

Relazione di fattibilit  su:

Sistema di guida radiologica che consente un controllo visivo
in tempo reale nel settore della neurochirurgia stereotassica
a scopo diagnostico e terapeutico.

Introduzione.....	2
Sviluppo e realizzazione del sistema prototipale.....	2
A) Approfondimento di alcune parti funzionali.....	2
B) Definizione del sistema di elaborazione di immagini	3
C) Scelta delle metodologie per l'inseguimento dell'ago.....	4
D) Realizzazione e programmazione del prototipo.....	4
E) Sperimentazione del sistema e sua validazione....	4
Competenze e Risorse Richieste.....	5
Materiali e Attrezzature.....	6
Pianificazione Temporale.....	6
Preventivo dei costi.....	7

Marzo 1989

Prof. Virginio Cantoni

Introduzione

L'obiettivo di questa attivita' e' lo sviluppo di un sistema di guida radiologica che consenta il controllo visivo in tempo reale della regione cerebrale per operazioni di neurochirurgia stereotassica. Tale sistema operera' sulla base di sequenze di coppie di immagini, e sara' corredato da un ambiente per la manipolazione (da parte di personale medico) e la presentazione di tali immagini, al fine di consentire l'evidenziazione al meglio della sonda chirurgica durante la progressiva penetrazione.

Tale sistema di elaborazione di immagini dovra' integrarsi sulla struttura base del sistema isocentrico descritta nella brochure "Neurogil - Guida a 'scansione digitale' per stereotassi" (allegato A); nel quale, in particolare, le due immagini sono acquisite mediante la struttura pensile telescopica alla quale le sorgenti radiogene ed i detettori di immagine sono accoppiati meccanicamente come illustrato nello stesso allegato.

Una traccia tecnica della soluzione che verra' sviluppata e' riportata nell'allegato B. Le problematiche piu' importanti, descritte nella relazione preliminare citata, sono riprese nel seguito evidenziando i problemi che dovranno essere affrontati durante la fase di definizione del sistema.

Sviluppo e realizzazione del sistema prototipale

Le attivita' previste per lo sviluppo, la realizzazione e la prima sperimentazione del sistema prototipale sono cosi' suddivise:

A) Approfondimento di alcune parti funzionali.

Come e' descritto nell'allegato B, diversi punti del sistema di elaborazione debbono essere ottimizzati al fine di rendere massima l'efficacia del sistema sia in precisione nella ricostruzione della posizione della punta dell'ago e dell'intorno locale, sia in termini di tempi di calcolo, nella minimizzazione della dose di radiazione X globale sul paziente, sia infine per l'estensione dell'utilizzo del sistema ad altri tipi di diagnosi e terapie.

- Ottimizzazione della geometria del sistema. Come e' discusso in dettaglio in appendice l'angolo formato tra le due sorgenti radiogene condiziona precisione, spazio di ricerca, visione stereometrica.

- Gestione ottimale della coppia sorgente-sensore. La penetrazione dell'ago e' ovviamente progressiva, l'aggiornamento delle coppie consecutive di immagini, puo' pertanto essere attuato solo nell'intorno della precedente posizione, riducendo tempi e dose radiologica al paziente. L'analisi dei movimenti richiesti, come la modalita' di stima degli stessi deve essere pero' investigata.

- Ricostruzione per punti dell'intorno dell'ago. La ricostruzione del contesto nel quale l'ago si sta muovendo deve essere fatta per punti. Il numero dei punti su cui si basa la ricostruzione influenza la precisione della ricostruzione ed il tempo di calcolo. Inoltre i punti per essere utilizzabili a questo scopo devono essere sufficientemente "identificabili" (appartenenti ad aree sufficientemente contrastate); quindi non tutti i punti sono adatti allo scopo in dipendenza dal tipo di radiografia e del tipo di area circostante.

- Autonomia e possibilita' di uso indipendente dalla TAC. Se la qualita' della coppia di immagini radiologiche fosse sufficiente potrebbe anche essere affrontato il problema di operare direttamente su questa base senza ricorrere ad una TAC precedente.

- Creazione visiva di immagini stereoscopiche. Limitando l'angolo delle due sorgenti radiogene (attorno ai 6 gradi) e' possibile studiare la possibilita' di mostrare contemporaneamente la coppia di immagini in modo da produrre una vista pseudo-3D.

- Manipolazione di immagini angiografiche. L'applicazione del sistema alle immagini angiografiche (con caratteristiche computazionali peculiari) verra' studiato in maggior dettaglio, essendo questa, a priori, una delle piu' probabili applicazioni aggiuntive del sistema.

- Fusione dei dati tra TAC e Neurogil. Il problema della fusione dei dati provenienti da sensori diversi e' molto critico non solo quando l'integrazione di tali informazioni deve avvenire in tempo reale (verifica dei passaggi dalle zone critiche), ma anche quando viene richiesta off-line, come per l'avvio dell'operazione stereotassica.

B) Definizione del sistema di elaborazione di immagini

- Architettura di base. Il sistema di elaborazione dovra' comprendere unita' di elaborazione, monitoraggio e memorizzazione. Anzitutto dovra' essere definita o valutata l'architettura di base del sistema finale e le interazioni tra le varie unita'.
- Componenti principali. I componenti principali del sistema dovranno essere definiti e selezionati. In particolare dovra' essere valutata l'opportunita' di introdurre unita' funzionalmente specializzate.
- Interfacciamento dei componenti. I vari componenti vanno interfacciati tra di loro e dovranno studiarsi le eventuali integrazioni hardware e software rispetto all'esistente.

C) Scelta delle metodologie per l'inseguimento dell'ago

Come e' stato riportato nella relazione preliminare il processo di controllo visivo in tempo reale nella neurochirurgia stereotassica puo' essere suddiviso in quattro fasi ricorsive:

- i) localizzazione del punto di riferimento (ago o punto di interesse in un suo intorno) su di una delle due immagini;
- ii) ricerca del punto corrispondente sulla seconda immagine;
- iii) determinazione delle coordinate spaziali x, y, z del punto sotto esame;
- iv) verifica di congruenza della posizione del punto secondo quanto prestabilito.

- Studio delle 4 fasi ricorsive. Tale sequenza deve ripetersi ciclicamente ad intervalli regolari secondo le richieste di accuratezza del controllo. Ovviamente l'efficienza nella implementazione di questa sequenza condiziona le prestazioni complessive della macchina.

- Determinazione dello spazio di ricerca iniziale. Mentre a regime si possono sfruttare metodologie di tracking, all'avvio occorre studiare l'intorno di partenza e il percorso della sonda sulla base dei dati della TAC da mapparli ovviamente sulla prima coppia di immagini; oppure dovra' essere calcolato direttamente dalla coppia iniziale.

- Approfondimento delle soluzioni di tracking. Un aspetto da approfondire, che puo' rendere piu' spedita ed affidabile la soluzione di regime, e' quello di sfruttare

al meglio le informazioni disponibili dai risultati della coppia di immagini precedente, e dal movimento applicato, per restringere il campo di ricerca e la fase di aggiornamento della nuova configurazione attorno alla punta dell'ago.

- Verifica di congruenza con le aree critiche prossime. Infine, va studiato come effettuare le verifiche di compatibilita' e congruenza delle configurazioni ricostruite sulla base dei dati da esami precedenti e dalla conoscenza della zona anatomica percorsa dalla sonda.

D) Realizzazione e programmazione del prototipo

La realizzazione del prototipo prevede la messa a punto del software specifico relativo alle soluzioni dei problemi riportati, ma anche e dal punto di vista dell'impegno richiesto, soprattutto il completamento del software di elaborazione d'immagine che possa consentire lo sviluppo e l'uso del sistema in altre applicazioni radiologiche.

E) Sperimentazione del sistema e sua validazione

La validazione e sperimentazione e il "tuning" del sistema su casi significativi che includono non solo la neurochirurgia stereotassica, ma anche altre applicazioni che potranno essere definite (ad esempio per l'elaborazione di immagini angiografiche) concludono l'attivita'.

Competenze e Risorse Richieste

RP: Responsabile del Progetto. Le funzioni del responsabile del progetto consistono nel coordinamento complessivo dello stesso, nella pianificazione delle attività, nella scelta degli esperti che dovranno di volta in volta concorrere allo sviluppo delle soluzioni tecniche e funzionali.

CT: Coordinatore Tecnico. Le funzioni del coordinatore tecnico sono quelle di coadiuvare il responsabile del progetto nelle scelte tecniche e decisionali, di svolgere le ricerche di documentazione scientifica ed eventualmente di prodotti che risultano via via necessarie, e di seguire la realizzazione del prototipo.

SV: Specialisti di Vari Argomenti. Sono persone che durante lo svolgimento del progetto saranno consultate su temi specifici sia con riferimento alle possibili integrazioni con apparecchiature e tecniche già esistenti (ST), sia per interpretare meglio il punto di vista dell'utente al fine di raggiungere una maggior efficacia applicativa (SM).

AP: Analisti e Programmatori. Sono le persone che dovranno realizzare il prototipo e programmarne il software applicativo, integrando quello già esistente sul DMD-Gil-2000. Dovranno essere persone che lavorano intensivamente al progetto con una certa esperienza nel settore di elaborazione di immagini.

RISORSE (gg)

	RP	CT	ST	SM	AP
a)	14	7	3	2.5	-
b)	6	9	3	-	-
c)	10	6	1	1.5	-
d)	4	13	6	-	210
e)	3	2	2	2	30
Totale	37	37	15	6	240

Con riferimento alle attività descritte nella sezione II sono qui sopra riassunte le risorse richieste in (termini di giornate lavorative) per ognuna delle attività'.

Materiali e Attrezzature

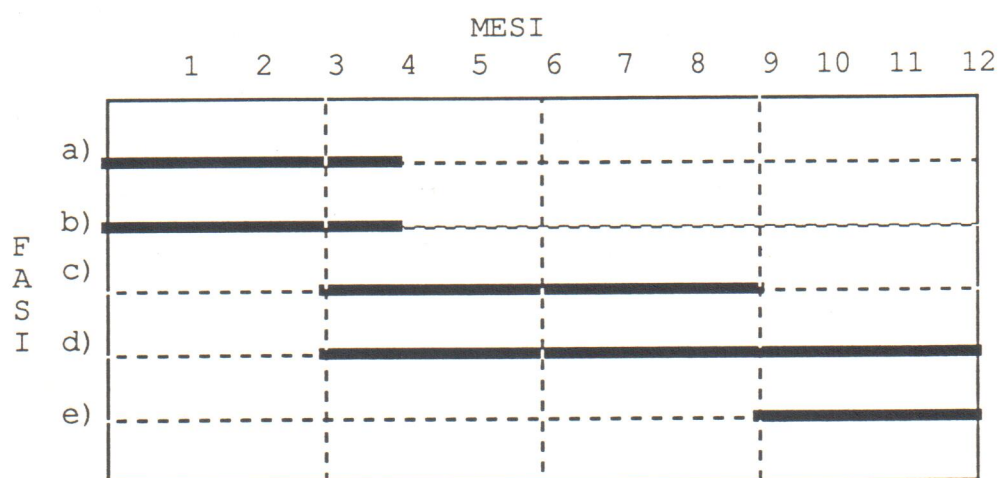
Integrazione dell'hardware del sistema DMD-Gil-2000 (Monitor doppi per la coppia di immagini, in generale schede di manipolazione del segnale e dispositivi per la memorizzazione) 25 ML

Pianificazione Temporale

Il progetto e' previsto per una durata annuale (1/4/1989 - 1/4/1990).

La pianificazione temporale rispetta ovviamente l'ordine prioritario con cui sono state descritte le varie fasi. In particolare e' prevista entro i primi quattro mesi la definizione finale delle caratteristiche funzionali e architetture del sistema (fasi A) e B)); in parallelo l'avvio dello studio delle metodologie e degli algoritmi per l'ottenimento delle prestazioni richieste (fase C)) e la costruzione e programmazione di un primo prototipo. Infine nell'ultimo trimestre, oltre al completamento del sistema, si prevede la validazione dello stesso su alcuni casi applicativi.

L'andamento temporale del progetto e' pertanto quello riassunto nel diagramma riportato di seguito.



Preventivo dei costi

Il costo complessivo del progetto, ovviamente riferito alla sola parte di manipolazione delle immagini raccolte, puo' essere stimato nel modo seguente:

Competenze tipo RP (1ML/giorno)	37	ML
Competenze tipo CT (1ML/giorno)	37	ML
Competenze tipo ST (1ML/giorno)	15	ML
Competenze tipo SM (1ML/giorno)	6	ML
Competenze tipo AP (0.27 ML/giorno)	64.8	ML
Integrazione HW e SW	25	ML

TOTALE COSTI

184.8 ML