


Ricerca radioastronomica AAM

Riccardo Gatti 

Abstract

Con la presente nota proponiamo all'Associazione Astrofili Mantovani un progetto di ricerca finalizzato al consolidamento dell'attività scientifica e all'apertura verso nuove aree di indagine. In particolare, intendiamo porre l'attenzione sul progetto di radioastronomia open source *Whistle of Wind*. Proponiamo inoltre una serie di attività collaterali, necessarie e altrettanto rilevanti, al punto da considerarle imprescindibili per il successo del progetto stesso qualora non venissero realizzate con la stessa efficacia delle attività di ricerca. Tali attività riguardano la divulgazione e la diffusione dei risultati scientifici, nonché il coinvolgimento dell'associazione e di soggetti esterni, nell'ambito della citizen science.

1 Introduzione e obiettivi di ricerca

Whistle of Wind (WOW) è un progetto finalizzato alla realizzazione di una costellazione di radiotelescopi open source distribuiti. La prima antenna, attualmente in fase avanzata di costruzione a Monzambano, sarà dotata delle seguenti componenti:

- software di gestione remota completo
- sistema locale di acquisizione dati
- ricevitori (feed) con banda e polarizzazione selezionabili
- motorizzazione cloud ¹
- sistema di puntamento
- sistema di inseguimento
- connessione a Internet tramite rete in fibra ottica
- collegamento alla rete elettrica

¹Il sistema di controllo si basa sullo scambio dati che avviene tramite un controllore IoT controllabile in rete. Questo evita di doversi collegare a un computer remoto per comunicare con la montatura ma si affida ad un protocollo client-server basato su API. Questo implica che il software di controllo, ora disponibile per Windows e Linux, potrà divenire un'applicazione per Android o iOS o un sistema di controllo autonomo rispetto a programmate/prenotate routine di osservazione.

Vista la vastità del progetto e la sua unicità sia sul piano scientifico che sociale, si propone all'Associazione di collaborare attivamente, secondo le modalità descritte di seguito. Si segnala, inoltre, che altre strutture scientifiche di cui abbiamo conoscenza ² hanno ottenuto risultati pubblicabili e applicabili già nelle fasi preliminari, grazie alla complessità delle sfide tecnico-scientifiche affrontate ³.

1. Installazione
2. Collaudo
3. Prima luce
4. Osservazioni celesti single-dish single-band
5. Osservazioni celesti single-dish multi-band
6. Monitoraggio eventi atmosferici
7. Monitoraggio inquinamento elettromagnetico
8. Osservazioni single-dish multi-band (transiti e inseguimenti)
9. Scansione del cielo
10. Installazione, collaudo e prima luce seconda antenna*
11. Setup interferometro locale*
12. Osservazioni interferometriche locali*

2 Dettaglio attività

L'antenna si trova in Strada Sale 8, 46040 Monzambano, Mantova (45°23'01"N 10°40'06"E) e, successivamente alla sua installazione, è necessario collaudarla come qualsiasi altro strumento da laboratorio. Quindi si propone il seguente programma operativo, articolato in fasi progressive. Ogni fase comprende specifiche attività tecniche e osservative, finalizzate a garantire l'affidabilità strumentale e la raccolta di dati scientificamente validi.

2.1 Installazione

1. Predisposizione e verifica della base d'appoggio
2. Assemblaggio della struttura portante e montaggio dell'antenna
3. Collegamenti elettrici, dati e di rete
4. Configurazione preliminare dei sistemi di controllo e acquisizione

²Si veda, in particolare, il progetto di ricerca AMI (Arcminute Microkelvin Imager) del Mullard Radio Astronomy Observatory dell'Università di Cambridge.

³Le attività contrassegnate con (*) richiedono un livello avanzato di coordinamento tecnico e possono essere avviate in parallelo con le osservazioni single-dish più mature.

2.2 Collaudo

1. Verifica funzionale del sistema di puntamento (test su sorgenti terrestri)
2. Test di acquisizione dati su segnali artificiali noti (generatori di segnale)
3. Controllo di latenza e integrità dei dati trasmessi via rete
4. Calibrazione iniziale degli strumenti di misura
5. Convalida del sistema di puntamento. Il software invia alla montatura le coordinate verso cui orientarsi; tale orientamento deve essere verificato sia otticamente (tramite il confronto con un telescopio), sia via radio (ricevendo il previsto aumento di segnale in corrispondenza del punto osservato)
6. Convalida del sistema di acquisizione. L'antenna è dotata di un sistema di feed che ricevono il segnale e lo processano mediante analizzatori di spettro secondo le istruzioni dell'operatore. Questo sistema necessita di una calibrazione basata su sorgenti note, che emettono segnali di riferimento. Il segnale ricevuto dovrà essere confrontato con quello atteso per verificare l'affidabilità del sistema ed eventualmente correggere eventuali debolezze nei vari passaggi: ricezione, trasporto, acquisizione, elaborazione e conversione del segnale

2.3 Prima luce

1. Osservazione e registrazione di radiosorgenti intense (Sole, Cassiopeia A, Sagittarius A*)
2. Analisi della curva di risposta e confronto con dati teorici
3. Eventuale taratura fine dei sistemi di acquisizione e puntamento
4. Effettuare acquisizioni che rispettino i criteri di scientificità, in conformità con la letteratura esistente. Radiosorgenti intense come il Sole, Sagittarius A* e Cassiopeia A sono i candidati ideali. Per ridurre l'intensità del segnale e confrontare la sensibilità teorica con quella effettiva dello strumento ⁴.

2.4 Osservazioni celesti single-dish single-band

1. Pianificazione osservativa su singola banda (es. L-band, S-band)
2. Rilevamento di radiosorgenti puntiformi e estese
3. Analisi delle variazioni di intensità e profilo di spettro

⁴Per le osservazioni da effettuarsi, vedi il catalogo VIZIER J/AJ/77/405/table2.

2.5 Osservazioni celesti single-dish multi-band

1. Sessioni su sorgenti selezionate con cambio banda controllato
2. Comparazione dei profili spettrali multi-frequenza
3. Mappatura preliminare della risposta di sistema alle diverse frequenze

2.6 Monitoraggio eventi atmosferici

1. Osservazioni continue o programmate di eventi meteorologici (temporali, fronti freddi)
2. Analisi delle variazioni del rumore di fondo e distorsioni atmosferiche sui segnali

2.7 Monitoraggio inquinamento elettromagnetico

1. Mappatura delle interferenze a diverse ore del giorno e in differenti bande
2. Identificazione delle principali fonti di inquinamento EM locale
3. Sviluppo di strategie di mitigazione (filtri, finestre osservative)

2.8 Osservazioni single-dish multi-band (transiti e inseguimenti)

1. Inseguimento continuo di radiosorgenti in transito (es. galassie attive, pulsar luminose)
2. Registrazione di curve di luce a diverse frequenze
3. Studio delle variazioni di segnale durante il moto apparente

2.9 Scansione del cielo

1. Definizione di griglie di puntamento per survey parziali o totali del cielo
2. Implementazione di protocolli di scansione automatica
3. Costruzione di mappe di intensità radio

2.10 Attività di ricerca a medio-lungo periodo

Riportiamo, per completezza alcune attività a medio-lungo periodo da svolgersi all'entrata in attività di almeno una seconda antenna.

1. Installazione, collaudo e prima luce seconda antenna
 - (a) Replicazione del processo di installazione della prima antenna

- (b) Verifica di coerenza e sincronizzazione dei sistemi di acquisizione
 - (c) Prima luce in configurazione singola e in tandem
2. Setup interferometro locale
- (a) Collegamento e sincronizzazione delle due antenne
 - (b) Taratura dei delay line e controllo delle fasi di segnale
 - (c) Test su sorgenti di calibrazione (segnali artificiali e radiosorgenti note)
3. Osservazioni interferometriche locali
- (a) Sessioni interferometriche su radiosorgenti brillanti
 - (b) Produzione delle prime frange di interferenza
 - (c) Calibrazione e stima preliminare della risoluzione spaziale ottenibile