

Istituto di Radioastronomia- Stazione VLBI di Noto

Rapporto Tecnico

“ Il sistema di monitoraggio RFI per la Stazione VLBI di Noto”

Francesco Schillirò

Cap. 1 RFI (Radio Frequency Interference)

1. Generalità	
	pag. 3
2. RFI (Radio Frequency Interference)	
	pag. 4
3. RFI Mitigation	
	pag. 5
4. Conclusioni	
	pag. 7

Cap. 2 Hardware equipment.

1. Generalità	
	pag. 8
2. Il Controller	
	pag. 10
3. I Ricevitori	
	pag.11
4. L'interfaccia CI-V (ICOM COMMUNICATION INTERFACE)	
	pag. 14
5. La AUX BOX 1 ed il suo funzionamento.	
	pag. 22
6. Conclusioni	
	pag. 30

Cap. 3 Il Software MARFI (Monitoring and Acquisition of Radio Frequency Interference).

1. Generalità	
	pag. 32
2. MARFI: le funzionalità.	
	pag. 33
3. MARFI: la struttura.	
	pag. 34
4. Conclusioni	
	pag. 46

Bibliografia	
	pag. 47

RFI (Radio Frequency Interference)

1. Generalità

Lo sviluppo delle applicazioni per telecomunicazione e la crescita dei servizi ad esse legati hanno contribuito allo sfruttamento sempre più intenso delle bande di frequenza vicine, se non in qualche caso coincidenti, a quelle destinate alla radioastronomia.

Tali servizi sono i maggiori produttori di radio interferenze che in modo più o meno grave, perturbano i dati acquisiti dai radiotelescopi rendendoli talvolta inutilizzabili.

Le strategie da seguire per rendere prive di disturbi le bande in uso alla radioastronomia hanno una duplice natura: da un lato è utile intervenire politicamente nelle sedi opportune, per impedire che trasmissioni indesiderate aggrediscano il debolissimo segnale radio proveniente dal cosmo, almeno nelle porzioni di frequenza protette ed in prossimità dei radiotelescopi (Radio Quiet Zone). Tuttavia a volte questo non basta a garantire un'accettabile reiezione ai disturbi, soprattutto se si pensa a quelli generati dalla strumentazione stessa presente nei laboratori, oppure ancora di più ai segnali di tipo satellitare.

Parallelamente, quindi, sono stati sviluppati diversi metodi di cancellazione in grado di diminuire il livello dei segnali interferenti, ottenendo dei risultati finora soddisfacenti ma che non devono portare ad "abbassare la guardia" sul fronte della discussione nelle sedi istituzionali (ITU in testa).

Entrambi le strade richiedono la presenza di una strumentazione di monitoraggio dedicata alla misura dei parametri e delle caratteristiche peculiari delle interferenze radio, al fine di fornire un quadro completo riguardo all'azione dei disturbi in banda e dei segnali fuori banda che possono influire negativamente sulle osservazioni condotte dai radiotelescopi. E' chiaro che esistono diversi criteri per progettare una stazione di monitoraggio, a seconda che essa debba svolgere una funzione esclusivamente osservativa, oppure deve fornire una misura, o meglio una stima delle interferenze ricevute dal radiotelescopio, al fine di mitigarne gli effetti sui dati utili.

In questo lavoro è descritto la struttura ed il funzionamento della Stazione di Monitoraggio dei segnali interferenti (RFI) presente nella Stazione Radioastronomica di Noto ed in particolare è illustrato il progetto e la realizzazione dell'automatizzazione di questa ultima.

Per fare fronte all'esigenza di un continuo monitoraggio dello spettro d'interesse (50 MHz-2GHz) si è dovuto potenziare la fase d'acquisizione delle interferenze radio, automatizzando tutto il processo e rendendolo il più possibile indipendente dall'intervento dell'operatore.

In questo modo è stato possibile garantire un servizio di monitoraggio RFI ancora più efficiente, in grado di fornire un quadro completo sull’allocazione delle bande per i diversi servizi di TLC e quindi una protezione più efficace per quelle piccole porzioni di banda dedicate alla radioastronomia.

2. RFI (Radio Frequency Interference)

Poiché i radioastronomi fanno un uso passivo di alcune parti dello spettro radio, si può parlare di interferenza riferendosi ad un qualsiasi segnale indesiderato captato dal sistema di ricezione.

In questo senso è possibile subito distinguere le interferenze prodotte da sorgenti “naturali” quali quelle prodotte dal terreno, dal sole e da altre radiosorgenti presenti in natura da quelle artificiali, cioè prodotte dall’uomo, come i servizi radio e TV broadcast, sistemi di comunicazione e navigazione terrestri e satellitari, radar, segnali prodotti dalle apparecchiature elettroniche e quant’altro possa cadere nelle bande allocate per la Radioastronomia.

Un'altra distinzione riguarda l’origine geografica delle sorgenti che producono segnali interferenti: esistono quindi interferenze di tipo **locale** (radio e TV locali, strumentazione elettronica, etc.), **regionale** (telefonia radiomobile, radio e TV nazionali, radionavigazione etc.), **globale** (comunicazione e navigazione satellitare). Ogni radiotelescopio ha più o meno a che fare con tutti questi tipi di interferenze alle quali spesso è necessario far fronte con diversi strumenti di analisi e di mitigazione.

Tuttavia proprio ai fini della mitigazione è opportuno classificare i segnali interferenti mediante un certo numero di parametri le cui caratteristiche sono relativamente stazionarie.

Tra i parametri più comuni possiamo elencare la frequenza d’emissione e la banda d’estensione, la durata, la direzione di provenienza, la polarizzazione, la distanza dalla sorgente, la modulazione e la codifica.

Poiché è molto raro che i segnali interferenti e quello cosmico non posseggano alcun grado di ortogonalità nello spazio vettoriale di questi parametri, si può affermare che è possibile separare i due tipi di segnali sfruttando proprio la loro ortogonalità rispetto ad uno o più di questi fattori. Questa operazione il più delle volte è molto complessa e porta a risultati tanto più accurati quanto più è sviluppata la tecnologia: si pensi per esempio alla separazione in frequenza mediante l’uso di filtri passa banda collegati nel front end dei ricevitori, le cui prestazioni in termini di selettività, ripple in banda e return loss devono essere veramente stringenti per non degradarne le prestazioni in termini di rumore.

Per una descrizione completa delle caratteristiche dei segnali RFI si rimanda alla bibliografia [x2].

3. RFI Mitigation

Le diverse tecniche di RFI Mitigation nascono proprio dalla presenza di ortogonalità del segnale cosmico con l'interferenza rispetto ad uno dei parametri prima descritti. Sfruttare tale ortogonalità significa implementare delle tecniche in grado di abbattere sotto una soglia stabilita i segnali indesiderati, accettando anche una lieve degradazione dei dati utili.

I metodi di mitigation possono essere distinti in tecniche di real time mitigation e tecniche di post processing mitigation, a seconda che sia fondamentale effettuare una correzione dei dati contemporaneamente all'osservazione in corso, oppure in un secondo momento dopo aver acquisito i dati.

3.1 **Blanking** (Cancellazione nel dominio del tempo).

Questa tecnica consiste nel dividere i dati osservati in streams temporali di lunghezza opportuna ed analizzarli per stabilire se essi sono corrotti da livelli di segnale interferente. Questa ultima condizione accade se il livello del segnale acquisito supera un livello medio (molto debole) desunto dall'integrazione dei dati in assenza d'interferenza.

Grazie al carattere rumoroso e non stazionario dei dati astronomici, è possibile un'analisi dei dati mediante ispezione visiva, anche se spesso si riesce ad automatizzare il processo con risultati accettabili.

Questa tecnica può essere realizzata sia in real time interrompendo il processo di acquisizione ed integrazione non appena il segnale acquisito si porta sopra la soglia in questione, sia in post processing, e comunque è semplice da implementare; tuttavia essa consente la perdita di dati utili una volta che sono eliminati dall'acquisizione gli stream corrotti dall'interferenza. Per aumentare l'efficienza del metodo in questione occorre avere un intervallo temporale di campionamento dati abbastanza piccolo ed un tempo di integrazione dei dati astronomici grande a sufficienza per valutare al meglio la soglia, superata la quale i dati acquisiti sono eliminati.

Tecniche più efficienti di blanking temporale sono state implementate al Westerbork Radio Telescope utilizzando come segnale da segmentare la correlazione tra le uscite dei diversi elementi componenti l'Array in questione. Poiché i dati astronomici non corrotti provenienti dai diversi elementi dell'array hanno un carattere prettamente rumoroso, essi presentano livelli di correlazione molto bassi che diventano considerevoli solo quando i dati sono aggrediti da un segnale interferente

che entra in tutti gli elementi. In questo modo si abbassa la soglia di allarme riuscendo ad eliminare anche segnali interferenti molto deboli e non è necessario integrare i dati a lungo.

3.2. Mitigation nel dominio della Frequenza.

Le tecniche di RFI Mitigation sono basate sulla separazione dei segnali interferenza e quello cosmico nel dominio della frequenza; per cui le bande dei segnali non solo non devono sovrapporsi, ma devono essere opportunamente distanziate in frequenza. In base a tale distanza, alla banda di frequenza dei due segnali, al livello di attenuazione minimo consentito in banda ed a quello di reiezione fuori banda, si possono inserire dei filtri (analogici o digitali) in grado di selezionare solo la banda di interesse e scartare le frequenze relative ai disturbi.

Lo sviluppo delle nuove tecniche legate ai dispositivi a superconduttore con alta temperatura critica (HTSC) ha portato alla costruzione di filtri operanti a temperature minori di 77 K da inserire direttamente nel front end dei ricevitori; grazie alle caratteristiche fisiche dei componenti vicine a quelle ideali, tali dispositivi sono in grado di garantire ottime prestazioni relativamente al ripple di attenuazione in banda passante ed alla selettività.

Molto spesso sono utilizzati anche dei filtri di tipo “notch” in grado di garantire la reiezione di segnali estesi su piccole porzioni di banda particolarmente dannose alle osservazioni radio astronomiche.

Inoltre oggi molti sforzi sono compiuti per garantire che la dinamica dei ricevitori abbia un range quanto più ampio possibile, al fine di permettere un’acquisizione senza distorsioni da non linearità e quindi una caratterizzazione corretta sia del segnale astronomico che di quelli interferenti.

3.3 Mitigation nel dominio dello spazio

Isolare spazialmente i radiotelescopi dall’influenza di segnali interferenti significherebbe disporre di una antenna totalmente priva di lobi secondari, tramite i quali tipicamente questi si accoppiano al cammino principale del segnale cosmico. Un’idea molto importante è quella di annullare i lobi secondari che raccolgono la radiazione proveniente da direzioni diverse da quella di puntamento, in modo tale da minimizzare il contributo in potenza dei segnali interferenti.

Nella letteratura le tecniche di “signal processing” che si occupano di queste problematiche si dividono in 2 categorie: quelle cosiddette “null steering” e le tecniche di cancellazione.

Con le tecniche di null steering si cerca di annullare il contributo di lobi secondari in una determinata direzione, dalla quale si è sicuri che provenga il segnale interferente. In questo modo si annulla il contributo in potenza dei segnali interferenti raccogliendo solo il segnale utile che proviene dal lobo principale e quei segnali spuri ma deboli che si accoppiano lungo i lobi secondari

non soppressi. La principale di queste tecniche è il beam forming che tuttavia è utilizzato solo quando si è in possesso di un array di feed che raccoglie il segnale riflesso dallo specchio primario. Le tecniche di cancellazione sono basate sulla predizione e la stima di campioni d'interferenze che sono poi miscelati in opposizione di fase al segnale ricevuto e quindi eliminati. L'efficienza di queste tecniche dipende fortemente non solo dal tipo e dalla velocità della predizione effettuata per stimare il contributo dell'interferenza, ma anche dalla banda e dal carattere stazionario di questa ultima.

Molto promettente sembra essere la “cancellazione adattativa”, secondo la quale il segnale interferente misurato da un antenna secondaria a basso guadagno (circa 12 dB) è processato da un sistema retroazionato che calcola una stima della effettiva interferenza ricevuta dal radiotelescopio mediante un filtro digitale.

A causa del carattere generalmente non stazionario dei segnali in questione è necessario variare nel tempo i coefficienti del filtro, cioè adattarli in maniera tale da minimizzare un errore quadratico medio preso come indice di performance.

Risultati di laboratorio condotti a Green Bank hanno portato ad una reiezione fino a 70 dBm a 100 MHz, cioè una banda non elevata ma che contiene segnali interferenti dagli effetti piuttosto impegnativi da affrontare.

Altre tecniche sono state implementate che hanno prodotto risultati soddisfacenti, anche se ancora molto si può e si deve fare sul fronte sia del controllo che della protezione dei segnali indesiderati presenti nei canali adiacenti e sovrapposti alle bande in uso alla radioastronomia.

4. Conclusioni

E' stata presentata una rapida carrellata delle motivazioni che hanno portato a realizzare questo lavoro e delle strategie che possono essere implementate *in situ* per realizzare una protezione dalle radio interferenze. Naturalmente non è detto che tutte le tecniche vadano bene per ogni radiotelescopio, in quanto ognuno di questi affronta classi d'interferenza dai risvolti e dalle caratteristiche diverse e variegata.

Tuttavia, oltre a negoziare nelle sedi istituzionali per mantenere stringenti requisiti di pulizia delle nostre bande, è sempre consigliabile mettere in pratica metodi opportuni di RFI Mitigation al fine di garantire sempre un'effettiva e continua reiezione ai disturbi.

Hardware equipment.

1. Generalità

Nel presente capitolo è descritto l'“Hardware equipment”, ovvero l'insieme dei dispositivi hardware che compongono il sistema di monitoraggio. Di ogni componente saranno analizzati la struttura, il funzionamento e le tecniche di interfacciamento e di collegamento sia al livello fisico (modalità di costruzione ed installazione delle schede e dei links) che al livello logico (descrizione dei meccanismi e dei protocolli di trasmissione).

La stazione di monitoraggio delle radio interferenze è costituita da un certo numero di apparati che potremo definire “**SERVERS**”, ovvero che realizzano determinate operazioni in modo pressocché indipendente l'uno dall'altro. I dispositivi servers sono comandati da una unità centrale programmabile che da ora in poi chiameremo **CONTROLLER** e che è addetta alle seguenti operazioni:

1. Controlla il corretto funzionamento dei dispositivi servers, realizzando opportuni servizi di diagnostica e di recupero errore.
2. Gestisce le richieste di operazioni sui dispositivi server sincronizzandone il funzionamento e lo scambio dei dati, regola i diversi meccanismi protocollari garantendo un accettabile probabilità di errore sul flusso dati.
3. Garantisce il funzionamento automatico degli apparati, controllati anche in assenza dell'operatore (scheduling).
4. Visualizza i dati acquisiti in real time, li calibra e li immagazzina in supporti di memoria non volatile per le operazioni di post-processing e di analisi. I dati possono comunque essere disponibili per un real time processing (quale potrebbe essere il meccanismo di cancellazione attiva o di real time recognition) attraverso canali non ancora utilizzati, ma che possono essere attivati per un futuro impiego.

Una rappresentazione schematica del sistema in questione è data in figura 1; in basso a destra è possibile riconoscere il controller (colore azzurro); esso è un PC Pentium 200 all'interno del quale è installata una scheda DAQ (Data Acquisition) PC-LPM 16 prodotta dalla National Instrument le cui funzioni sono quelle di gestire il posizionamento dell' antenna e settare i parametri delle

acquisizioni (polarizzazione, attivazione di amplificatori, attivazione di filtri, etc...); una delle porte seriali in dotazione al computer (tipicamente si sceglie COM2) assicura il collegamento con il ricevitore ICOM IC-R9000, che tuttavia utilizza un suo standard proprietario di comunicazione (CI-17) ; la trasduzione dallo standard RS-232 al protocollo CI-17 e' assicurata dal CI-V Level Converter (colore fucsia).

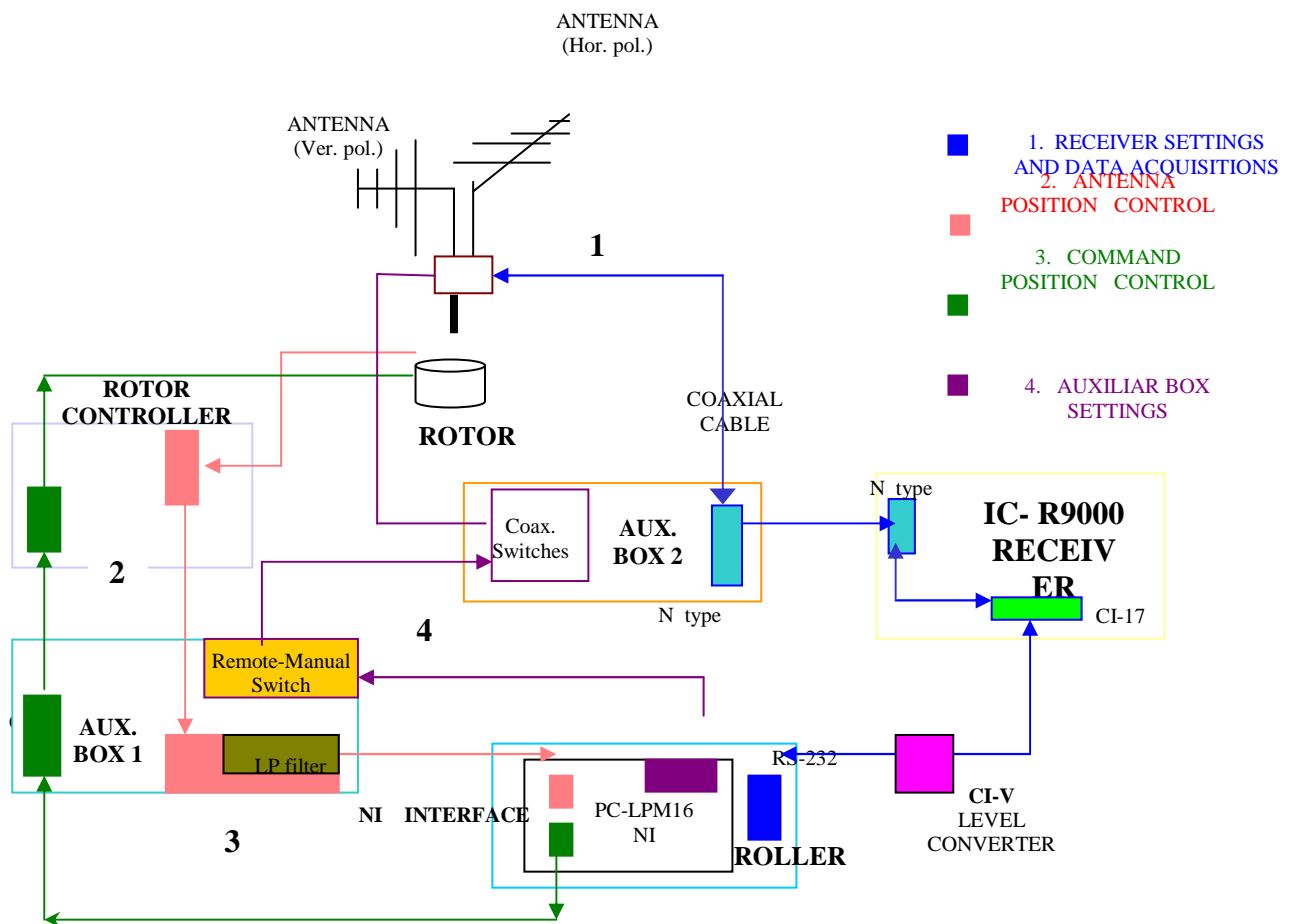


FIG. 1

I dispositivi "server" sono in totale 5 e si possono distinguere dai diversi colori:

- Ricevitore (ICOM IC-R9000 ma potrebbe essere anche la versione portatile IC-10) che e' in giallo a destra del controller;
- Aux Box 1 a sinistra del controller in verde, che si occupa del setting dei parametri di acquisizione;
- Aux Box 2 (arancione) e' comandata dalla precedente Aux Box 1 e si occupa dello 'switch' degli attuatori (coaxial switches) in base al valore dei parametri di acquisizione;
- Rotor Controller G2700SDX (viola) che e' comandato dalla Aux Box 1 tramite la scheda PC-LPM 16 del CONTROLLER: esso si occupa del controllo e del posizionamento della antenna;

- Rotor (nero) e' il dispositivo attuatore che effettua la rotazione dell'albero su cui e' montata l'antenna ed e' direttamente comandato dal suo controller.

Il sistema così progettato e realizzato sarà esaminato in dettaglio; in particolare sarà descritto ognuno dei dispositivi SERVER, il dispositivo CONTROLLER ed i links sia a livello fisico che da un punto di vista protocollare.

2. II “CONTROLLER”.

Il dispositivo CONTROLLER e' il cervello e nello stesso tempo il cuore del sistema; infatti vero e' che ognuno dei diversi server è che il sistema di ricezione e di comando dell'antenna possono funzionare autonomamente e con comando manuale e che quindi un determinato esperimento osservativo potrebbe essere condotto senza bisogno di una unità centrale che lo avvii e lo programmi in maniera automatica. Tuttavia l'uso del Controller ed il funzionamento automatico del sistema in questione si è rivelato di vitale importanza per numerosi ed importantissimi motivi:

1. Innanzi tutto non e' possibile programmare manualmente alcune fondamentali funzionalità del ricevitore IC-R9000; questo significherebbe delle gravi perdite in termini di potenzialità di tutto il sistema, nonché delle lacune incolmabili nella gestione e nella progettazione delle acquisizioni dei dati RFI.
2. Il computer svolge un ruolo fondamentale nella gestione dei parametri di acquisizione e soprattutto nella sincronizzazione dei dispositivi server; queste operazioni, condotte manualmente, significherebbero un carico operativo non indifferente.
3. La gestione in real-time dei dati acquisiti (per es. la visualizzazione tramite oscilloscopio e counters digitali) e soprattutto la memorizzazione di questi ultimi in supporti di memoria di massa fanno del computer uno strumento insostituibile, senza il quale non sarebbe possibile gestire alcun dato. Questa operazione e' essenziale per tutte le operazioni di analisi, di riconoscimento e di post- processing applicabili appunto ai dati RFI.
4. Non è possibile pensare alla programmazione ed alla schedulazione di diverse acquisizioni RFI (quindi senza l'intervento di un operatore) se non esiste un controller in grado di gestire, temporizzare ed avviare in maniera automatica le stesse operazioni schedulate.

D'altra parte il fine di questo lavoro è proprio la progettazione e la realizzazione di un sistema completamente automatico in tutte le sue funzionalità e le sue potenzialità; in tale ottica è impensabile non utilizzare un calcolatore il più possibile completo e performante.

Il calcolatore in questione e' un PC con microprocessore Pentium 200, con 32 MB di memoria RAM ed 8 GB di disco rigido. Il calcolatore ha un sistema operativo Microsoft Windows 98, ed e'

dotato di due porte seriali, una delle quali (tipicamente la COM2) è utilizzata nel collegamento con il ricevitore.

Il collegamento con la Aux Box 1 e con il Rotor Controller e' assicurato dalla scheda DAQ PC-LPM 16 National Instrument (NI) ; questa ultima, opportunamente installata configurata mediante il software fornito dalla NI, e' una scheda di acquisizione dati sia analogici (16 canali) che digitali (16 canali). I 16 canali analogici sono solo canali di input e vengono utilizzati per acquisire dati relativi al controllo della posizione (tensione potenziometrica in uscita al rotore), dati analogici di potenza integrata su diverse porzioni di banda, dati di rilevamento ambientale.

I 16 canali digitali possono essere configurati sia come input che come output e sono destinati al controllo ed al comando digitale sia del posizionamento della antenna, sia al setting dei parametri di acquisizione, etc.... Dato che sia i canali analogici che quelli digitali sono tra loro indipendenti, è possibile destinare quelli non utilizzati per altri scopi non per forza inerenti alle acquisizioni RFI.

Al fine di interfacciare al meglio i messaggi in uscita alla scheda PC-LPM 16 con i dispositivi "server", sono state progettate delle schede con tecnologia **wire-wrap**, realizzate nel laboratorio di elettronica della Stazione Radioastronomica di Noto, di cui si darà un'ampia descrizione più avanti.

Per il funzionamento del sistema e' stato realizzato ed installato nel CONTROLLER un software scritto in linguaggio Visual C++ (ver. 4.2) in grado di gestirne tutte le funzionalità, compreso la facoltà di progettare e portare a termine anche osservazioni automatiche "scheduled", che quindi non richiedono l'intervento dell'operatore. La descrizione di questo ultimo sarà fornita nel Cap. 3.

3. I Ricevitori.

In questo paragrafo verranno descritti i due ricevitori in dotazione alla Stazione Radioastronomica di Noto, utilizzati per l'acquisizione delle Radio Interferenze: il ricevitore fisso ICOM IC-R900 ed il ricevitore portatile ICOM IC-R10.

Poiché una trattazione molto approfondita esula dagli scopi descrittivi di questo paragrafo, ci si limiterà a descrivere le funzionalità e le caratteristiche dei ricevitori da un punto di vista della integrazione nel sistema di monitoraggio, rimandando ai rispettivi manuali ([2], [3]) per le informazioni riguardo al funzionamento come ricevitore indipendente.

3.1 Ricevitore ICOM IC-R9000 .

IC-R900 e' un ricevitore a banda larga in grado di coprire in modo continuo tutte le frequenze comprese tra 0.1 Mhz a 1999.8 MHz. E' possibile ricevere trasmissioni da tutto il mondo in banda marina, aerea, di emergenza, TV broadcast, via satellite e radioamatoriali.

Caratteristiche fondamentali:

- Range di Frequenza: 0.1-1999.8 MHz;
- Modi : SSB (USB,LSB), CW, FSK, AM, FM, Wide FM
- Sistema di ricezione: Supereterodyne;
- Frequenze intermedie: si rimanda al [2], pag 67;
- Sensibilita': si rimanda al [2], pag 67;
- Passi di sintonia: 10 Hz, 100 Hz, 1 KHz, 5 KHz, 9 KHz, 10 KHz, 12.5 KHz, 20 KHz, 25 KHz, 100 KHz..
- Filtro in ricezione: Wide, Medium,Narrow.
- Power supply: 220 V (versione tedesca);

Collegamenti

In questo paragrafo sono descritti i collegamenti da realizzare per inserire il ricevitore nel sistema di monitoraggio, facendo riferimento alla figura di pag. 8 del manuale di istruzioni del ricevitore IC R9000, alla quale si rimanda per ulteriori chiarimenti.

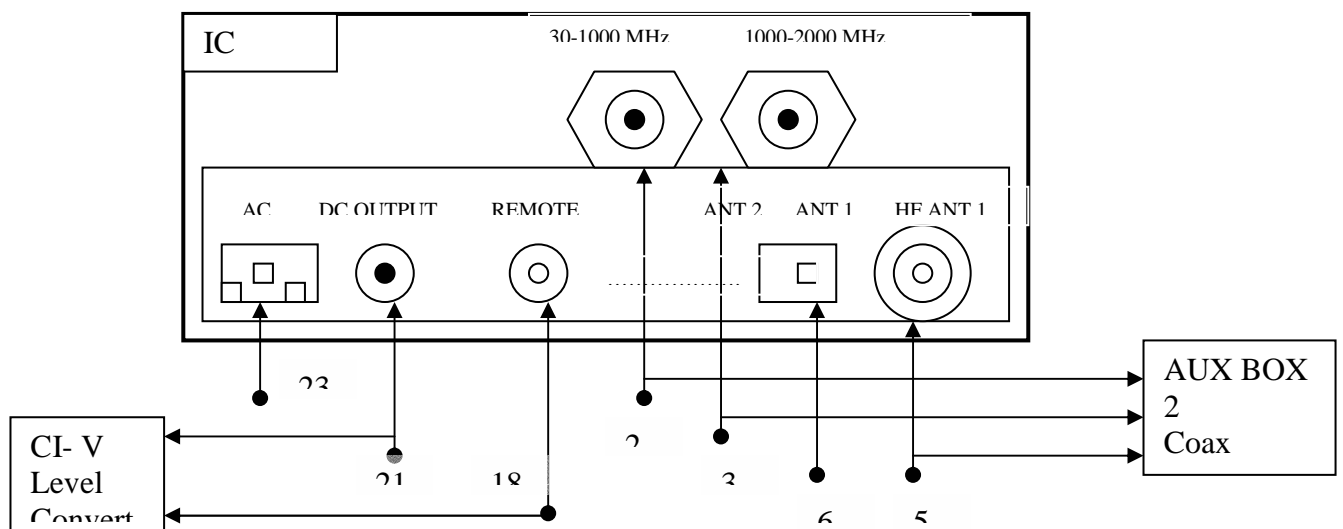


FIG.2

Una parziale rappresentazione dei collegamenti del ricevitore con gli apparati del sistema e' in figura 2.

2. CONNETTORE DI ANTENNA 30 MHz-1000 MHz.- Tramite un connettore di tipo N e' possibile il collegamento di una antenna con impedenza 50 Ohm in banda 30-1000 MHz. Il

connettore è automaticamente selezionato quando si opera nella banda di interesse. L'uscita è direttamente collegata agli switches coassiali posti nella AUX BOX 2.

3. CONNETTORE DI ANTENNA 1000 MHz-2000 MHz.- Tramite un connettore di tipo N e' possibile il collegamento di una antenna con impedenza 50 Ohm in banda 1000-2000 MHz. Il connettore è automaticamente selezionato quando si opera nella banda di interesse. L'uscita è direttamente collegata agli switches coassiali posti nella AUX BOX 2.
5. CONNETTORE DI ANTENNA HF ANT. 1- Connettore di tipo PL259 permette il collegamento con una antenna di 50 Ohm di impedenza operante a frequenze al di sotto dei 30 MHz. E' selezionato dal selettore di antenna HF.
6. SELETTORE DI ANTENNA HF- Seleziona la connessione di HF ANT 1 oppure HF ANT 2 quando si opera con frequenze al di sotto dei 30 MHz.
18. JACK DI CONTROLLO CI-V REMOTO- Questo canale e' direttamente collegato in ingresso al CI-V Level Converter per il collegamento remoto al PC Controller.
21. JACK DI USCITA 13.8 V DC- E' una alimentazione DC a 13.8 V. Alimenta il CI-V level Converter.
23. AC Power Supply- Connessione dell'alimentazione AC di tipo domestico.

3.2 Ricevitore ICOM IC- R10

Caratteristiche fondamentali:

- Range di Frequenza: 0.5-1300 MHz (modello europeo);
- Modi : SSB (USB,LSB),CW, AM, FM, Wide FM
- Sistema di ricezione: Supereterodyne a tripla conversione;
- Frequenze intermedie: si rimanda al [3], pag 77;
- Sensibilita': si rimanda al [3], pag 77;
- Passi di sintonia programmabili: tra 0.1 e 999.9 KHz in passi di 0.1 KHz;
- Passi di sintonia:0.1, 0.5, 1, 5, 6.25, 8, 9, 10, 12.5, 15, 20, 25, 30, 50, 100 KHz;
- Connessione CT-17 con CI-V Level Converter;
- Connettore di Antenna: NC (50 Ohm);
- Alimentazione: Batteria NiC di tipo 4 AA R6 con tensione nominale di 4.8 V;si può alimentare con tensioni 4.8-16 V DC (negative ground);
- Connessione PC: tramite cavo CI-V al CI-17 e modulo seriale;

Per altre informazioni consultare il manuale di istruzioni [3].

Collegamenti.

Essendo un dispositivo portatile molte funzioni sono ridotte ed altre sono integrate rispetto alla versione portatile. Avendo garantito l'alimentazione e collegato l'antenna con l'apposito connettore, l'unico collegamento esterno da effettuare e' quello con il PC CONTROLLER tramite il cavo di tipo CI-V che va in ingresso al CI-17 Level converter; a sua volta esso sarà collegato con interfaccia RS-232 con il computer.

4. L'interfaccia CI-V (ICOM COMMUNICATION INTERFACE)

I radio ricevitori della famiglia ICOM hanno acquistato un peso sempre più rilevante nel campo della ricezione e del monitoraggio dei segnali radio, sia a livello amatoriale, sia per applicazioni tecnico scientifiche.

Per queste ultime in particolare, e' nata l'esigenza di interconnettere tra loro ricevitori (anche di modelli diversi) ed inoltre collegarli ad uno o più dispositivi controller in grado di memorizzare e gestire i dati, di arbitrare il processo di comunicazione e soprattutto garantire l'accesso remoto e l'impostazione delle funzioni di ciascuno di essi.

Nonostante i modelli più recenti dei ricevitori ICOM abbiano delle CPU in grado di realizzare diverse funzionalità che permettono di fare fronte alla prima delle esigenze di cui sopra, si è rivelato di fondamentale importanza l'azione del CONTROLLER soprattutto come provider per l'accesso remoto alle funzioni dei ricevitori, per il controllo remoto del processo di comunicazione tra essi, per il trattamento e l'elaborazione dei dati acquisiti.

Per questo e' necessario una descrizione della Interfaccia di Comunicazione ovvero l'insieme dei software, dei dispositivi hardware e dei protocolli addetti ad assicurare un collegamento privo di errori ed un processo di comunicazione affidabile tra un dato radio ricevitore ed il controller dedicato.

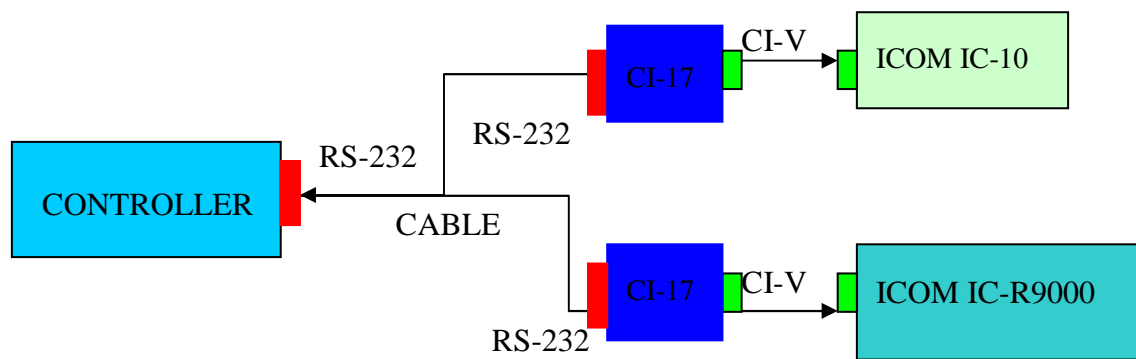
Poiché la connessione tra diversi ricevitori esula dagli obiettivi che ci si e' posti in fase di progetto, sarà descritta l'Interfaccia tra Controller ed un Radio Ricevitore della famiglia ICOM, in modo particolare ICOM R9000 ed IC-10 che sono i modelli in dotazione alla Stazione Radioastronomica VLBI di Noto per il monitoraggio delle radio interferenze.

4.1 Configurazione hardware.

Come illustrato in Fig. 3 e descritto nei precedenti paragrafi, i dispositivi che costituiscono il profilo hardware della interfaccia di comunicazione (sistema in REMOTO) sono:

- a) CONTROLLER.
- b) Radio ricevitore ICOM R9000 (fisso), oppure ICOM IC-10 portatile.

- c) Schede seriali RS-232 a 25 pin, integrate nel PC.
- d) Scheda Icom Communication Interface Device V CT-17, di interfaccia tra la scheda RS-232 ed il connettore CT-17 di ingresso ai ricevitori.
- e) Cavo schermato per prevenire le interferenze con altri dispositivi e con il radio ricevitore stesso;
- f) cavi CI-V in dotazione al ricevitore.



COMMUNICATION INTERFACE

FIG. 3

Per il ricevitore ICOM IC-10 portatile e' previsto il collegamento ad un controller PC portatile che ha requisiti e caratteristiche simili a quelle descritte nel paragrafo 2.

4.2 Pre- setting.

Una volta realizzata la connessione del sistema si può procedere al pre-setting, cioè all'impostazione dei parametri che caratterizzano la trasmissione, che in alcuni casi differiscono da un ricevitore all'altro. Questa operazione si può dividere in due parti, a seconda della natura dei parametri da impostare: infatti mentre un certo set di parametri e' uguale per tutti i modelli di ricevitori ICOM e può essere impostato direttamente mediante l'interfaccia del sistema operativo del controller all'inizio della sessione di lavoro, un secondo insieme di parametri dipende dal tipo di ricevitore utilizzato; quindi si e' ritenuto opportuno e non troppo oneroso integrare nel software di controllo della trasmissione un'interfaccia preposta al compito di inizializzare i valori di questo secondo set di parametri.

Segue una breve descrizione dei due insiemi di parametri.

A) Parametri indipendenti dal modello di ricevitore:

1. Data transmission system.

E' la modalit  di scambio delle informazioni di tipo binario seriale, basato sul formato NRZ (Non Ritorno a Zero).

2. Base numerica delle informazioni.

La maggior parte dei dati viene scambiata in formato numerico esadecimale. Solo il campo dati come la frequenza di operazione o il valore di ampiezza dello spettro ad una data frequenza sono rappresentati nel formato BCD (Binary Coded Decimal).

3. Parametri di protocollo relativi al controller.

Sono i parametri utili al controller per impostare la trasmissione seriale.

Controller Address: E0 (esadecimale);

Data bit length: 8 bits;

Parity check: no parity;

Start bit length: 1 bit;

Stop bit length: 1 bit

System: Full Duplex;

X parameter: Non Effective;

S parameter: Non effective.

B. Parametri dipendenti dal modello di ricevitore:

Receiver address: si pu  consultare la tavola 2.2 del Manuale di riferimento [1] per conoscere gli indirizzi in formato esadecimale di tutti i modelli. Gli indirizzi di maggiore interesse sono:

IC R9000 : 2A (esadecimale).

IC-10: 52.

Bit Rate: il valore di riferimento per la maggior parte dei modelli e' di 1200 baud. Tale valore e' valido per IC-R9000, ma non per IC-10 che ha una bit rate variabile (300,1200,4800,9600,19200 baud). L'impostazione di tale parametro pu  essere effettuata tramite il sistema operativo stesso, ma e' fondamentale che tale valore sia comunque impostato come ingresso al software di controllo della trasmissione seriale.

4.3 Architettura del protocollo di trasmissione.

Come si e' gi  visto, la trasmissione dati tra un Controller (C) ed un Radio Ricevitore (R) ICOM avviene mediante una connessione di tipo seriale, mediata dalla interfaccia CI-17, utilizzando dei parametri trasmissivi che possono essere negoziati all'inizio del processo di comunicazione.

L'attenzione sarà dunque focalizzata dapprima sul formato dei pacchetti in cui vengono organizzate le informazioni per essere scambiate, e poi sulle modalità con cui vengono scambiati questi pacchetti tra le diverse entità.

4.3.1 Formato base dei pacchetti.

Le informazioni scambiate dalle due entità impegnate nella trasmissione, devono essere organizzate in maniera tale che possano essere riconosciute e prelevate senza ambiguità; tali informazioni possono essere raggruppati in pacchetti, in cui e' possibile riconoscere diversi campi dati quali gli indirizzi del sender e del receiver, codici di preambolo e di chiusura della trasmissione, codici di attivazione di funzioni del Radio Ricevitore, campi dati utili.

L' interfaccia di comunicazione ICOM prevede l'esistenza di 2 tipi fondamentali di pacchetti: pacchetti di **richiesta** o di **risposta**, pacchetti di **conferma** della ricezione.

1. I pacchetti di **richiesta** o di **risposta** sono costituiti da

- Doppio Codice di preambolo FE (esadecimale) che permette la sincronizzazione della trasmissione dati;
- Indirizzo del Radio Ricevitore (ra, Receiver Address) (vedi tavola 2.2 [1]);
- Indirizzo del Controller che è sempre E0 (esadecimale);
- Command number (cn), cioè un codice espresso in base esadecimale che indica l'operazione che si vuole eseguire sul radio ricevitore (vedi Tav. 4.1 [1]);
- Sub-Command Number (sc), e' una specifica del Command number (vedi Tav. 4.2 [1]);
- Campo dati (dt), in cui vengono scritti i dati occorrenti per impostare le operazioni richieste con il Command Number;
- Codice di fine Messaggio FD (esadecimale).

Il pacchetto di richiesta di operazione ha la seguente rappresentazione:

FE	FE	ra	E0	cn	sc	dt	FD
----	----	----	----	----	----	----	----

Con tale pacchetto il C richiede al R di svolgere una determinata operazione, codificata dai codici **cn** ed **sc**, passando a questo ultimo nel campo dati **dt** i dati che eventualmente gli occorrono.

Il pacchetto di risposta ha la seguente rappresentazione:

FE	FE	E0	ra	cn	sc	dt	FD
----	----	----	----	----	----	----	----

Con tale pacchetto il Radio Ricevitore risponde al Controller confermandogli di avere ricevuto ed eseguito le direttive rappresentate dai codici **cn** ed **sc** (che quindi sono gli stessi che ha ricevuto) ed inoltre trasmette i dati richiesti da tali direttive nel campo dati **dt**, **rigorosamente nel formato BCD**.

Come si può notare, rispetto al primo pacchetto il secondo ha i campi degli indirizzi scambiati, in quanto esso parte dal R ed arriva al controller.

Anche se una prima conferma e' implicita in un pacchetto di risposta, esistono due pacchetti di **conferma** di avvenuta oppure di mancata ricezione che sono rispettivamente **OK message** ed **NG message**.

Questi pacchetti sono così rappresentati:

FE	FE	E0	ra	FB	FD
----	----	----	----	----	----

il messaggio di OK identificato dal codice esadecimale FB, che segnala la corretta ricezione da parte del Radio Receiver del messaggio ed il successo dell'operazione richiesta tramite questo.

FE	FE	E0	ra	FA	FD
----	----	----	----	----	----

Il messaggio di NG identificato dal codice esadecimale FA che segnala l'avvenuta ricezione della richiesta di operazione ma l'impossibilità di effettuare la stessa. Un messaggio NG può essere ricevuto sotto le seguenti condizioni:

Il R ha ricevuto un comando 00H o 01H;

Il R ha ricevuto un campo **sc** o un **cn** non identificati;

Il range di frequenze ricevuto non corrisponde al range del R.

Il R non dispone di una data funzione o modalità di demodulazione richiesta;

E' stato mandato un messaggio 0AH nel campo Command (blank channel).

Come si può osservare, i messaggi di conferma partono solo dal R verso il C, per cui il primo campo di indirizzo in ordine e' sempre E0 in quanto e' sempre il C il destinatario di questi messaggi.

Poiché l'uso di altri tipi di funzioni esula dall'impiego del Radio Ricevitore nel progetto del monitoraggio delle interferenze, esse non verranno descritte. Per ulteriori informazioni si rimanda al Manual Reference [1].

4.3.2 I campi Command (cn) e Sub-Command (sc).

Una particolare attenzione meritano i campi Command e Sub-Command; con il primo di essi il Controller indica al R la particolare operazione da compiere sul campo dati che ha trasmesso, con il

secondo fornisce delle informazioni aggiuntive che sono fondamentali per l'esecuzione dell'operazione stessa. Le Tav 4.1, 4.2, 4.3 e l'intero Capitolo 7 del manuale descrivono dettagliatamente tutte queste funzioni.

Molto spesso accade che non tutti i valori di Sub-Command sono compatibili con valori di Command; anzi sono questi ultimi a limitare il range dei valori possibili di Sub-Command in base alle funzionalità che sono state richieste.

4.3.3 Formato dei dati "frequenza".

Per quanto riguarda i comandi che richiedono di operare su dati di frequenze, si deve tenere conto che questi sono espressi in formato BCD. Per coprire il più largo range di frequenze (1 Hz:1 GHz) sono stati allocati per il campo dati 5 bytes, in forma tale che l'ultimo byte trasmesso sia il più significativo, come si può vedere in fig.4. Ogni Radio Ricevitore ignora i bytes relativi alle scale di frequenze più piccole della sua risoluzione. Nell' esempio in questione il valore di frequenza è $f_d=145.123450$ MHz, rappresentato in BCD.

Se il Controller ha necessità di impostare solamente i campi Command e Sub-Command per preparare una data trasmissione e non ha bisogno di trasmettere dati, allora il campo dati sarà totalmente escluso; questo significa che un pacchetto trasmesso può avere una lunghezza variabile in bytes, in quanto può contenere o meno un campo dati. La lunghezza massima è di 12 bytes, cioè quella del pacchetto di base descritto inizialmente.

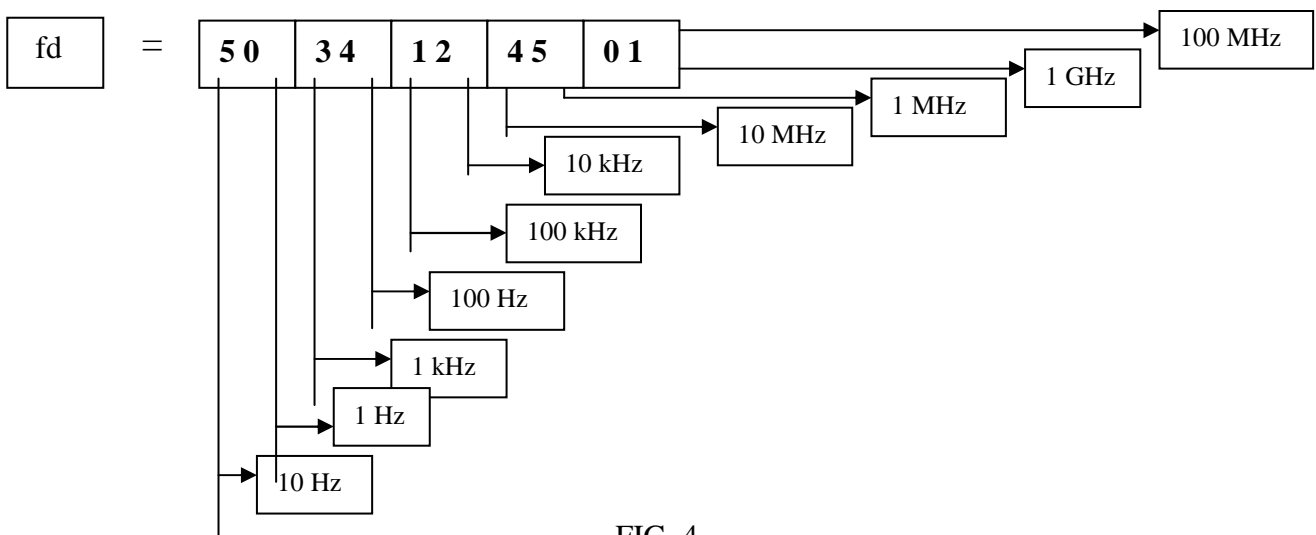


FIG. 4

4.3.4 Procedura di scambio dei dati.

In questo paragrafo è descritta la procedura con cui sono scambiati i pacchetti dati tra il Controller (C) ed il Receiver (R).

Nonostante i ricevitori ICOM prevedano di impostare un collegamento di tipo Full Duplex, l'interfaccia seriale RS-232 può supportare solo una trasmissione di tipo Duplex, ovvero entrambe le entità possono accedere al canale sia in ricezione che in trasmissione, ma non possono fare le due cose contemporaneamente.

Per tale motivo occorre che le due esse non trasmettano contemporaneamente .

Il meccanismo di trasmissione può essere descritto in questa maniera:

1. Il C manda un pacchetto in formato base con una richiesta di operazione, ordinando al R di impostare alcuni parametri per mezzo dei comandi Command e Sub-Command . Eventualmente saranno presenti anche dei campi dati.
2. Il R a sua volta deve fare le seguenti operazioni:
 - a. Impostare correttamente i parametri passati dal C;
 - b. Preparare un pacchetto di conferma di OK o di NG;
 - c. Preparare un pacchetto contenente i dati eventualmente richiesti dal C;

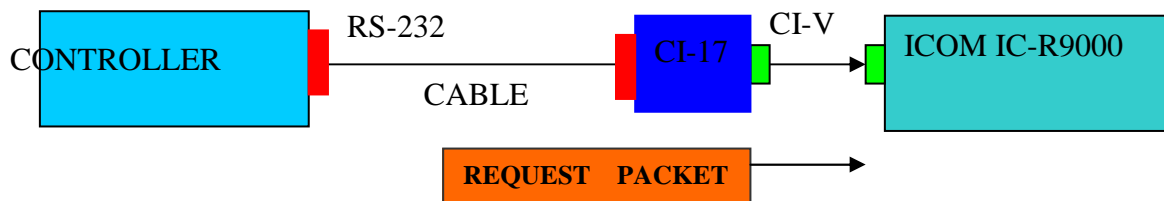
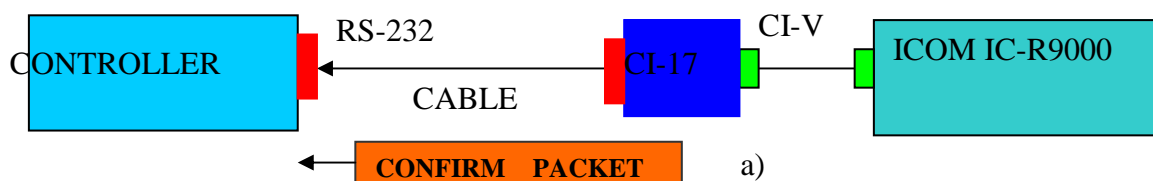


FIG. 5

3. Il R dunque risponderà con i seguenti pacchetti dati:
 - a) lo stesso pacchetto dati ricevuto dal C, ma con gli indirizzi scambiati di posto (in quanto il destinatario precede sempre il mittente); questo pacchetto è trasmesso per avvertire il C che si sono ricevuti correttamente i dati;
 - b) un pacchetto di OK o di NG , a seconda del fatto che il R sia riuscito o meno ad impostare correttamente i parametri richiesti.
 - c) un pacchetto in formato base con il quale il R trasmette le informazioni richieste in termini di campo dati. Questo terzo pacchetto e' presente solo se c'e' stata una richiesta di operazione sui dati da parte del C.



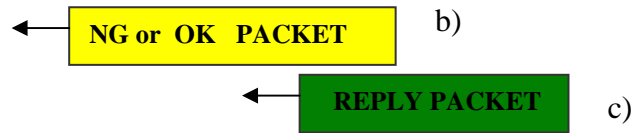


FIG. 6

L'esito della trasmissione viene confermato con un **doppio acknowledgment**, per cui, in caso di mancata ricezione il C può effettivamente capire se è avvenuta una failure nella linea, oppure se ha richiesto una operazione impossibile da eseguire o ancora se il ricevitore non è in grado di impostare correttamente determinati parametri. La tecnica del **piggybacking** (cioè in un'unica trasmissione inserire pacchetti dati e acknowledgment) permette il risparmio di tempo, in quanto il C può capire già alla prima risposta se le sue richieste sono state accolte.

Sia l'inizio che la chiusura della trasmissione è non confermata; infatti essa viene iniziata mediante richiesta del C, viene conclusa dal R nel momento in cui esso risponde a tale richiesta con un qualsiasi esito. Quindi non è prevista una fase nella quale negoziare l'apertura o la chiusura della trasmissione.

4.4 Conclusioni.

Il meccanismo protocollare che regola l'interfaccia di comunicazione tra Controller e Receiver è molto semplice sia nella sua struttura che nella sua gestione. Tuttavia esso risulta altrettanto efficace per lo scopo che ci si è proposti inizialmente, cioè garantire una acquisizione dei dati in tempo reale con un ritardo di elaborazione molto basso e nello stesso tempo una trasmissione dati affidabile ed il più possibile priva di errori.

È stata progettata ed installata sul Controller una interfaccia utente software in ambiente Microsoft (Visual C++) che consente l'impostazione dei parametri di funzionamento del Receiver, il controllo delle operazioni richieste e del funzionamento della trasmissione seriale, la calibrazione e la visualizzazione dei risultati ottenuti. È stato inoltre ideato un esauriente modulo integrato nella interfaccia software con l'utente, che gestisce le eccezioni e le eventuali failure nella acquisizione e nella trasmissione dati; tale modulo consente di eliminare i problemi legati alla assenza di una apertura e chiusura negoziata della stessa in modo veloce ed efficace.

5. La AUX BOX 1 ed il suo funzionamento.

5.1 Generalita'

La AUX BOX 1 come probabilmente suggerisce il suo nome è un dispositivo multifunzione che nasce con un fondamentale compito ausiliario nella selezione e nel controllo dei principali parametri coinvolti nel processo di acquisizione dei dati RFI.

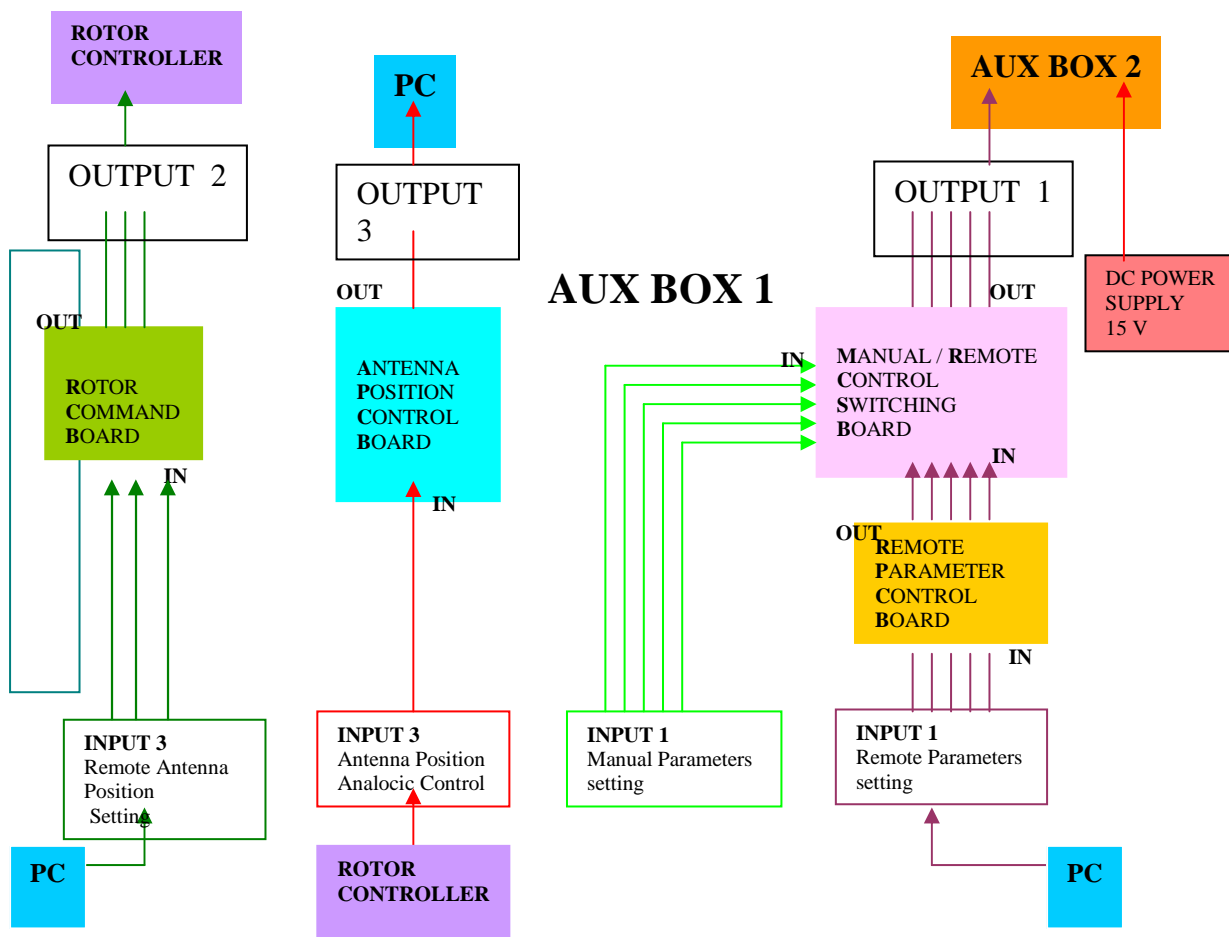


FIG. 7

L'apparato è stato progettato e costruito all'interno del Laboratorio di Elettronica della Stazione Radiastronomica di Noto con i precisi obiettivi di seguito elencati:

- a. Realizzare la selezione ad alto livello dei diversi valori dei parametri di acquisizione (polarizzazione del segnale RFI, selezione delle bande attive del ricevitore, attivazione di filtri FM, attivazione di amplificatori per le bande alte); con tale operazione che può essere eseguita manualmente oppure in remoto, si imposta la selezione di alcuni switches ed attuatori che si trovano all'interno della AUX BOX2 a seconda dei valori scelti in fase di pianificazione di ogni singolo esperimento;
- b. Operare come trasduttore tra il PC (System Controller) ed il Rotor Controller nella fase di posizionamento del rotore sul cui albero sono montate le antenne riceventi;
- c. Assicurare la stabilizzazione del canale analogico di lettura della tensione potenziometrica (da cui è possibile rilevare la posizione della antenna) e proteggere il PC da eventuali sovratensioni che, viaggiando in questa linea, potrebbero danneggiarlo;
- d. Alimentare non solo le schede ed i dispositivi che si trovano all'interno, ma anche e soprattutto gli attuatori della AUX BOX2;

Da queste motivazioni si capisce quanto importante sia la presenza di un tale dispositivo nel sistema di monitoraggio prima di tutto perché esso svolge un ruolo di interfaccia tra il CONTROLLER e gli attuatori che, come si potrà vedere meglio in seguito, necessitano di una discreta quantità di potenza per poter funzionare.

Lo schema di principio si può osservare in figura 7; è importante seguire i tre flussi di INPUT/OUTPUT che riguardano le funzioni descritte in precedenza, e le operazioni ad esse legate svolte dalle schede presenti nel dispositivo e che andiamo ad elencare;

1. **ROTOR COMMAND BOARD (RCB)**- È il dispositivo che si occupa di interpretare i comandi in uscita alla scheda NI PC-LPM 16 installata sul CONTROLLER e realizzare la commutazione tra i comandi CW e CCW del Rotor Controller che fanno girare l'antenna rispettivamente in senso orario ed antiorario.
2. **ANTENNA POSITION CONTROL BOARD (APCB)**- È una scheda dall'elettronica relativamente semplice che si occupa di trattare opportunamente il livello continuo della tensione potenziometrica in uscita al potenziometro di posizione del rotore. Questo livello infatti risente di segnali a bassa frequenza (causati in massima parte dalle oscillazioni meccaniche del potenziometro) che superano in ampiezza il livello di sensibilità del canale analogico della scheda DAQ (2.44 mV per la suddetta PC-LPM 16) causando una variazione della tensione di controllo che risulta deleteria sia per l'efficacia del posizionamento ma soprattutto per la stabilità dell'intero sistema (vedi FIG.1). Questo concetto sarà ripreso più avanti in fase di descrizione del dispositivo.

3. **REMOTE PARAMETER CONTROL BOARD (RPCB)**- Questa scheda permette il controllo **REMOTO** dei parametri di acquisizione; e' la più complessa da un punto di vista hardware anche perchè deve essere in grado di fornire la potenza necessaria al secondo stadio di attuatori (AUX BOX 2) in modo da eseguire i comandi opportuni.
4. **MANUAL/REMOTE CONTROL SWITCHING BOARD (M/R CSB)**- Tramite questo dispositivo viene consentito ad un operatore di intervenire manualmente sulla selezione dei parametri di acquisizione, indipendentemente dal controllo remoto che, anzi, viene automaticamente disabilitato.

Prima di passare alla descrizione dettagliata delle schede e del loro funzionamento, e' necessario fare una panoramica sul dispositivo che funziona da interfaccia tra il calcolatore e la AUX BOX1 stessa; esso e' la scheda DAQ PC-LPM 16 della National Instrument.

5.2 La scheda DAQ PC-LPM 16 National Instrument.

PC-LPM-16 PnP (non Plug and Play) in dotazione alla stazione Radioastronomica di Noto e' una scheda DAQ (Data Acquisition) I/O multifunzione a bassa potenza, compatibile con sistemi operativi Windows 9x . Essa è autocalibrante e necessita sia di una installazione di tipo hardware, nella quale si impostano alcuni switches e jumpers alle posizioni definite in base a determinati parametri di funzionamento [4], [5], sia di una configurazione che avviene al livello software con il programma Measure and Automation della National Instrument.

In questo paragrafo viene presentata la struttura ed il funzionamento del dispositivo limitatamente alle applicazioni nel sistema di monitoraggio.

La scheda PC-LPM-16 è composta da **16 canali di ingresso analogici** e **16 canali I/O digitali TTL** suddivisi in due porte da 8 bits.

I canali analogici sono quantizzati a 12 bit e campionati ad una frequenza di 50 Ksample/sec (che si traduce in una frequenza di campionamento 510 Kbit/sec), con la possibilità di acquisire segnali fino a 25 KHz di banda (teorema del campionamento).

La selezione di alcuni jumpers (scheda non Plug and Play) permette di variare il range di campionamento (es. 0;10 Volts oppure -5;5V) raggiungendo così fino a 1.22 mV di risoluzione in tensione. La scheda inoltre è protetta da sovratensioni fino a ± 45 V se in funzione e ± 35 V se disattiva.

L'acquisizione dei canali analogici può avvenire o singolarmente per ogni canale indipendentemente dagli altri, oppure in multichannel con una scansione di tipo **round robin** con

canale iniziale arbitrario. In questo caso la banda passante del segnale da acquisire consentita (25 KHz) va divisa per il numero di canali presenti in ingresso alla scheda.

Attualmente il solo canale analogico ACH 0 (*) (vedi FIG. 8) e' utilizzato per la acquisizione del livello di tensione in uscita al potenziometro del rotore su cui e' montata l'antenna. Tale tensione varia con un range 0;5.27 V fissato dal potenziometro, ed e' proporzionale alla posizione angolare della antenna secondo un andamento che puo' essere considerato lineare. Altri canali analogici possono essere utilizzati per misure di segnali a frequenza non superiori ai 25/N KHz, essendo N il numero dei canali in uso.

Le porte di I/O digitali sono TTL compatibili ed hanno la possibilita' di pilotare dispositivi di potenza mediante buffer di corrente (per es. Darlington), come effettivamente avviene per il controllo delle schede M/R CSB ed RPCB. Attualmente sono utilizzati i seguenti canali digitali:

- Canale D INPUT 0- Canale di comando Rotore in direzione **CW** (*);
- Canale D INPUT 1- Canale di comando Rotore in direzione **CCW** (*);
- Canale D INPUT 2- Canale di abilitazione **COMANDO REMOTO AUX BOX 1** (*);
- Canale D INPUT 3- Canale di selezione **V-H BANDA BASSA (800-1700 MHz)** (*);
- Canale D INPUT 4- Canale di selezione **V-H BANDA ALTA (1700-2700 MHz)** (*);
- Canale D INPUT 5- Canale di selezione **FILTRO FM** (*);
- Canale D INPUT 6- Canale di selezione **AMPLIFICATORE BANDA BASSA (800-1700 MHz)** (*);
- Canale D INPUT 6- Canale di selezione **AMPLIFICATORE BANDA ALTA (1700-2700 MHz)** (*);

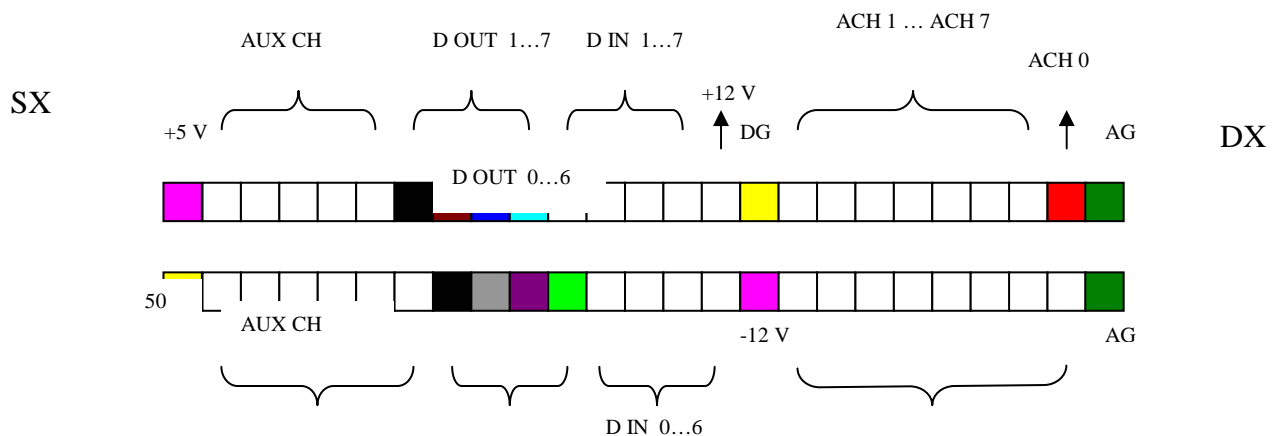


FIG. 8

In figura 8 e' rappresentata l'interfaccia della scheda PC-LPM 16 e la descrizione dei canali come si vede dal retro del computer.

Si possono inoltre distinguere i due terminali di massa per i canali analogici AG (*) e quelli per la massa digitale DG (*), nonché le alimentazioni a +12V e +5V (*) utilizzate per alimentare le schede installate sulla AUX BOX1.

La connessione a quest ultima e' stata realizzata intestando ad una interfaccia 50 pin un cavo schermato a 32 canali, considerando che al momento non tutti i canali vengono utilizzati.

Infine e' possibile configurare, calibrare e gestire tutti i canali della scheda grazie alle funzioni API progettate dalla National Instrument ed integrate nel software di controllo della stazione di monitoraggio; per ulteriori informazioni su queste funzioni e sulla struttura e sulle specifiche di funzionamento della scheda, si rimanda ai riferimenti bibliografici [4] e [5].

5.3 ANTENNA POSITION CONTROL BOARD (APCB)

Il sistema di posizionamento della antenna prevede che siano inviati i comandi CW e CCW dal PC al Rotor Controller; oltre a questi due canali digitali (3 con la massa) esiste anche un canale analogico che trasmette un valore di tensione potenziometrica presente in uscita al potenziometro del rotore della antenna. Questo valore di tensione, opportunamente calibrato ci da' la misura della posizione della antenna ad un dato istante.

Questa operazione può avvenire sia manualmente che in modo automatico; mentre nel primo caso l'operatore agisce sui comandi (in remoto o in manuale) per orientare il rotore ed il canale analogico ha la funzione solo di rilevare e visualizzare la posizione, nella seconda modalità il compito del canale analogico e' quello di realizzare una misura di posizione per inseguire un livello di riferimento fissato e richiesto in fase di pianificazione della acquisizione RFI. Il sistema così fatto e' un anello di retroazione ,come in FIG. 8

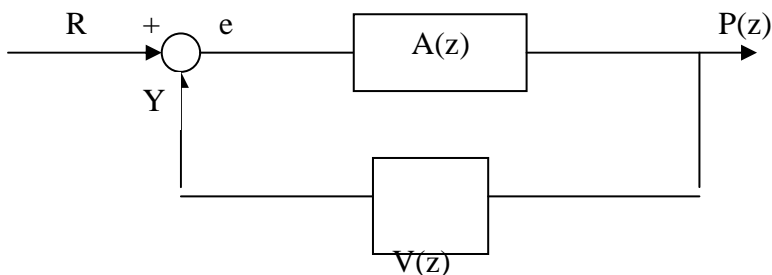


FIG. 9

Il blocco $\mathbf{A}(z)$ e' l'attuatore che forza le condizioni CW e CCW sul rotore, mentre il blocco $\mathbf{V}(z)$ e' il trasduttore che riporta all'ingresso il segnale \mathbf{Y} ; sottratto al valore di riferimento \mathbf{R} e' possibile ottenere l'errore \mathbf{e} che va a pilotare lo stadio attuatore.

Le specifiche più importanti da soddisfare per il nostro sistema sono il tempo di posizionamento che occorre al rotore per mettersi nella posizione richiesta e la precisione di puntamento; essa dipende fortemente dalla sensibilità del Rotor Controller che e' di 0,0586V per ogni scatto di posizione corrispondente a 5 gradi, ottenuta misurando ed interpolando i valori di tensione-posizione con una curva del primo ordine (dato che il potenziometro ha un comportamento in prima approssimazione lineare). Con questo sistema, calibrato opportunamente dal software, si e' raggiunta una precisione di 2 gradi, che è notevole se si pensa che il beam delle antenne è largo circa 30 gradi.

Il problema fondamentale che ha portato alla realizzazione della scheda APCB è la rumorosità del canale analogico di trasduzione, causata da due fenomeni principali;

- a) I disturbi causati dalla vicinanza dei canali digitali della stessa scheda, i cui segnali inducono effetti di diafonia sul livello continuo di posizione;
- b) Le deviazioni dalla posizione originale del rotore dovute ad oscillazioni di tipo meccanico [6] ed alle inevitabili non linearità introducono componenti a bassa frequenza sul livello di tensione misurato che influiscono sul segnale errore e disturbano il corretto posizionamento; tali deviazioni superano in ampiezza il valore di sensibilità del canale analogico della scheda PC-LPM 16 [4] (che vale 2.44 mV);

Mentre il primo problema è stato risolto usando dei cavi schermati abbattendo gli effetti di diafonia soprattutto tra il canale analogico ed i canali digitali, il problema delle componenti a bassa frequenza e' deleterio soprattutto in quanto potrebbe innescare delle oscillazioni dell'errore e quindi far sì che il sistema non raggiunga mai uno stato di equilibrio stabile ma oscilli intorno ad esso.

La scheda APCB e' un filtro LP progettato in maniera tale da garantire una ottima stabilità del segnale di misura \mathbf{Y} e quindi del segnale errore che entra in ingresso all'attuatore; il filtro infatti non solo opera una efficace reiezione dei segnali a bassissima frequenza (<10 Hz) e nello stesso tempo garantisce un tempo di integrazione compatibile con le prestazioni del software che elabora il livello di posizione, ma abbatte il livello medio dei disturbi sotto la soglia di sensibilità della scheda PC-LPM 16 .

Un parametro fondamentale per il sistema a ciclo chiuso e' il numero delle oscillazioni che il rotore compie nel suo punto di equilibrio; all'atto pratico si e' visto che esso non compie **nessuna oscillazione** nel punto di equilibrio, come previsto in fase di progetto: questo e' un risultato di vitale importanza sia per la stabilità stessa del sistema di posizionamento che per l'integrità dei dati misurati.

5.4 ROTOR COMMAND BOARD (RCB)

Questo dispositivo si occupa di inviare i comandi di posizione CW e CCW al ROTOR CONTROLLER che effettua il posizionamento desiderato. Esso accetta in ingresso le linee digitali CW ,CCW e DG della scheda PC LPM 16 su cui viaggiano dei livelli TTL gestiti dal software, e li converte in uscita in comandi (livelli di tensione 12V)che vengono miscelati ai canali attuatori del dispositivo di controllo del rotore (YAESU G-2700SDX).

Quest ultimo quindi, ha la possibilità contemporaneamente di essere comandato in modalità manuale con gli appositi tasti siti sul suo frontespizio, sia automaticamente tramite la interfaccia RCB.

L'interfaccia in questione e' costituita da 2 rele' SIEMENS 92803 ,a bassa potenza di alimentazione, che quindi possono essere direttamente pilotati dai canali digitali di uscita della scheda PC PM 16 (ognuno dei quali può fornire sino a 8 mA di corrente). Un traslatore di livello quindi converte i comandi provenienti dalla scheda da TTL in tensioni opportune (12 V) per essere inviate al Rotor Controller.

Il software di controllo non e' particolarmente complesso ed articolato in fase di comando, in quanto vengono volta per volta richiamate le funzioni API fornite da NI per comandare gli stati delle linee CW e CCW. Si e' rivelato invece particolarmente impegnativo dimensionare da un punto di vista software i parametri di funzionamento del sistema a ciclo chiuso in FIG. 9, quali:

- ampiezza temporale dell'impulso di comando di posizionamento t_{ON} ;
- tempo di interarrivo tra due impulsi t_{ON-OFF} ;
- tolleranza sul posizionamento dell'antenna η_p (misurato in tensione) dopo lo switch ON-OFF;
- errore minimo sul posizionamento Δp misurato in tensione;

Di questi parametri e del loro dimensionamento si parlerà ampiamente nel capitolo successivo; in questa fase e' invece opportuno tenere presente che tali parametri sono fondamentali per il progetto della scheda RCB in quanto rappresentano dei targets prestazionali da soddisfare nei criteri di scelta dei rele' che la compongono.

5.5 MANUAL / REMOTE CONTROL SWITCHING BOARD (M/R CSB)

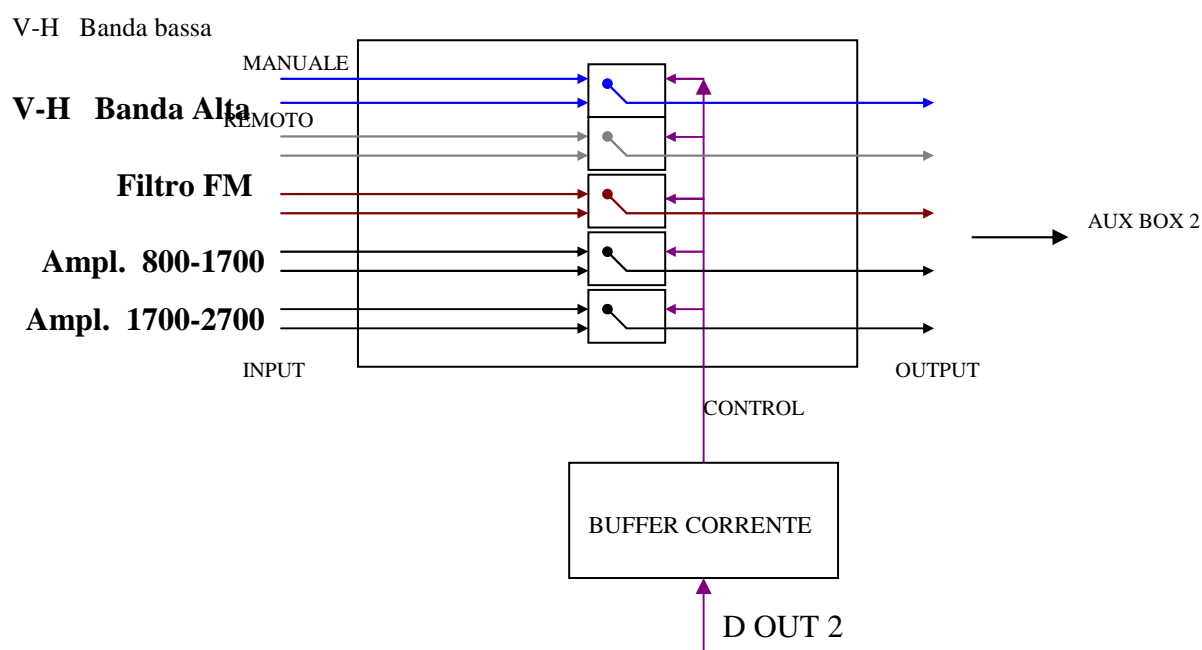
Questa scheda e' installata all'interno della AUX BOX 1 ed e' stata realizzata per permettere la selezione automatica dei parametri di acquisizione di una campagna osservativa RFI.

La configurazione precedente, infatti prevedeva che la selezione avvenisse solo manualmente mediante dei tasti siti nel frontespizio della AUX BOX1, senza la possibilità di automatizzare anche questo processo.

In sostanza all'inizio della acquisizione in modalità automatica il PC CONTROLLER prende il possesso del controllo degli attuatori (switch coax), che per default e' lasciato in modalità di funzionamento manuale; in questo modo il PC stesso può, tramite la scheda REMOTE PARAMETER CONTROL BOARD, selezionare i parametri di acquisizione impostati in fase di pianificazione della acquisizione pilotando gli attuatori in questione.

Nel dispositivo è possibile riconoscere tre tipi di canali:

- 1) Canali di ingresso- Sono 5 che provengono dallo stadio manuale e 5 da quello automatico; essi portano le informazioni (binarie) circa i parametri selezionati sotto forma di livelli di tensioni (12 V) ;



- 2) Canali di Uscita- Sono 5 e vanno a pilotare i relè della AUX BOX 2; sono livelli di tensione 0-12V ma debbono avere valori di corrente non indifferenti proprio perché comandano degli switch;

- 2) Canale di controllo- E' il canale digitale 2 di output DOUT2 della scheda PC LPM 16 che in figura 8 e' evidenziato in viola; se viene scelta la modalità automatica il canale passa ad uno stato TTL alto e va a pilotare uno stadio di potenza che controlla i 5 relè MANUALE / AUTO, tanti quanti sono le linee relative ai parametri di acquisizione.

Lo stadio di potenza è costituito da un transistor di tipo darlington (buffer di corrente) in grado di fornire la corrente opportuna ai relè per lo scambio MANUALE/REMOTO ([7] pag. 457).

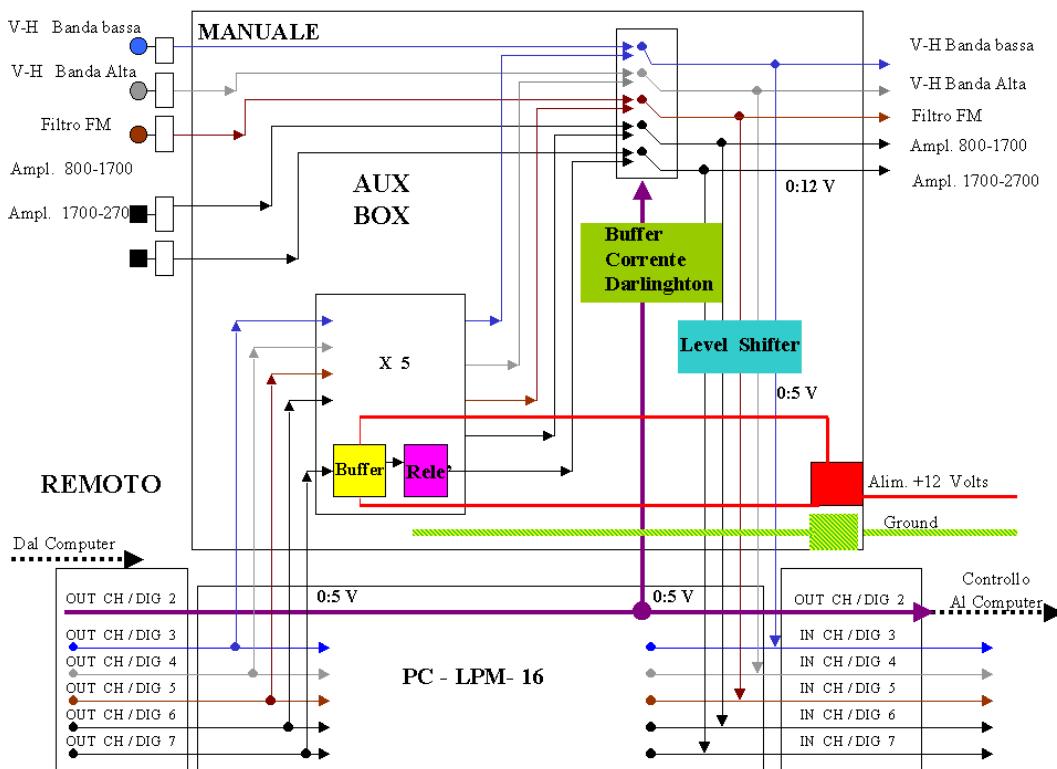


FIG. 11

5.6 REMOTE PARAMETER CONTROL BOARD (RPCB)

Questa scheda ha la funzione di selezionare da remoto il valore dei 5 parametri di cui si è detto precedentemente. La selezione è abilitata dal canale D OUT 2 di controllo il cui livello alto abilita proprio il controllo remoto.

Ogni singolo canale in arrivo dalla scheda PC-LPM-16 comanda uno switch di potenza, in modo tale che l'uscita è il livello 12 V se il livello del canale è alto, viceversa la massa.

Anche qui è necessario un set di buffers di corrente per pilotare sia gli switches che gli stadi secondari (M/R CSB) con i relativi buffers di corrente.

La FIG. 11 rappresenta la configurazione delle due schede e dei collegamenti tra esse stesse, il dispositivo CONTROLLER (PC-LPM-16, e la AUXBOX 2. Sono inoltre inseriti dei canali di ritorno in ingresso digitale al controller stesso che servono al controllo dell'effettiva esecuzione dei comandi impostati.

6. Conclusioni

In questo capitolo si è fatto il punto della situazione riguardo all'hardware equipment della Stazione di monitoraggio RFI esistente sul sito della stazione Radioastronomica di Noto, soprattutto

riguardo a quanto e' stato aggiunto in fase di progetto e di realizzazione per rendere la stazione stessa completamente automatizzata.

Come si può osservare anche dalla figura 1, non sono stati descritti ne il rotore sul quale è montata l'antenna, ne la AUX BOX 2 che contiene gli attuatori in grado di selezionare i parametri di una data acquisizione RFI. Poiché il manuale di riferimento della YAESU [6] ed il riferimento bibliografico [8] rispettivamente ne danno una ampia descrizione, si rimanda ad essi per ulteriori dettagli.

Il Software MARFI (Monitoring and Acquisition of Radio Frequency Interference).**1. Generalità**

Dopo aver descritto il sistema di monitoraggio operante nella Stazione Radioastronomica di Noto da un punto di vista dell'hardware e delle interfacce di comunicazione tra il PC CONTROLLER ed i dispositivi SERVER, in questo capitolo viene data un'ampia descrizione del software che è stato progettato per gestire in maniera automatica ed affidabile le acquisizioni RFI. Il capitolo servirà da guida all'uso del sistema di monitoraggio automatico e della sua interfaccia utente.

Tre sono le linee guida che hanno portato alla scelta di automatizzare il monitoraggio RFI e quindi a progettare un software adatto a questo scopo:

1. assicurare la possibilità di raccogliere il più completo set di informazioni riguardo ai parametri ed alle caratteristiche dei segnali interferenti, al fine di realizzare una analisi e quindi una classificazione basata sull'andamento statistico di questi. Queste informazioni in particolare riguardano:
 - a) funzione densità spettrale di potenza (spdf, potenza in funzione dello spettro);
 - b) livelli di potenza in funzione del tempo;
 - c) livelli di potenza in funzione della direzione (variazioni angolari);
 - d) livelli di potenza in funzione dei parametri che caratterizzano i segnali interferenti ed il sistema dedicato alla loro ricezione (es. polarizzazione, tecniche di modulazione , ampiezza di banda di interesse, etc...).
2. realizzare la possibilità di programmare le osservazioni RFI al fine di assicurare un monitoraggio metodico e completamente automatico, sia che vengano effettuati esperimenti singoli ed indipendenti, sia che vengano condotte operazioni schedate.
3. visualizzare e presentare i dati acquisiti in real time per rilevare livelli di potenza improvvisi dovuti a fenomeni dal carattere non stazionario (es. radar), oppure off line per analizzare i dati acquisiti.

Integrando a queste funzionalità l'uso di tools di elaborazione dati e riconoscimento dei segnali implementati in determinati ambienti di sviluppo (Matlab, IDL, Matcad.etc...), e' possibile ottenere uno strumento molto efficiente e funzionale, soprattutto per il progetto e la realizzazione di sistemi che utilizzano tecniche di RFI Mitigation, di cui si è parlato nel capitolo 1 e che sempre più si stanno affermando nel campo della radio astronomia.

Il software MARFI (Monitoring and Acquisition of Radio Frequency Interference) nasce in ambiente Windows, in quanto questo sistema operativo è di gran lunga il più sviluppato soprattutto nella gestione dei calcolatori portatili che vengono utilizzati ampiamente in questo progetto; inoltre Windows possiede un'interfaccia utente semplice e molto funzionale.

MARFI è stato realizzato utilizzando la versione 4.2 del Visual C++, alla quale è stato integrato il pacchetto software Measure and Automation della National Instrument, di cui fanno parte le funzioni di gestione della scheda PC-LPM-16.

Poiché questo capitolo serve anche da manuale per l'utente, nel descrivere il software si seguirà il menù principale e le sue funzionalità, ma non si trascureranno né i criteri di progetto delle strutture dati e delle fondamentali routine che gestiscono la acquisizione in se stessa, né la descrizione degli algoritmi per la calibrazione e la visualizzazione dei dati.

2. MARFI: le funzionalità.

Il software MARFI è stato realizzato con la precisa idea di condurre in maniera automatica le acquisizioni di segnali interferenti in banda 50-2000 MHz. Nonostante questo sia il principale obiettivo, è necessario tenere presente altre importanti motivazioni ed esigenze legate al trattamento dei dati RFI; queste esigenze hanno portato allo sviluppo di uno strumento dalle molteplici funzionalità e dalle notevoli potenzialità.

Cosa può fare MARFI?

1. E' in grado di progettare, compilare ed eseguire acquisizione singole ed indipendenti nel tempo, impostando per ognuna di queste la banda e la modalità di ricezione, i parametri di acquisizione, la direzione di puntamento della antenna; tali acquisizioni possono avvenire in modalità diverse:
 - a) scanning in frequenza per determinare la spdf, con step di frequenza variabile;
 - b) scanning nel tempo per determinare l'andamento temporale dei livelli di potenza acquisiti, con passi temporali variabili;
 - c) scanning in azimuth che permette di tracciare i livelli di potenza su tutto l'angolo giro (radar);
 - d) jump in frequenza, per cui è possibile condurre sequenzialmente una acquisizione su diverse porzioni di banda una volta stabilito il centrobanda e la ampiezza della stessa.
2. E' in grado di effettuare lo Schedule Management, cioè la gestione (completamente automatica) degli esperimenti schedulati, nonché la loro esecuzione secondo una pianificazione ben precisa;
3. Salva i dati in formato testo, in formato standard CRAF ed in formato RMDF; tali formati sono importanti poiché rappresentano degli standard di riferimento per il CRAF ed EVN che

gestiscono degli appositi database sui quali depositare i dati RFI che arrivano da ogni osservatorio;

4. Permette di calibrare i dati ottenuti dalla acquisizione in base a dei file calibro che dipendono dal ricevitore, dalle antenne e dalle perdite dei cavi;
5. Consente di testare il funzionamento di ogni server prevedendo dei servizi di diagnostica e recupero di errore qualora ci fossero problemi nella connessione o nel funzionamento di ognuno di questi;
6. Consente la presentazione dei dati off line mediante un'interfaccia grafica semplice ma funzionale, e la visualizzazione in real time dei dati acquisiti mediante l'attivazione di un oscilloscopio digitale inserito nel pannello di gestione dell'acquisizione;
7. Grazie alla potenza di Visual C++ il software conserva tutte le potenzialità del sistema operativo Windows, compreso il file management, la gestione della stampante e via dicendo.

L'interfaccia software si presenta come un menù a documento multiplo, in grado cioè di aprire più pagine contemporaneamente; le voci di menu richiamano tutte le funzionalità alle quali si è accennato prima e verranno descritte una ad una nel prossimo paragrafo.

3. MARFI: la struttura.

Come detto precedentemente, l'interfaccia del software MARFI si presenta come un menu' dal quale e' possibile attivare le funzioni selezionando le apposite voci. La potenza del linguaggio VisualC++ consente al programmatore di inserire automaticamente, senza che esso stesso se ne preoccupi, tutte le funzionalità delle interfacce utente Windows; eventuali funzioni aggiuntive possono essere inserite 'scavalcando' (override) queste procedure standard ed adattandole alle esigenze del programmatore. La tecnica dell' overriding e' una tipica tecnica dei programmi che operano ad oggetti, in quanto e' fortemente legata ai concetti di "ereditarietà" e di "funzione virtuale" che vengono descritti ampiamente nei riferimenti bibliografici [10] ed [11].

3.1 Il menù File

Grazie a questo menù è possibile utilizzare tutte le funzioni tipiche di una applicazione Windows relative alla gestione dei file.

Attualmente, poichè quello che interessa e' la visualizzazione degli spettri in un range di interesse che può essere scelto dall'utente, sono abilitati a funzionare solo le seguenti voci :

- a) Nuovo- Apre un nuovo documento vuoto e lo rende disponibile al caricamento del grafico;
- b) Disegna- Crea il grafico del file di interesse, dopo aver compilato la apposita maschera in cui si richiedono le caratteristiche del grafico da compilare (range, intestazione, titolo, nome del file

da graficare e delle frequenze); automaticamente, in base alle informazioni contenute nei file, e' possibile fare il grafico delle acquisizioni;

- c) Zoom- Permette di ampliare o ridurre il massimo range di osservazione del grafico: basta inserire in una opportuna maschera i valori in ascissa tra i quali si vuole osservarlo;
- d) Stampa- Effettua la stampa del grafico;
- e) Anteprima di stampa- Effettua la anteprima del documento per la stampa;
- f) Imposta stampante- E' la classica maschera presente in molti programmi Windows tramite la quale e' possibile selezionare una stampante ed impostarne le caratteristiche funzionali.

Le altre voci di menù possono essere abilitate in futuro per altri scopi.

L'interfaccia di presentazione grafica e' stata realizzata in modo molto semplice, riducendo al minimo sia il carico computazionale che le funzioni, per due motivi fondamentali; prima di tutto perchè avere un tool di elaborazione grafica non e' uno degli obiettivi che si sono fissati in fase di pianificazione e, di conseguenza, in fase di progetto del software del sistema di monitoraggio. Secondariamente la rappresentazione grafica diventa molto semplice se si pensa di utilizzare le tantissime funzionalità messe a disposizione dagli Ambienti di Sviluppo (IDE) come Matlab, IDL, LabView, etc..., con un risparmio di risorse e di tempo che non e' indifferente. Infatti programmare in VisualC++ una interfaccia grafica e' ancora una operazione molto difficile, dispendiosa in termini di tempo e porta a risultati che non sono neanche paragonabili a quelli ottenuti utilizzando un qualsiasi IDE (Interface Development Environment) come per esempio Matlab. Se si pensa, inoltre, che gli stessi dati RFI caricati in un IDE possono essere anche sottoposti a routine di elaborazione numerica, si può facilmente concludere che affidare l'operazione di rappresentazione dei dati ad un tale ambiente non e' affatto ne una operazione scomoda, ne una cosa disonorevole, anzi rappresenta una scelta dalle importanti implicazioni funzionali che, per altro viene tuttora seguita da molti programmatori in ambiente Visual C++ (e' inutile reinventare la ruota!).

3.2 I menù Modifica, Visualizza , Finestre.

Questi menù sono implementati direttamente dal VisualC++ e svolgono le normali funzionalità di Windows riguardo alla gestione delle finestre multiple, del trattamento dei dati all'interno di queste, della visualizzazione degli strumenti. Non sono state implementate altre funzioni particolari con la tecnica dell' override, sebbene ciò sia possibile nel caso nascano particolari esigenze future.

3.3 Il menù Header File.

Il problema dell' acquisizione e della registrazione dei dati RFI osservati da una stazione di monitoraggio non e' banale, bensì complesso ed articolato proprio perchè tali sono le caratteristiche dei segnali interferenti. Se ogni stazione tenesse per se i dati acquisiti, non ci sarebbe neanche l'esigenza di registrare i dati in un unico formato standard accessibile a tutti. Poiche' per

fortuna, i diversi osservatori radio astronomici hanno deciso di scambiarsi i dati acquisiti per confrontarli tra loro, e' subito nata la necessità non solo di usare un formato comune a tutti, ma anche (e soprattutto) di inglobare insieme ai dati acquisiti anche delle informazioni che riguardano le modalità di acquisizione, le caratteristiche dei siti osservativi e della strumentazione utilizzata, le particolari e contingenti condizioni osservative; in tal modo il confronto tra i diversi dati diventa più affidabile e completo e non si perde il carattere generalmente non stazionario dei dati RFI, che dipende fortemente dalle condizioni insite in ogni osservatorio.

Il formato RMDF (Radio Frequency Interference Monitoring Data Format) sviluppato nell'ambito del progetto Robust Receiver da A.J. Boonstra , e' un formato dati completo che non solo porta l'informazione sui dati acquisiti, ma anche sulle condizioni con cui e' stata condotto un singolo esperimento.

Ogni file RMDF (virtuale) e' composto da due file diversi; il file header (.rmh) nel quale e' contenuta una lista di informazioni inerenti la tipologia della acquisizione, la descrizione del sito osservativo e della strumentazione utilizzata, i parametri di acquisizione, le dimensioni del file dati; il file dati (.rmd) che contiene i dati in forma matriciale, ovvero in ogni vettore riga vi sono i dati ottenuti al variare della frequenza, mentre i vettori colonna contengono i dati ad una stessa frequenza ma acquisiti in intervalli temporali diversi.

Dal menu' Header File e' possibile costruire il file header compilando tutte le schede con le apposite informazioni riguardo la acquisizione svolta. Alla voce 'Compila File Header' si accede ad una maschera tramite la quale e' possibile salvare i dati in formato .rmh dopo aver inserito il nome del file ed avere pressato il pulsante Compila.

Alla voce 'Compila File Dati' si accede ad una finestra di dialogo nella quale si chiede di selezionare il nome del file dati opportuno; successivamente viene formato il file dati in forma matriciale, a seconda delle dimensioni in tempo ed in frequenza delle osservazioni [12].

Per ulteriori informazioni sul formato RMDF si rimanda al riferimento bibliografico [12].

3.4 Il menù Acquisizione.

Il menù acquisizione e' il più importante strumento del software in quanto se tutti gli altri possono essere considerati più o meno accessori, questo permette di condurre e gestire tutti i tipi di acquisizione RFI precedentemente descritti.

Le sottovoci del menù sono due e si distinguono in base al tipo di esperimento che si vuole condurre:

- 1) Esperimento singolo: si programma il software per portare a termine un singolo esperimento indipendente nel tempo;

- 2) Esperimento schedulato: si programma il software in modo da eseguire un certo numero di esperimenti in modo sequenziale nel tempo, fino ad un numero massimo di 50 acquisizioni. Non ci sono invece limiti temporali ad una data acquisizione.

1. Avvia acquisizione singola

Il programma di avvio di una acquisizione singola passa prima da una fase di impostazione della stessa, nella quale si settano le modalità ed i parametri secondo i quali essa deve operare:

- a) Nome acquisizione: e' il nome della acquisizione che si vuole portare a termine; i file dati, il file frequenze ed il file di log che vengono automaticamente generati sono allocati in una directory (sita nel disco rigido del PC) che ha lo stesso nome della acquisizione. I file dati debbono essere successivamente calibrati.
- b) Campi frequenza: sono espressi in MHz ed esprimono gli intervalli in frequenza o le frequenze fisse sulle quali bisogna condurre le osservazioni; il range di frequenze ammissibile e' di 50-1999.8 MHz. La frequenza di step e' invece lo step con cui si muove il ricevitore per calcolare il contributo spettrale dei segnali RFI.
- c) Campi Ricevitore: sono dei valori che influenzano il modo di funzionamento del ricevitore; lo **sleep time** e' l'intervallo che deve passare tra due acquisizioni di dati e dipende dalla dinamica (e dalla inerzia) del ricevitore. I campi **demodulation mode** e **band** indicano rispettivamente la modalità e la ampiezza in banda di demodulazione con le quali deve funzionare il ricevitore. Ciascun campo e' selezionabile con box combinate.
- d) Parametri di acquisizione: sono i parametri impostabili dalle AUX BOX e sono polarizzazione, banda di selezione della antenna, filtro FM ed amplificatore per la banda alta. Sono selezionabili con box combinate.
- e) Parametri di puntamento; sono l'azimuth e l'elevazione a cui si vuole portare l'antenna. Tuttavia per il tipo di antenna usata (omnidirezionale in elevazione) si seleziona solo l'azimuth, lasciando l'elevazione fissa ad un valore di 90 gradi.

Una volta compilata la scheda, il pulsante Avvia fa partire il **Pannello di Controllo Acquisizione**, all'interno del quale possiamo distinguere una regione destinata al controllo, una addetta al riepilogo dati ed una preposta al comando.

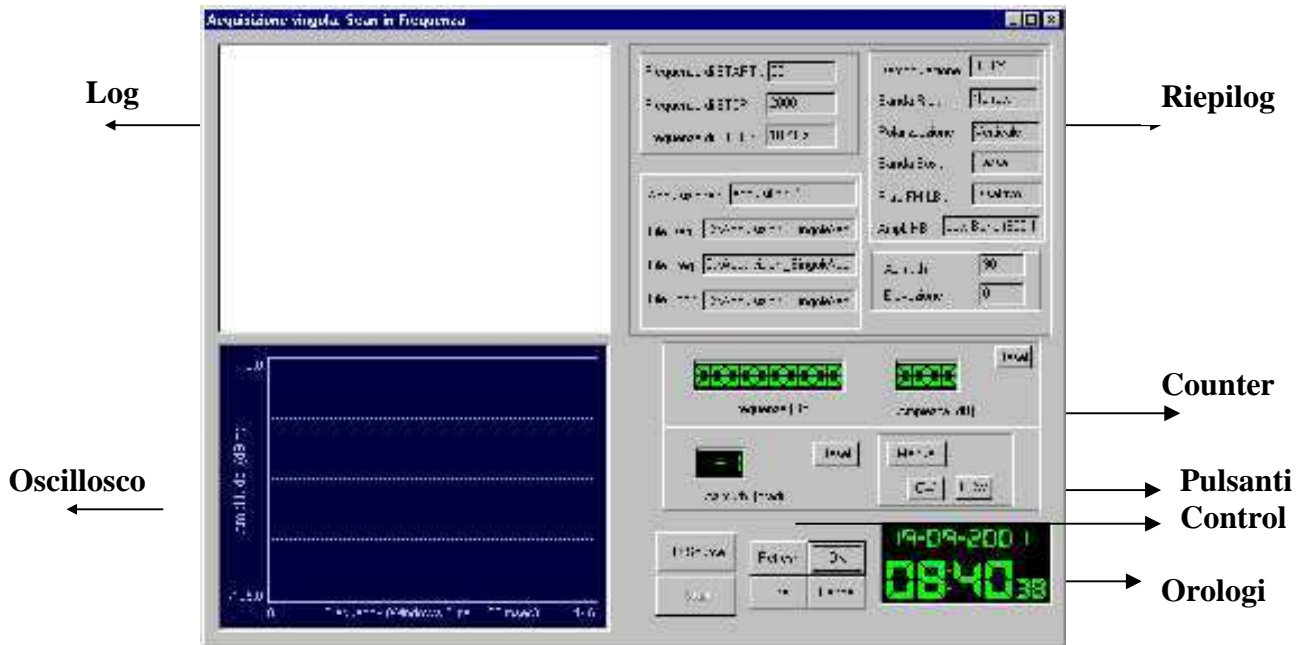


FIG 2

La parte del controllo della acquisizione comprende l'oscilloscopio digitale, l'area di log ed i counters digitali che rappresentano la frequenza di acquisizione, la misura effettuata e la direzione dell'antenna. Queste sono tutte informazioni in real time; in particolare grazie all'oscilloscopio digitale e' possibile rilevare se ci sono dei picchi di segnale in una determinata banda, i quali possono far pensare alla accensione di radar.

La regione di riepilogo dati e' addetta alla descrizione dei dati di acquisizione impostati in precedenza nella scheda di acquisizione.

La parte addetta al comando prevede un pulsante di **OnSource** che inizializza il sistema di posizionamento calcolando la velocità del rotore (che si può comandare in manuale), la accuratezza e la tolleranza sulla posizione; quindi l'antenna si posiziona sulla direzione desiderata, viene quindi visualizzato un messaggio sul log space ed abilitato il pulsante **Start**.

Il pulsante **Start** della acquisizione rimane disabilitato fino a quando l'antenna non si mette in posizione ed il sistema non e' pronto ad acquisire. Tale pulsante infatti ha il compito di fare partire il sistema di ricezione e di immagazzinamento dati: la qual cosa può avvenire solo se si e' in sorgente.

E' previsto inoltre un comando manuale di posizione se si volesse intervenire durante la acquisizione in maniera non automatica (ad es. per correggere o cambiare una posizione). I

comandi **CW** e **CCW** e **Reset** sono in grado di deviare la posizione rispettivamente in senso orario ed antiorario, oppure portarla a zero gradi.

Infine i pulsanti **Fine** e **Refresh** che rispettivamente bloccano l'esperimento interrompendolo definitivamente, e portano a zero tutti i dispositivi di controllo (tranne il display di posizione chiaramente).

Si e' previsto che il pannello sia uguale per tutti e quattro i tipi di esperimenti singoli, tranne per lo scan in azimuth, per cui come e' comprensibile, non sono presenti i comandi di posizionamento manuale. Il pannello di acquisizione ha la massima funzionalita' ottenibile in quanto e' capace di gestire tutte le evenienze e le eccezioni, fornendo inoltre una efficace visualizzazione dei dati.

Come si e' potuto capire, le acquisizioni singole non hanno dei tempi prestabiliti secondo cui partono in automatico; l'inizio e' stabilito dall'operatore che agisce sul pulsante di Start dopo avere messo l'antenna in sorgente; l'acquisizione o viene interrotta bruscamente ed ogni dato viene perso (ricordarsi quindi anche di eliminare la directory appositamente creata) , oppure si conclude con successo appena finisce un determinato scan.

2. Scheduling

Con il termine scheduling si intende definire tutte le procedure che servono per creare, gestire e portare a termine delle acquisizioni che non sono temporalmente indipendenti tra loro, ma sequenzialmente distribuite nell'arco della durata di una Schedule, cioe' di una lista di esperimenti programmati.

Si e' ritenuto quindi, di fondamentale importanza avere particolare cura nel definire le operazioni e le procedure per creare correttamente una determinata schedule, al fine di evitare sovrapposizioni ed equivoci tra gli esperimenti ad essa appartenenti e quindi limitare al minimo (cioe' azzerare) la probabilita' di un insuccesso.

Una schedule si struttura in una directory che viene creata automaticamente con il comando Nuova Schedule, all'interno della quale viene generato il file di schedule con estensione **.sch** . Esso e' un file di testo sul quale vengono registrati i parametri di funzionamento di una data acquisizione, secondo l'ordine di acquisizione stesso. Infine la cartella contiene anche il file log della schedule che registra tutti gli avvenimenti dalla apertura alla fine.

La schedule si avvia in maniera automatica all'istante in cui e' programmato il primo esperimento, ed automaticamente programma la conduzione di tutti gli altri.

Le sottovoci della voce scheduling si occupano della creazione, della gestione e della esecuzione di una schedule; di seguito andiamo ad elencarli:

- a) **Nuova Schedule-** Crea una nuova schedule, in particolare la directory con il nome della stessa, il file di schedule .sch ed il file log sempre con lo stesso nome, ma naturalmente con diversa estensione. Ad esempio la schedule Luglio2001 genera una directory omonima ed al suo interno il file Luglio2001.sch e Luglio2001Log.txt .
- b) La voce **Visualizza** permette di visualizzare una determinata schedule, una volta che si seleziona un determinato file di schedule .sch dalla finestra di dialogo che viene attivata dalla voce stessa. La visualizzazione e' importante poiche' si possono controllare determinati errori di compilazione della schedule, o semplicemente si puo' disporre di un pannello con il quale controllare il corretto andamento dell'esperimento.
- c) **Aggiungi Acquisizione-** Consente di aggiungere ad una Schedule una determinata acquisizione; il software e' programmato in modo da inserire automaticamente una acquisizione in una lista ordinata (bubble sort) in base all'orario con cui ciascuna di esse e' registrata e destinata a partire. La voce abilita una finestra di dialogo (di cui a breve si parlera') mediante la quale e' possibile compilare la acquisizione ed inserirla nella schedule.
- d) **Elimina Acquisizione-** Permette di eliminare la acquisizione richiamando la scheda di visualizzazione della schedule ed eliminando tramite selezione con il mouse l'esperimento in questione con il pulsante elimina. L'ordinamento dopo la selezione sar  automatico secondo l'algoritmo **bubble sort**.
- e) **Ordina-** Consente di ordinare la lista mediante il bubble sort nel momento in cui non si e' sicuri dell'effettivo allineamento degli esperimenti. Il criterio di ordinamento seguito e' la sequenzialit  temporale, per cui il campo fondamentale in base al quale avviene l'ordinamento e' la **data di inizio** di ogni esperimento. Naturalmente in fase di compilazione della schedule il software fa attenzione che non vi siano sovrapposizioni temporali tra i diversi esperimenti; in tal caso ogni tentativo di inserimento dell'esperimento nella schedule non riesce.
- f) **Avvia-** Consente di avviare una schedule selezionabile tramite la finestra di dialogo della gestione file di Windows; occorre aprire un determinato file di schedule ed automaticamente si avvia' il pannello di controllo della schedule, che non e' molto diverso dal pannello di controllo di una singola acquisizione, almeno nella sua composizione. Di questo si parlera' di seguito.

Pannello Compilazione Schedule.

La voce Aggiungi Acquisizione abilita un pannello in cui e' possibile caricare i dati di una certa acquisizione nel file di schedule (estensione .sch); tale file opportunamente ordinato mediante la funzione Ordina, sar  poi eseguito grazie alla voce Avvia.

Il pannello per compilare la schedule e' in figura 2; la differenza con il pannello di acquisizione singola sta nel fatto che in questo caso occorre indicare sia la data di inizio dell'esperimento, sia una presunta data di fine, tenendo presente che il programma calcola automaticamente la durata di ogni esperimento ed avverte se c'e' una eventuale sovrapposizione tra gli elementi di una stessa schedule. Distinguiamo in oltre, come primo campo in alto, il pulsante con la quale e' possibile selezionare la schedule di appartenenza dell'esperimento che si vuole aggiungere, il nome dell'esperimento (**10 caratteri!**) ed il numero ordinale con cui questo si vuole classificare. Nel caso ci sia un ulteriore ordinamento tale numero sar  modificato automaticamente.

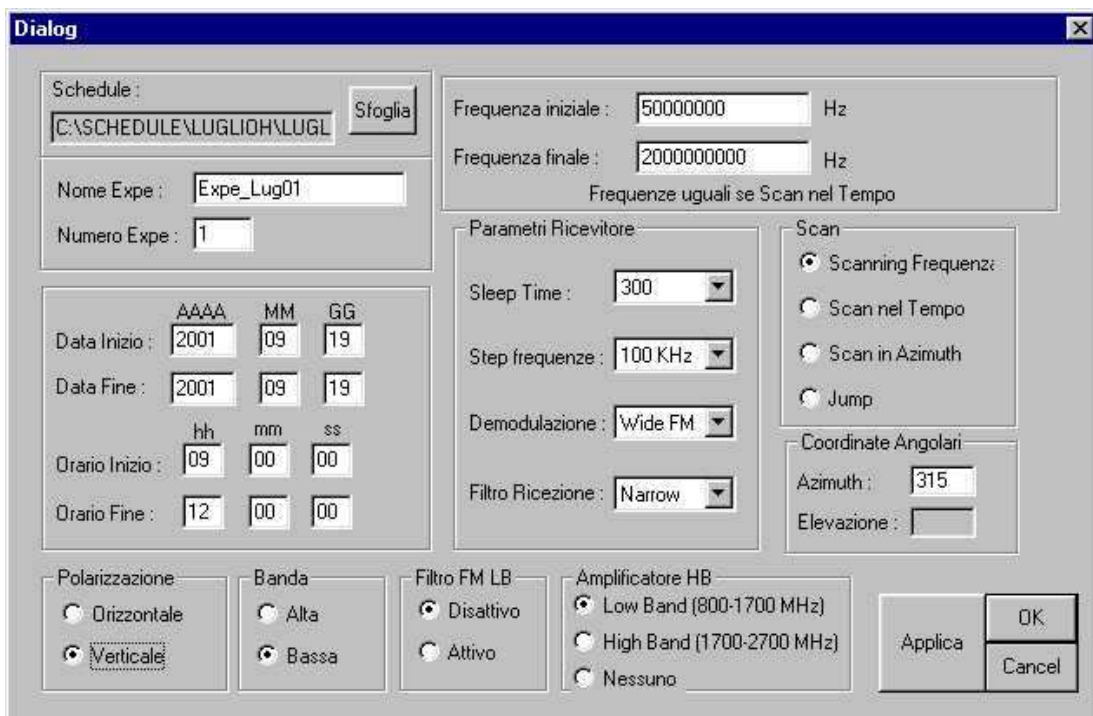


FIG 2

Inoltre si pu  scegliere se l'esperimento in questione   uno scan in frequenza o nel tempo; in questo secondo caso occorre scrivere nel campo frequenza finale lo stesso valore che si e' assegnato a quella iniziale.

I restanti campi sono identici al caso di acquisizioni singole a cui si rimanda per ulteriori dubbi. Il pulsante **Start** permette di avviare la schedule, il cui pannello di controllo e' descritto di seguito.

Pannello di Controllo Schedule.

Il pannello di controllo della schedule è molto simile a quello relativo ad un esperimento singolo; l'unica differenza è che il sistema parte con l'abilitazione del pulsante **Start** ma compie tutto in maniera automatica, dal posizionamento al setting dei parametri di acquisizione all'inizio della ricezione e della acquisizione dati. Tutte queste operazioni sono temporizzate e sincronizzate, al fine di non avere sovrapposizioni o equivoci nello svolgimento delle operazioni. Inoltre ogni operazione è registrata nel file di log che conserva anche le eccezioni ed i motivi di una eventuale failure. Questo significa che, essendo la sincronizzazione un elemento fondamentale, è importantissimo pianificare in maniera corretta la schedule, anche se tuttavia il software è abbastanza intelligente da scartare qualsiasi operazione schedulata male.

Alla fine di ogni acquisizione della schedule viene aggiornata l'area di log, vengono resettati i display e l'oscilloscopio e tutti dispositivi sono pronti per iniziare una nuova acquisizione al momento opportuno.

3.5 Il funzionamento del sistema di acquisizione.

Il funzionamento del software di controllo e acquisizione dati è identico sia nel caso di esperimento singolo che schedulato, una volta che esso viene avviato.

L'unica differenza sta nel fatto che nella gestione della schedule si deve tenere conto dell'inizio di ogni esperimento in base ad una temporizzazione programmata in fase di pianificazione. Tale esigenza viene soddisfatta attivando per ogni esperimento schedulato dei time-outs. In questa fase è conveniente descrivere al livello logico-strutturale le modalità con cui MARFI porta a termine una data acquisizione RFI.

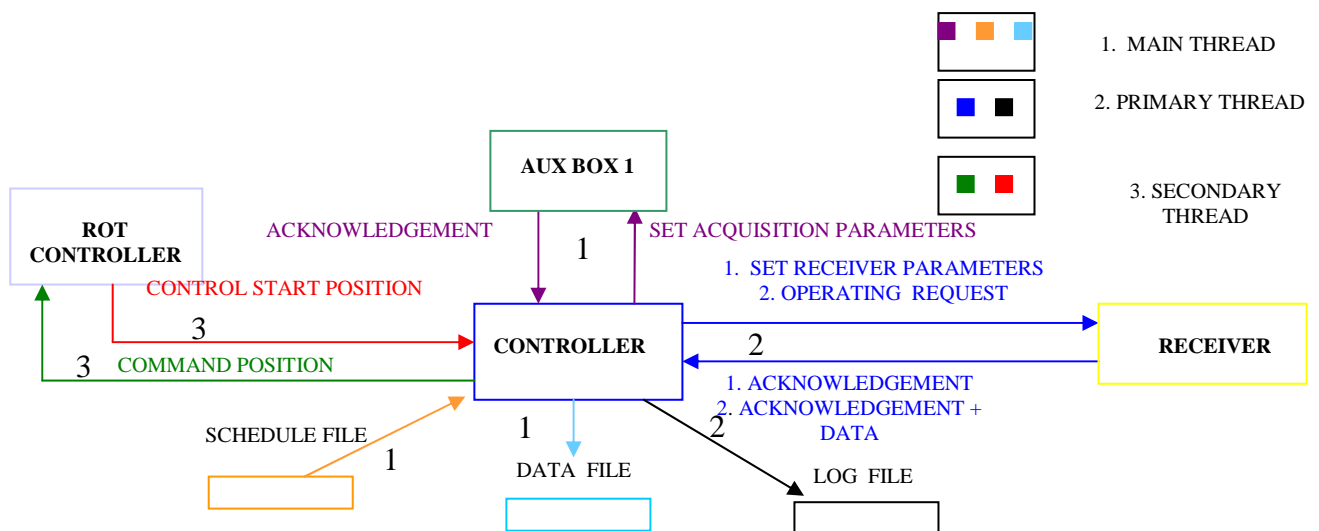


FIG. 3

In fase di acquisizione, infatti, il sistema deve garantire le seguenti operazioni fondamentali:

1. Impostare all'inizio di un esperimento i parametri di acquisizione;
2. Impostare all'inizio (ma non solo) dell'esperimento la posizione dell'antenna alla direzione desiderata;
3. Inizializzare la connessione con il ricevitore, assicurare un collegamento stabile ed uno scambio dati il più possibile privo di errori, negoziare la chiusura della comunicazione.
4. Leggere le istruzioni da eseguire dal file di schedule e salvare i dati e le informazioni di log negli appositi file.
5. Visualizzare in real time i dati acquisiti, al variare del tempo e della frequenza per rendere possibile il controllo dei dati e del corretto svolgimento dell'esperimento.
6. Scrivere sull'apposita area di log, le informazioni riguardo alla gestione della acquisizione o della schedule contemporaneamente allo svolgersi di queste.

Se da un lato queste operazioni possono sembrare scontate e semplici per un calcolatore, d'altro canto occorre tenere conto del fatto che le operazioni elencate si devono svolgere tutte (o quasi) contemporaneamente, il che porta a delle implicazioni fondamentali:

- a. i dati acquisiti e le frequenze impostate devono essere condivise alternativamente sia dal processo di comunicazione tra Controller e Ricevitore, sia dalle operazioni di visualizzazione in real time (oscilloscopio digitale, display e counters);
- b. i dati di posizionamento dell'antenna devono essere condivisi dal processo di acquisizione e controllo della posizione (automatico e manuale) e dal display digitale che ne visualizza il valore;
- c. i dati acquisiti, le frequenze impostate e le informazioni di log prodotte vanno condivisi con il processo di scrittura su file.

Come forse è noto, la stragrande maggioranza dei sistemi operativi, tra cui anche Windows 9x, non permette che più operazioni vengano eseguite contemporaneamente, se non programmando le risorse e le operazioni con la speciale tecnica del **multithreading**; in pratica un solo flusso di programmazione non può contemporaneamente eseguire due operazioni che condividono gli stessi dati (per es. acquisizione dati dal ricevitore e visualizzazione in display) ed utilizzano nello stesso tempo le stesse risorse. Più operazioni di questo genere contemporaneamente possono invece essere condotte attivando più flussi di programma dedicati ognuno ad una data funzione; tali flussi possono accedere alle risorse ed ai dati uno alla volta, in maniera arbitrata dal sistema operativo.

Ne caso particolare di MARFI la tecnica del multithreading si è rivelata di straordinaria utilità, proprio perchè ha consentito di portare a termine contemporaneamente più operazioni, attivando 3 flussi (threads) di programmazione ben precisi, distinguibili in figura 3 dai diversi colori. In particolare si possono individuare:

1. Il Main Thread che si occupa di avviare il programma principale, gestire gli strumenti accessori (calibrazione, compilazione in formati standard, test strumentale); in fase di acquisizione le sue mansioni sono:
 - a) gestire la lettura dal file di schedule;
 - b) creare i file destinatari dei dati e gestirne la scrittura dei dati acquisiti;
 - c) impostare i parametri di acquisizione tramite il collegamento con la AUX BOX 1;
 - d) visualizza i dati tramite gli appositi display e counters;
 - e) avvia ed inizializza i threads secondari, dirigendo e controllando l'accesso ai dati dei diversi flussi di programma.

In figura tutte le operazioni sono visualizzate con il numero 1 e rappresentate dai diversi colori.

2. Il Receiver Management Thread che si occupa della gestione della comunicazione tra il Controller ed il Receiver. In particolare esso gestisce il flusso dati in ingresso ed uscita dal computer verso il ricevitore (e viceversa); e' indicato in figura con il numero 2 e disegnato in blu. Esso e' attivato dal Main Thread che ne decide l'accesso ai dati.
3. Il Control Rotor Thread con il quale si comanda la posizione del rotore su cui e' montata l'antenna e si gestiscono le diverse funzionalità disponibili; anche esso e' attivato e gestito dal main thread.

Come si e' visto al Main e' affidato il compito di generare i diversi flussi di programma e gestire l'accesso ai dati da parte di questi ultimi; alla prima di queste operazioni e' addetta la funzione API **AfxBeginThread**, richiamata per entrambi i flussi 2 e 3 (che potrebbero essere definiti "worker threads" [13]) la seconda alla classe **CCriticalSection**, mediante la quale e' possibile nascondere e proteggere i dati in uso ad un determinato flusso di programma, dall'accesso di altri flussi (come una sorta di semafori).

I flussi in questione rimangono attivi per tutto il tempo della acquisizione, per essere quindi chiusi appena essa si conclude; rimane quindi solo il flusso principale di programma che permette di utilizzare tutti gli strumenti in dotazione al software.

Una particolare discussione meritano le operazioni schedate; infatti se da un punto di vista dei flussi esse vengono trattate come degli esperimenti singoli, diverse sono le modalità di gestione e di temporizzazione. Mentre ogni esperimento singolo viene attivato manualmente con gli appositi pulsanti, ogni acquisizione schedata viene automaticamente richiamata tramite le operazioni di Schedule Management implementate all'interno del flusso principale; in particolare ogni acquisizione e' attivata dallo scadere di un time out, la cui durata e' impostata durante la fase iniziale di pianificazione della schedule.

3.6 Il menù Calibrazione.

Come abbiamo già detto, il software MARFI permette di calibrare i dati RFI ottenuti dalle acquisizioni. Infatti essi danno i valori ricevuti dal sistema di acquisizione, senza tenere conto del

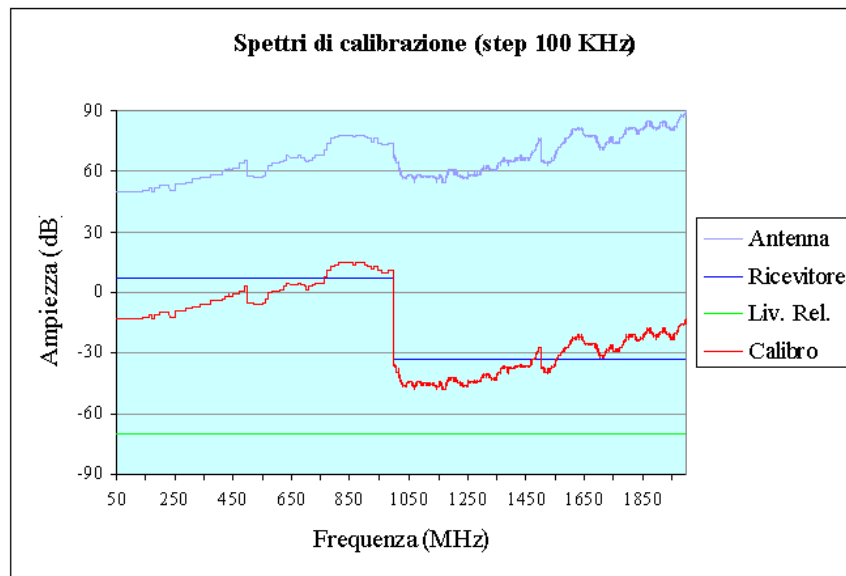


FIG 4

fatto che il ricevitore e l'antenna hanno un proprio guadagno intrinseco al variare della frequenza. Inoltre si ha a che fare con una perdita dovuta alla attenuazione dei cavi.

La curva di calibrazione rappresentata in figura, rappresenta la correzione che deve essere applicata agli spettri ottenuti nella banda 50-2000 MHz; essa è stata misurata con segnali di prova applicati direttamente sul cavo di antenna, e successivamente è stata aggiunta la risposta della antenna al variare della frequenza di lavoro. La curva è stata misurata con passi di 1 MHz, interpolando su uno step di 100 KHz, che è il valore dello step di scansione degli spettri normalmente acquisiti anche dalle altre stazioni radioastronomiche[8].

Una apposita finestra di dialogo viene aperta appena si selezionano le due sottovoci di menù; in ingresso occorre fornire il file dati che si vuole calibrare, il relativo file delle frequenze, il nome del file calibro e il nome del nuovo file dati su cui si depositano i dati calibrati.

Nel caso di osservazioni di tipo scansione in azimuth (radar) e nel tempo è possibile calibrare con una frequenza fissa, e tuttavia bisogna seguire le stesse procedure che si effettuano per i dati

vettoriali. Molto importante e' tenere in considerazione il file frequenze esatto, poichè da esso dipende l'esatto posizionamento della lettura del file calibro e quindi l'esattezza della operazione.

3.7 Il menù Test.

Permette di testare la funzionalità dei collegamenti e degli strumenti server controllati.

Tali funzionalità, in realtà sono sempre presenti ed attive nel programma, che quindi è in grado di rilevare e diagnosticare malfunzionamenti, cattivi collegamenti o qualsiasi problema di connessione possa succedere, in qualsiasi fase il sistema stia operando.

Ciò naturalmente permette di migliorare l'affidabilità del sistema, evitando anche la eventuale perdita di dati, poichè sono regolarmente registrati in memoria di massa a prescindere dal blocco di una o più periferiche.

4. Conclusioni

Il software MARFI permette la gestione dei programmi di acquisizione dati, controllo dei sistemi server, post-processing ed analisi dei dati RFI da monitorare alla stazione VLBI di Noto. Tramite questo strumento è possibile portare a termine una analisi completa e precisa dei livelli di segnale in banda 0- GHz, e soprattutto monitorare continuamente le emissioni che aggreiscono le bande radio astronomiche di interesse radioastronomico appartenenti a questa porzione dello spettro (P, UHF, L) al fine di identificarne la sorgente, la statistica e tutti i fenomeni che le caratterizzano, in modo tale da progettare ed implementare le più efficaci tecniche di mitigazione o soppressione , migliorando i livelli di ricezione e la qualità del segnale radioastronomico acquisito dal radiotelescopio di Noto.

Bibliografia

- [1] ICOM – **CI V Icom Communication Interface –V – Reference Manual-** Icom Inc. 3^a Ed.
- [2] ICOM -- **Communication Receiver IC- R9000** – Instruction Manual- Icom Inc.
- [3] ICOM -- **Communication Receiver IC- R10** – Instruction Manual- Icom Inc.
- [4] NI-DAQ – **User Manual for PC Compatibles** - National Instruments, May 1995 Edition
- [5] NI-DAQ – **Function Reference Manual for PC Compatibles** - National Instruments, May 1995 Edition
- [6] **YAESU MUSEN CO., LTD** -- G-2700SDX Instruction Manual, TOKIO, JAPAN
- [7] Roberto Cresta -**Elettronica Industriale**-- 2a Ed.,HOEPLI
- [8] workshop per AUX 2
 - [9] F. Schilliro', G. Tuccari, G. Nicotra, S. Buttaccio- **RFI Monitoring System at Noto VLBI Station-** RFI Mitigation Workshop, MPIFR, 28-30 Marzo 2001, BONN.
- [10] Bates-Tompkins- **Visual C++ 6** – Mc Graw Hill
- [11] Pappas-Murray- **Visual C++ 6-** Mc Graw Hill
- [12] A.J. Boonstra -- **Radio Frequency Interference Monitoring- Data Format Description (RMDF Format) Version 1.0**-- ASTRON, May 22,2000.
- [13] K. Gregory- **Programmare in Visual C++ 4.2** – Apogeo.