizione sincrona o asincrona). Al suo interno come si vede nella fig.2 possiede una memoria video di 8Mb facilmente espandibile e configurabile via software per diversi tipi di dati (immagini ad 8/12/16 bit di dimensioni 512x512 o 1024x1024 o ...). Vi è inoltre un sistema di restituzione che consente di visualizzare in una finestra window, detta PICTURE window, il contenuto della video ram o direttamente il segnale di ingresso.

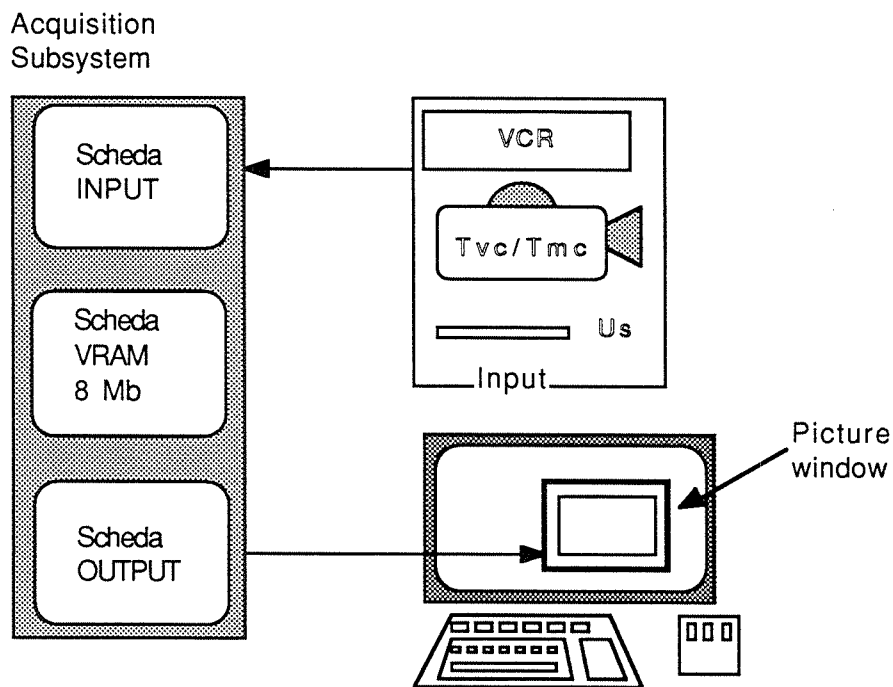


Fig.2 -Sottosistema di acquisizione

### Architettura software

Come si puo vedere dalla fig.3 NDT System fa uso esclusivamente di prodotti standard, da Unix SV a X-Window R4 a Motif, eccezione fatta per la libreria SVP-Lib che consente di utilizzare le funzioni del sottosistema di acquisizione.

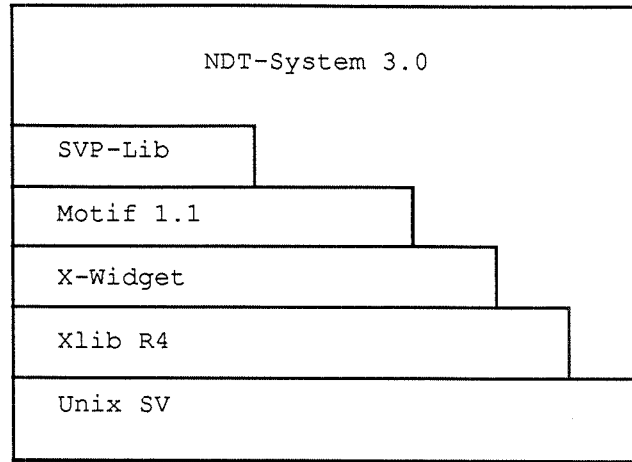


Fig.3 Struttura architettura software

Attualmente la libreria SVP-Lib è stata sviluppata solo su workstation Motorola ma non risulta impensabile un suo trasporto su altre piattaforme come IBM, DEC, HP, Silicon Graphics, Sun etc. Per cui un domani NDT System potrebbe girare tranquillamente su una workstation IBM che è collegata in rete con la scheda Target come nella fig.4

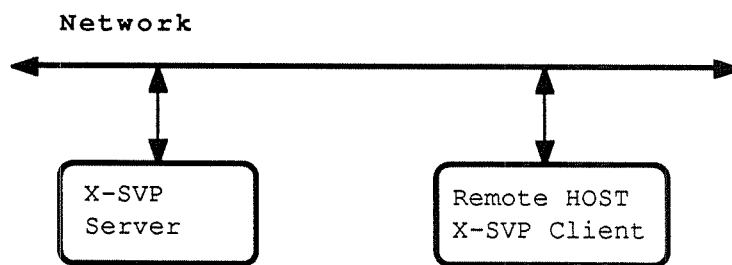


Fig.4 Configurazione hardware minima richiesta da NDT System 3.0

## **Interfaccia Utente**

L'utente inizialmente può scegliere tra tre ambienti di lavoro così chiamati: Thermographic Environment, Ultrasound Environment e General Environment. I primi due ambienti sono ritagliati in base al tipo di dato acquisito, rispettivamente una mappa di temperature e una mappa di segnali ad ultrasuoni riflessi.

Il terzo ambiente è invece di tipo generale; gli algoritmi in esso implementati non saranno specializzati su nessun tipo di dato, ma bensì avranno caratteristiche generali. La presenza di quest'ultimo ambiente si giustifica oltre che per consentire un uso più generale delle risorse del sistema, anche per disporre di un ambiente su cui studiare nuovi algoritmi che in seguito potranno essere calati negli altri due ambienti.

Ognuno di questi tre ambienti contiene al suo interno almeno quattro moduli riguardanti l'acquisizione, la pre-elaborazione, l'enhancement e l'analisi.

Ognuno di questi moduli costituisce un mondo perfettamente autonomo ed anche se è possibile passare da un modulo all'altro e da un ambiente all'altro in modo immediato, il più delle volte questo non è necessario. Ogni modulo infatti possiede tutte le funzioni per poter interagire con i dispositivi hardware di cui può avere bisogno. Da ogni modulo è infatti possibile vedere ed interagire con l'archivio per caricare e o salvare immagini o altri dati, con la video ram per effettuare operazioni di editing etc. Le interfacce grafiche dei vari moduli sono state create seguendo un protocollo generale, questo per presentare all'utente il medesimo "look and feel".

Nella fig.5 possiamo vedere un esempio di interfaccia grafica del modulo di acquisizione di sequenze temporali di immagini termografiche.

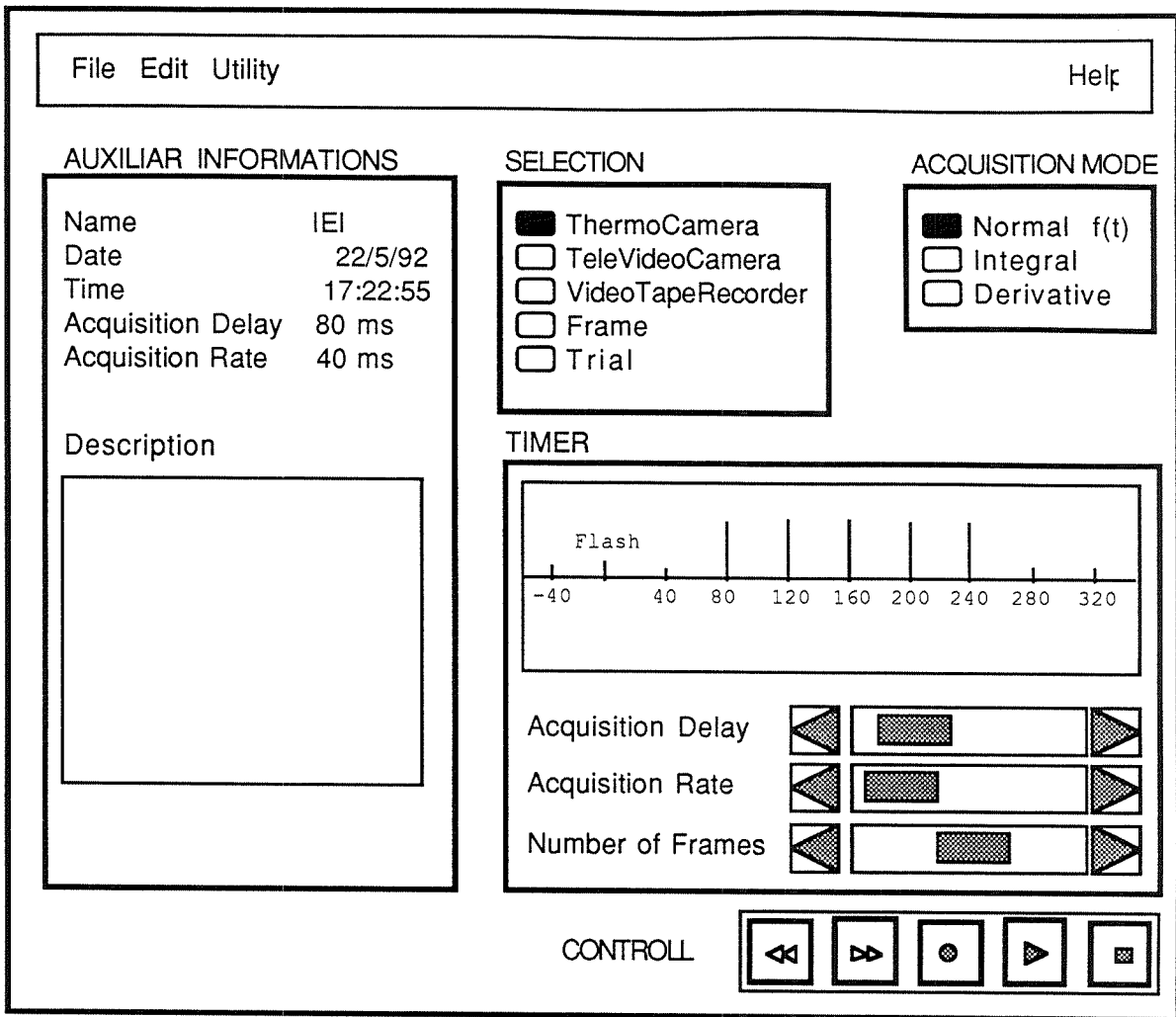


Fig.5 Interfaccia del modulo di acquisizione di sequenze di immagini termografiche

## Strutture dati

I dati così acquisiti e quelli generati da elaborazioni successive ricadono in cinque classi come evidenziato nella fig.6

|   | ULTRASUONI     |               | TERMOGRAFIA |         |
|---|----------------|---------------|-------------|---------|
|   | Soglia singola | Onda Completa | Stazionaria | Pulsata |
| Immagini singole monocromatiche a 256 livelli   | •              |               | •           |         |
| Sequenze temporali Monocromatiche a 256 livelli |                |               | •           | •       |
| Matrici Reali                                   | •              |               | •           |         |
| Look_up Table                                   | •              | •             | •           | •       |
| Dati Volumetrici                                |                | •             |             |         |

Fig.6 Tipi di dati

Per quanto riguarda la gestione dei dati si assume che ogni dato logico con ogni informazione utile ad identificarlo sia memorizzato su di un singolo dato fisico (file). Questo implica che bisogna definire per ogni classe di oggetti un formato di memorizzazione.

Per i dati immagine è stato scelto il formato TIFF per le cui specifiche si rimanda alle note in bibliografia.

Per le matrici reali si adotta un formato molto semplice antepoendo alla matrice di dati memorizzata per riga le informazioni riguardanti la dimensione: numero di righe e numero di colonne.

Per le look up table si memorizzeranno sequenzialmente i tre vettori ciascuno di 256 elementi in formato ascii, ciò permetterà un loro editing con un normale word processor o con le utilities presenti sotto Unix.

Per i dati volumetrici che dovranno contenere le onde complete rilevate per ogni pixel si deve ancora studiare un formato che naturalmente dovrà tenere conto del modo di acquisizione e delle modalità di visualizzazione di questi dati molto voluminosi.

## Archiviazione dati

Con l'assunzione di associare il dato logico al dato fisico (file) implicitamente si è data una soluzione sia al modo di ordinare tra loro i dati che ai meccanismi di recupero dell'informazione, infatti per tutte queste operazioni si utilizza, con pochi ritocchi, la libreria di routine e comandi associata al file system del sistema operativo Unix SV.

Vediamo una descrizione di questo File System dal punto di vista dell'utente.

Sotto UNIX i file sono organizzati gerarchicamente in una struttura ad albero in cui i nodi sono directory e le foglie sono i file stessi.

Il cammino per arrivare dalla directory radice ad un file è detto "pathname". Ogni file è quindi identificato da un pathname, da un nome e da una estensione ( esempio: pathname=/usr/image nome=retina estensione=mono). L'estensione può essere utilizzata per identificare la classe di appartenenza del dato logico contenuto nel file.

Per i nostri dati si utilizzano queste estensioni:

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| -Immagine Singola       | *.tiff |
| -Immagine Sequenziale   | *.seq  |
| -Matrici immagine reale | *.real |
| -Tabelle di LUT         | *.lut  |
| -Dato Volumetrico       | *.3D   |

Inoltre nel file system di UNIX ad ogni file sono associati dei diritti di accesso e la data di creazione.

Rispettando queste poche regole è facilissimo poter navigare in una tale struttura considerando solo i file di nostro interesse, con la possibilità di creare ambienti di lavoro differenziati sulla stessa macchina infatti è possibile creare e cancellare directory e proteggere in scrittura e/o in lettura un file o una directory.

## Formato TIFF

Sono stati sviluppati differenti tipi di formati TIFF in particolare per le immagini singole e per le sequenze temporali.

### Immagini singole

Attualmente le immagini singole sono acquisite dalla workstation SVP2000 e convertite in immagini digitali ad 8 bits. In un prossimo futuro si prevede di poter acquisire anche con 12 bits. La seguente figura fig 7 mostra in dettaglio il formato TIFF che è stato adottato, mentre la fig.8 mostra lo schema generale di un file immagine.

| Tag | Name              | Type | Value    | Comment                          |
|-----|-------------------|------|----------|----------------------------------|
| 254 | NewSubFileType    | L    | 0        | (a single full resolution image) |
| 256 | ImageWidth        | L    |          | (generally 512)                  |
| 257 | ImageLength       | L    |          | (generally 512)                  |
| 258 | BitsperSample     | S    | 8        |                                  |
| 259 | Compression       | S    | 1        | (image not compressed)           |
| 262 | Photometric Int.  | S    | 1        | (min=BLACK max=WHITE)            |
| 270 | ImageDescription  | A    | ->(384)  | (128 character)                  |
| 273 | StripOffset       | L    | ->(1024) |                                  |
| 274 | Orientation       | S    | 1        | (default)                        |
| 277 | SamplesperPixel   | S    | 1        | (default)                        |
| 278 | RowsperStrip      | L    |          | ImageLength                      |
| 279 | StripByteCounts   | L    |          | ImageLength x ImageWidth         |
| 280 | MinSampleValue    | S    | 0        |                                  |
| 281 | MaxSampleValue    | S    | 255      |                                  |
| 282 | Xresolution       | R    | ->(336)  | (generally 300 dpi)              |
| 283 | Yresolution       | R    | ->(344)  | (generally 300 dpi)              |
| 290 | GrayResponseUnit  | S    | 3        | (thousandths of a unit)          |
| 291 | GrayResponseCurve | S    | ->(512)  | (256 short)                      |
| 296 | Resolution Unit   | S    | 3        | (centimeter unit measure)        |
| 305 | Software          | A    | ->(352)  | (32 character)                   |
| 306 | Datetime          | A    | ->(316)  | (yyyy:mm:dd hh:mm:ss)            |

Fig7 Image File Directory per immagini ad 8-bit.

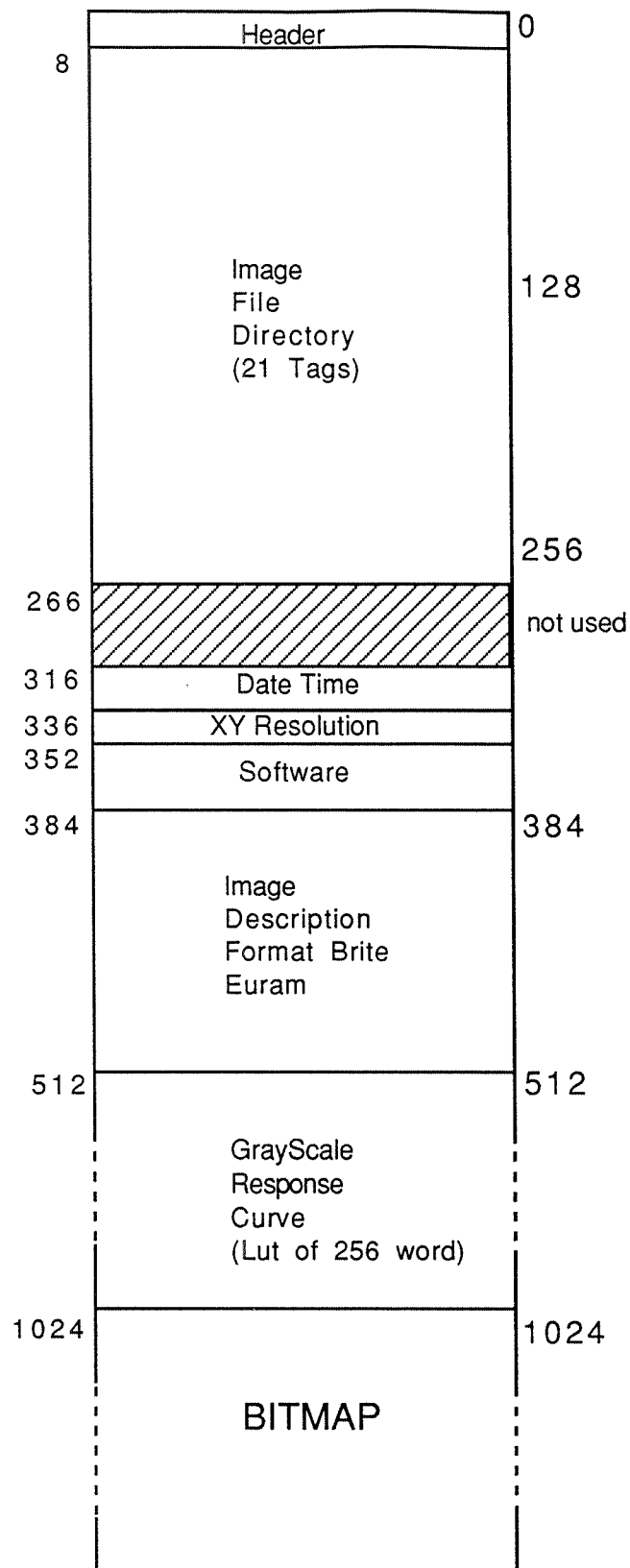


Fig.8 - Struttura generale di un file immagine ad 8-bit.

### Sequenze temporali

In questo caso tutti i fotogrammi della sequenza sono memorizzati nello stesso file insieme con una immagine di sintesi, detta "quick look". Le seguenti figure mostrano alcuni dettagli circa il formato tiff adottato. La fig.9 mostra la IFD di ciascun fotogramma, la fig.10 mostra la IFD dell'immagine di sintesi, e la fig.11 mostra la struttura generale di un file contenente una sequenza temporale di immagini.

| Tag | Name             | Type | Value   | Comment                      |
|-----|------------------|------|---------|------------------------------|
| 254 | NewSubFileType   | L    | 2       | (image of a sequence)        |
| 256 | ImageWidth       | L    |         | (generally 512)              |
| 257 | ImageLength      | L    |         | (generally 512)              |
| 258 | BitsperSample    | S    | 8       |                              |
| 262 | Photometric Int. | S    | 1       | (min=BLACK max=WHITE)        |
| 273 | StripOffset      | L    | ->(...  |                              |
| 282 | Xresolution      | R    | ->(336) | (generally 300 dpi)          |
| 283 | Yresolution      | R    | ->(344) | (generally 300 dpi)          |
| 296 | Resolution Unit  | S    | 3       | (centimeter unit of measure) |
| 297 | PageNumber       | S    | 1/N     | (N=sequence length)          |

Fig 9 Image File Directory di ciascuna immagine della sequenza.

| Tag   | Name             | Type | Value   | Comment                  |
|-------|------------------|------|---------|--------------------------|
| 254   | NewSubFileType   | L    | 1       | (single full res. image) |
| 256   | ImageWidth       | L    |         | (generally 512)          |
| 257   | ImageLength      | L    |         | (generally 512)          |
| 258   | BitsperSample    | S    | 8       |                          |
| 259   | Compression      | S    | 1       | (image not compressed)   |
| 262   | Photometric Int. | S    | 1       | (min=BLACK max=WHITE)    |
| 270   | ImageDescription | A    | ->(384) | (128 character)          |
| 273   | StripOffset      | L    | ->(...  |                          |
| 278   | RowsperStrip     | L    |         | ImageLength              |
| 279   | StripByteCounts  | L    |         | ImageLength x ImageWidth |
| 290   | GrayResponseUnit | S3   |         | (thousandths of a unit)  |
| 291   | GrayResponseCurv | S    | ->(512) | (256 short)              |
| 296   | Resolution Unit  | S    | 3       | (centimeter)             |
| 305   | Software         | A    | ->(352) | (32 character)           |
| 306   | Datetime         | A    | ->(316) | (yyyy:mm:dd hh:mm:ss)    |
| 32768 | CadenceOfAcq.    | L    |         | (Private Tag)            |
| 32769 | CadenceUnit      | S    | 3       | (millisecond)            |

Fig 10 Image File Directory della immagine di sintesi.

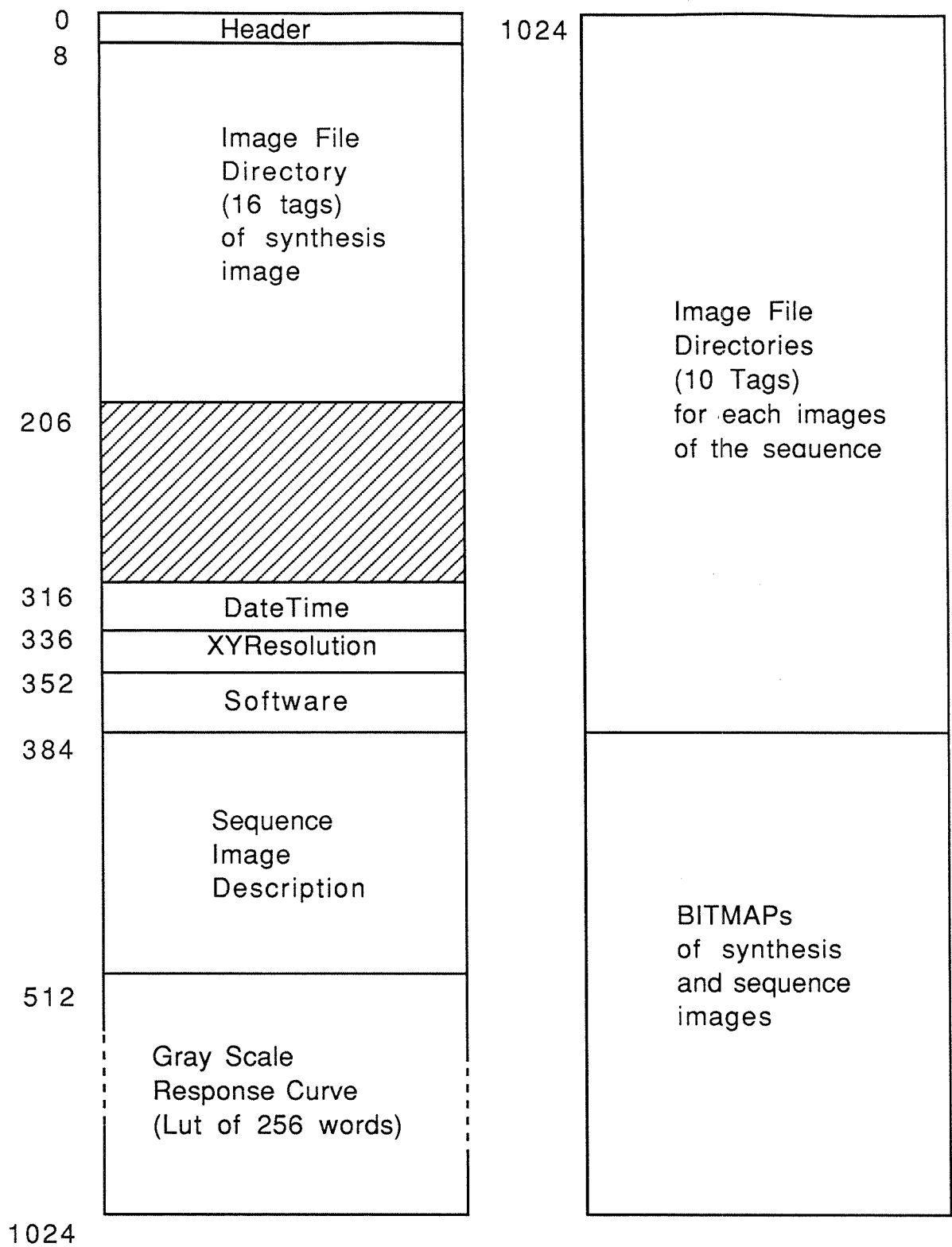


Fig 11 Struttura generale di un file contenente una sequenza temporale di immagini.

Vediamo ora una breve descrizione del software tiff implementato con particolare riguardo ai moduli TIFF Reader e Tiff Writer.

Il pacchetto software sviluppato per la gestione del formato Tiff è composto di tre livelli di librerie nominate "High Level", "Mid Level", e "Low Level". Ad ogni livello ciascuna funzione può invocare soltanto le funzioni a livello sottostante.

La libreria "High Level" contiene funzioni usate per leggere e salvare immagini nel formato Tiff e sono accessibile da tutti i moduli di NDT System.

La libreria "Mid Level" contiene un insieme di utilty di conversione e di interrogazione per gestire altri formati Tiff; alcune funzioni contenute in questa libreria sono state realizzate direttamente altre sono state estratte da librerie di pubblico dominio.

Finalmente la libreria "Low Level" contiene una raccolta delle routine elementari usate dalle funzioni a più alto livello.

La Figura 12 riassume il software sviluppato.

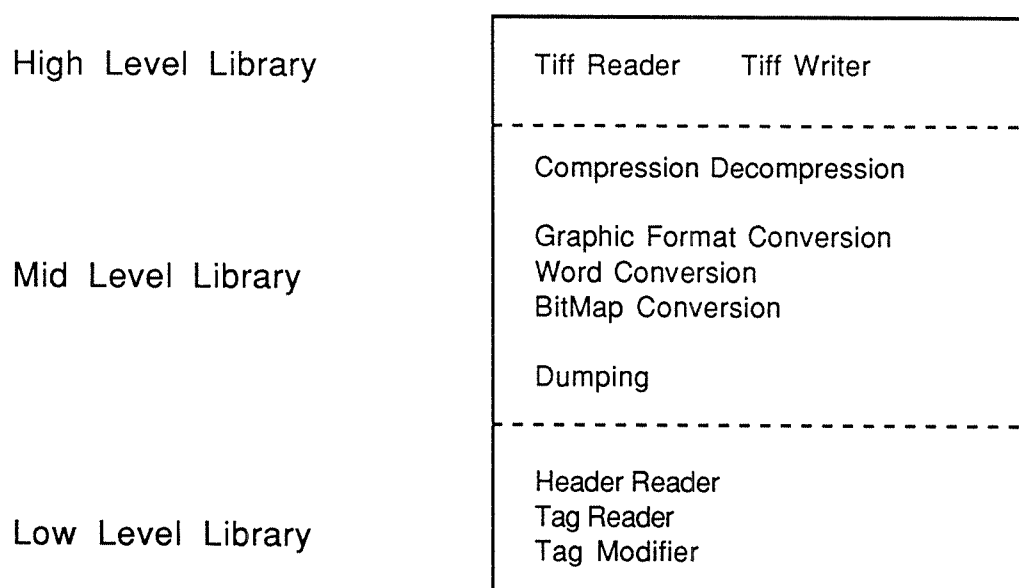


Fig.12 - Il Software sviluppato per gestire il formato Tiff

## *Tiff Reader e Tiff Writer*

Il formato Tiff è stato adottato per seguire uno standard internazionale che garantisse lo scambio dei dati con differenti applicazioni. Per ottenere questo, si è seguito tutta una serie di regole nel realizzare il Tiff Reader ed il Tiff Writer.

Il Tiff Writer è una procedura per memorizzare su file un'immagine in formato Tiff. Siccome il formato Tiff è molto flessibile, per garantire la più ampia accessibilità, è necessario rispettare le seguenti linee guida:

1. Non usare TAGS superflui
2. Usare ogni qualvolta è possibile dei valori di default.
3. Usare TAGS privati solo quando strettamente necessario.
4. Organizzare il file Tiff nel seguente modo

```
Header Tiff [0-7]
Image File Directory [8-...]
Information Data
BitMap
Strip_offsets
Strip_bytes_counts
```

Il Tiff Reader è usato per leggere file immagini in formato Tiff, molte volte provenienti da applicativi esterni; per questa ragione deve essere realizzato in modo da contemplare il più ampio spettro di casi. Per realizzare un Tiff Reader la prima cosa da fare è quella di individuare il sottoinsieme di immagine che il si intende gestire o che il sottosistema pittorico può gestire. Su questa base sono state adottate le seguenti linee guida:

1. Scelta dei TAGS e dei rispettivi valori che si intendono gestire
2. Rifiuto dei file immagini non gestiti
3. Ignorare i TAGS sconosciuti
4. Controllare sempre tutti i TAGS presenti
5. Assumere i valori di default per i TAGS non presenti.

Un possibile algoritmo per il Tiff Reader è mostrato nella fig

13

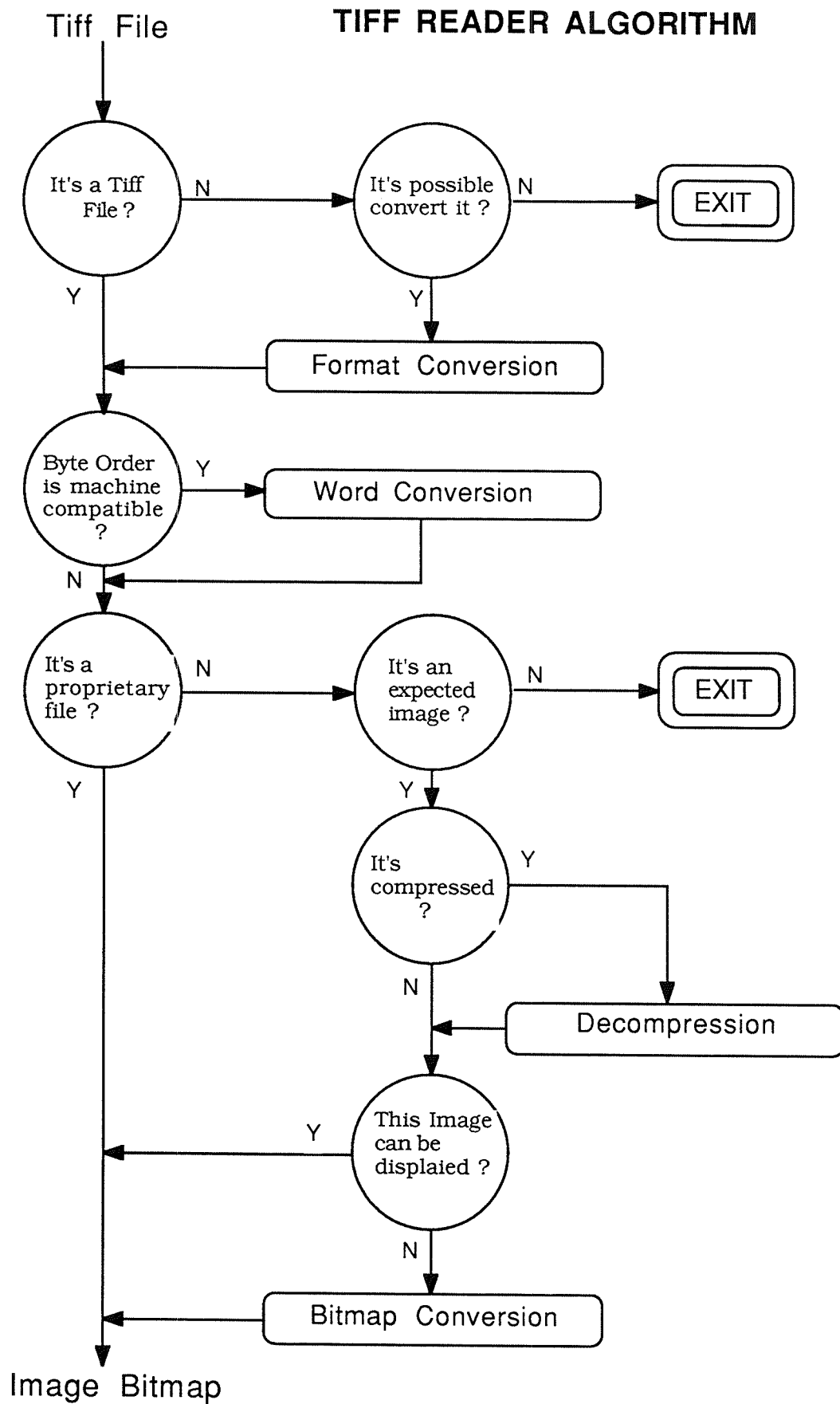


Fig.13 - Diaframma di flusso del Tiff Reader.

## Bibliografia

- Azzarelli L., Chimenti M., Salvetti O.  
"An image Processing Workstation for Thermography"  
BRITE EURAM PROJECT N.3209 Non-contact methods for NDT of aeronautical structures - Report N.4.3.01 December 1991.
- Azzarelli L., Bramanti M., Chimenti M., Salvetti O., Gontero E., Nari D.  
"A Multiprocessor Architecture for Pattern Segmentation"  
Ercim Workshop on Parallel Architectures for Computer Vision. Proceedings (Crete, 1992), 69-90
- Marchetti A.  
"Archiviazione dati in formato Tiff orientato al settore NDT"  
Contratto di collaborazione tecnico scientifica Alenia-Gat-Iei-Cnr, Nota interna B4-13, Maggio 1992
- Bozzi E., Chimenti M., Azzarelli L.  
"Ispezione a soglia singola mediante prototipo di stazione US"  
Contratto di collaborazione tecnico scientifica Alenia-Gat-Iei-Cnr, Nota interna B4-17, Giugno 1992
- Bozzi E., Chimenti M.  
"Progetto software 'Programmi di scansione e acquisizione US"  
Contratto di collaborazione tecnico scientifica Alenia-Gat-Iei-Cnr, Nota interna B4-26, Luglio 1992
- Bozzi E., Chimenti M., Azzarelli L.  
"Sviluppo di procedure per la scansione ad Ultrasuoni di superfici curve mediante robot a sei assi"  
Contratto di collaborazione tecnico scientifica Alenia-Gat-Iei-Cnr, Nota interna B4-38, Settembre 1992