

# INTERNAL REPORT

## Archiviazione e accesso ai dati osservativi di SRT

Andrea Saba, Alessio Trois, Antonietta Fara,  
Carlo Migoni, Andrea Melis, Raimondo Concu

Report N. 66  
released: 10/04/2017

Revisore: Sergio Poppi

The logo for the Osservatorio Astronomico di Cagliari (OAC) consists of the letters 'OAC' in a bold, blue, sans-serif font.

Osservatorio  
Astronomico  
di Cagliari



## Sommario

Sommario .....	3
Introduzione .....	4
1. Architettura del sistema di backup.....	5
Caratteristiche dei due server .....	6
Il server storage-200.....	7
Il server srtmain.....	7
2. Script di backup dei dati .....	7
3. Lo script di inserimento nel DB delle informazioni dei dati osservativi .....	8
4. Il sito web di navigazione dei dati.....	9
L'accesso .....	9
L'accesso anonimo.....	10
Il filtro di ricerca .....	10
L'oggetto django_tables2 .....	11
La politica di download dei dati.....	12
5. Conclusioni e sviluppi futuri.....	12
6. Riferimenti.....	12

## Introduzione

Il Sardinia Radio Telescope, come altri radio telescopi, salva i suoi dati osservativi in formato digitale. Questi dati sono il risultato dell'elaborazione da parte dei backend disponibili ai quale arriva il segnale IF dai ricevitori.

I backend che sono in uso a SRT sono:

- Total Power [TP]: riceve 14 segnali forniti da 14 catene ciascuna costituita da uno square-law-detector e un convertitore tensione-frequenza; tale catena genera un numero di impulsi proporzionale all'ampiezza fornita dal rivelatore. Il backend è integrato nella stessa piattaforma che funge sia da focus selector che da signal conditioning per tutti i backend, consentendo quindi sia di selezionare il ricevitore in uso che il filtro analogico e il livello di attenuazione richiesti dall'utente.
- Pulsar Digital Filter Bank (PDFB) [PDFB]: riceve in ingresso fino a 4 segnali a frequenza intermedia, con una banda istantanea fino ad 1 GHz ciascuno; queste caratteristiche rendono il PDFB la macchina ideale per lavorare con il ricevitore dual-frequency in banda L-P[LP]. Il sistema è usato principalmente per scienza riguardante le pulsar, e può operare sia in modalità timing che in modalità search.
- XARCOS [XA]: è uno spettropolarimetro multi-canale in grado di processare fino a 16 segnali a frequenza intermedia, e questo lo rende ideale per le osservazioni multi-feed in banda K. Il sistema lavora nella banda 125-250 MHz con un numero di canali di 2048x4; è possibile operare in modalità zoom riducendo la banda (di potenze di 2) fino a circa 0.5 MHz, con una risoluzione spettrale di circa 240 Hz, ideale per emissioni in righe strette. Se si opera solo con un feed (banda C o feed centrale del banda K) si possono selezionare fino a 4 sottobande contemporanee (anche con bande diverse) all'interno della banda di 125 MHz, mentre se si lavora in nodding mode (feed centrale e uno dei due laterali in banda K) si possono selezionare fino a 2 sottobande contemporanee. Il dump time minimo è di 10 secondi; valori diversi devono essere impostati come multipli di esso.
- Digital Base Band Converter (DBBC) [DBBC]: è una piattaforma digitale in grado di processare fino a 4 segnali a frequenza intermedia con banda di 512 MHz ciascuno. Il backend è usato per le osservazioni VLBI [VLBI] e come RFI monitoring fuori da queste ultime.
- Reconfigurable Open Architecture and Computing Hardware (ROACH) [RH]: è una board general purpose che ad SRT è usata per il progetto LEAP [LEAP]. La banda di ingresso massima è di 512 MHz, che vengono spaccettati digitalmente in 32 sottobande da 16 MHz ciascuna, 8 delle quali (quelle che interessano il progetto LEAP) vengono inviate ad altrettanti nodi di calcolo per il loro storage o folding online.
- Sardinia Roach2-based Digital Architecture for Radio Astronomy (SARDARA) [SAR]: è una piattaforma general purpose composta da 8 schede ROACH2, un cluster di GPU, uno switch e un data storage ad alta velocità. Il sistema è in grado di processare la massima banda di 2.1 GHz fornita ad SRT, e può soddisfare la quasi totalità delle richieste di tipo scientifico.

I dati acquisiti dai vari backend presenti al sito sono salvati nel formato più utilizzato in campo astronomico: il Flexible Image Transport System (FITS).

Il FITS è un open standard che viene utilizzato per archiviare i dati astronomici acquisiti sotto forma di tabelle ASCII, tabelle binarie, immagini, etc etc.

È molto portatile in quanto i dati possono essere scritti in diversi modi ed inoltre, intorno ad esso, sono state sviluppate delle librerie scritte in diversi linguaggi di programmazione che ne permettono una profonda e completa gestione sia in fase di lettura che scrittura. All'interno della comunità scientifica astronomica si sono affermati dei formati/strutture standard come input per alcuni tool astronomici molto popolari. È il caso del formato CLASS, PSRFITS, SDFITS, etc. etc. Ogni file FITS ha una struttura composta da header (file ASCII in cui sono elencati dei parametri generali relativi ai dati acquisiti), tabelle o immagini con i dati.

Nell'ambito delle osservazioni con il Sardinia Radio Telescope vengono generati i seguenti formati di file FITS:

- FITS DISCOS [FTSDSC]
- FITS DFB [FTSDFB]
- CFITS [CFITS]
- FITS LEAP [FTSLEAP]

Tutti i file FITS presentano uno o più header nel quale sono salvate le informazioni nella forma chiave/valore con set di caratteri ASCII.

Per uniformità di gestione alcune di queste informazioni devono essere presenti obbligatoriamente come per esempio il nome del radiotelescopio, il nome del progetto, la sorgente osservata, il tempo di inizio e di fine dell'osservazione, il ricevitore utilizzato etc.

Di seguito verrà illustrato il sistema di archiviazione e di accesso ai dati osservativi del Sardinia Radio Telescope per i dati di breve-medio termine.

## **1. Architettura del sistema di backup**

L'architettura del sistema di archiviazione e fruizione dei dati è basato sostanzialmente sulla ridondanza geografica di due server nel quale sono archiviati i dati e sono installati i servizi di database e di server web. I due server, a regime, dovranno essere collegati tramite una rete ad alte prestazioni. Sui due server sono installati gli stessi servizi e gli stessi script, ma solo alcuni di questi vengono abilitati in base alla loro posizione.

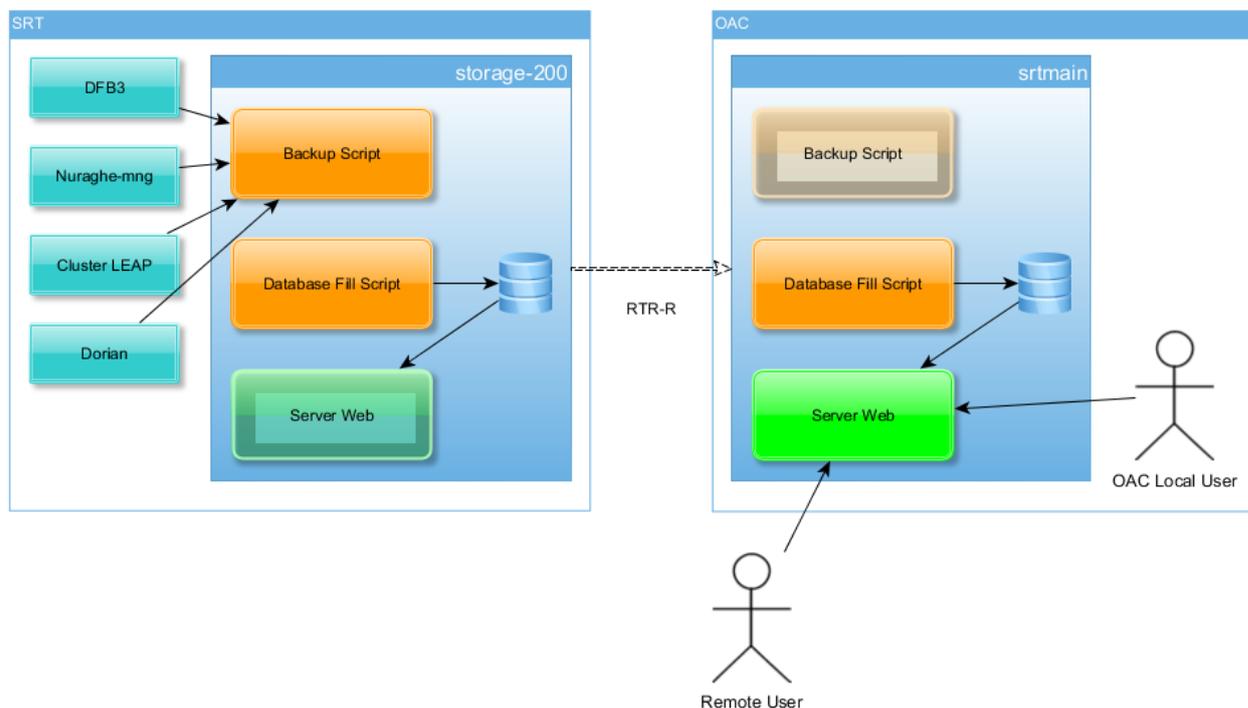


Figura 1: Architettura del sistema di archiviazione

Come si può vedere in Figura 1 nel sito di SRT il server storage-200 esegue lo script di backup che trasferisce i dati dai computer che ospitano i dati dei backend ed esegue il programma di inserimento dei dati nel database locale. Il trasferimento tra il sito di SRT e quello dell'OAC non è al momento utilizzato perché le prestazioni della rete non sono sufficiente. È in programma l'attivazione della connessione alla Rete Regionale della Ricerca (RTR-R), allo stato attuale il trasferimento dei dati viene effettuato fisicamente in maniera regolare. L'accesso degli utenti può essere fatto dalla rete locale dell'Osservatorio o via Internet.

### Caratteristiche dei due server

I due server temporanei, identici per hardware, sono stati riconvertiti ad uso storage con le sole finalità di realizzare un prototipo funzionante e offrire spazio disco sufficiente alla copia dei dati della prima Call del SRT (Early Science Projects). Pertanto il solo requisito stringente è stato la disponibilità di spazio disco, pari a 17 TB netti, ottenuto con 4 dischi SATA2 6TB, configurati in raid5. Le attuali risorse hardware a disposizione sono assolutamente insufficienti a gestire le future esigenze di storage di stazione, anche temporanee, e ammontano a

- 4GB RAM
- 4 core AMD Phenom II X4 965 Processor
- 3 NIC 1 GbE

A questo vanno sommate le limitazioni di spazio nel data center (BOX-AP) e di connettività wan in sito, elemento che non hanno consentito l'implementazione di sistemi avanzati di ridondanza e protezione dei dati: repliche automatiche, configurazioni high-availability, proxy + redirection del portale di accesso web su più dischi storage, né su scala locale per mancanza di spazi, né su scala geografica per mancanza di connettività.

## Il server storage-200

Il server storage-200 si trova al Sardinia Radio Telescope ed è dedicato all'archiviazione dei dati osservativi che vengono copiati dai computer che li archiviano. Esegue lo script di trasferimento dei dati tramite un cronjob che viene eseguito una volta al giorno. Non è abilitato il portale di navigazione dei dati osservativi.

## Il server srtmain

Il server srtmain si trova all'Osservatorio Astronomico di Cagliari. Su questo server è presente una copia di tutti i dati presenti su storage-200. Viste le limitazioni attuali della connettività esterna di SRT la copia dei dati è fatta trasportando i dati tramite un unità di archiviazione esterna e utilizzando il comando rsync. In futuro è previsto che la copia dei dati sia effettuata tramite rete sempre con un comando rsync.

Sul server è installato MySQL server 5.1.73 e il database srt\_storage\_dev in cui è presente la tabella con le informazioni dei dati osservativi e tutte le tabelle necessarie al funzionamento di Django [DJG]. Sul server viene eseguito lo script di popolamento dei dati del database. Poiché la sincronizzazione dei dati con storage-200 viene fatta in maniera non regolare, questo script viene attualmente eseguito da un operatore, ma è previsto che venga gestito, a regime, come cronjob.

Sul server è ospitato il portale di navigazione dei dati osservativi.

## **2. Script di backup dei dati**

Lo script di backup dei dati esegue sostanzialmente due operazioni:

1. Il trasferimento dei dati osservativi dai computer in cui sono archiviati i dati salvati dai diversi backend
2. L'inserimento in un database relazionale delle informazioni presenti nell'header dei file fits osservativi

Sulla stima dati prodotti durante le osservazioni, questo script deve essere eseguito regolarmente almeno con cadenza giornaliera e consente di avere i dati di backup delle osservazioni aggiornati. Per evitare un impatto negativo sulle prestazioni dei computer nei quali sono presenti i dati dei backend, in questa prima fase, la schedula dell'esecuzione dello script è stata impostata nel crontab, quando possibile, nei momenti della giornata in cui non erano previste attività osservative.

Lo script, per poter funzionare in maniera automatica, prevede l'accesso da parte del server di backup ai path in cui sono presenti i file da copiare dai computer in cui sono presenti i dati dei backend. Per poterlo fare senza la necessità di inserire le credenziali di accesso è stato scelto il protocollo crittografico di rete Secure Shell (SSH) che è basato sullo scambio di chiave pubblica e privata tra il client e il server per instaurare una comunicazione protetta. Fornendo al computer client, con il quale deve essere stabilita una connessione, la chiave pubblica del computer server, quest'ultimo può avere accesso al computer client senza l'inserimento di password. La chiave pubblica e quella privata sono state generate senza passphrase e salvate su dei files.

Il trasferimento avviene con un comando rsync con i seguenti parametri:

- `--archive --no-o --no-g` : modalità ricorsiva, copia i link simbolici come link simbolici, mantiene file di device e speciali, mantiene le proprietà del tempo dei file originali, non mantiene i permessi di accesso dei file originali.
- `-vv` : forza l'output del comando verbose dettagliato
- `-K` : segue i link simbolici
- `-e \"/usr/bin/ssh -i {ssh_key_file}\"` : specifica l'utilizzo della chiave pubblica per la connessione via ssh
- `{user}@{servername}:{remotepath} {localpath}` : imposta l'utente {user} che si deve connettere con il server {servername}, la cartella da copiare dal server remoto {remotepath} e la cartella locale in cui salvare i dati sincronizzati {localpath}.

Con il redirect dell'output su un file di log:

```
{log_file_path}logs/log_file_verbose_{servername}_{remotepathclean}_{now}.txt
```

Il codice dello script è reperibile all'indirizzo [https://github.com/asaba/storage\\_transfer](https://github.com/asaba/storage_transfer)

### 3. Lo script di inserimento nel DB delle informazioni dei dati osservativi

Lo script utilizza lo stesso file di configurazione per il trasferimento dei dati. Estrae da questo file i path del server di storage in cui sono stati trasferiti i dati dallo script visto in precedenza. Lo script analizza l'albero delle directory per ricercare i file che hanno un'estensione tra quelle accettate dal software di analisi dei file fits.

Per ogni file trovato nelle directory viene verificato se questo è già presente nel database e nel caso in cui non lo sia viene richiamata la libreria che si occupa dell'estrazione dei parametri dal file fits e dell'inserimento degli stessi nel DB.

Le librerie ricevono in input file da diversi backend presenti al Sardinia Radio Telescope. Ogni backend archivia i dati in uno dei formati standard di input ai più popolari SW di analisi oppure in strutture codificate specificatamente per SRT.

Le librerie estraggono i dati dai fits prelevandoli dagli header o dalle tabelle/immagini e li salvano sul DB.

Le informazioni che vengono estratte sono le seguenti:

- Nome del File con il suo percorso assoluto
- Data Acquisizione
- Nome Sorgente
- Nome Progetto
- Telescopio
- Modified Julian Date di partenza dell'osservazione
- Modified Julian Date di stop dell'osservazione
- Modified Julian Date di stop dell'osservazione
- Frequenza di inizio Banda
- Banda
- Frequenza Oscillatore Locale
- Sample Rate

- Ricevitore Utilizzato per l'acquisizione
- Backend Utilizzato per l'acquisizione
- Nome Cartella Progetto
- Nome Scheda
- RA Ascensione Retta (J2000) della sorgente osservata
- DEC Declinazione (J2000) della sorgente osservata
- Dimensione del File

Tutte le librerie sono state sviluppate in ANSI C/C++.

## 4. Il sito web di navigazione dei dati

Il portale di accesso ai dati è stato scritto in Python 2.6 ed è basato sul framework Django 1.4.2 e sul server web Apache 2.2.15.

L'indirizzo attuale del portale è <http://strmain.oa-cagliari.inaf.it/> ed è accessibile dalla rete pubblica.

Utilizza le librerie:

- django-tables2 (versione 0.11.0)
- django-dajaxice (versione 0.7)
- django-recaptcha (versione 1.0.5)

Il pacchetto `django_tables2` viene utilizzato per visualizzare la lista delle osservazioni.

Il pacchetto `django-recaptcha` è utilizzato per il sistema di autenticazione nel caso di accesso pubblico.

Il portale permette: l'accesso con autenticazione, il filtro dei dati osservati associati all'utente che ha effettuato l'accesso, la possibilità di scaricare uno o più file osservativi.

Il lato amministrativo del sito è utilizzato esclusivamente per la creazione degli utenti e per l'associazione con i progetti ai quali l'utente è autorizzato ad avere accesso.

### L'accesso

La modalità di accesso per progetto è stata pensata nell'ottica che solo il responsabile del progetto abbia le credenziali di accesso. Il nome degli utenti è quindi lo stesso del nome progetto. Per gestire l'associazione delle proprietà di accesso degli utenti il framework Django prevede la creazione di gruppi di utenti. Assegnando un particolare permesso ad un gruppo questo viene associato anche a tutti gli utenti che fanno parte del gruppo. Sono stati quindi definiti dei gruppi, uno per ogni progetto, con la possibilità di associare più gruppi a uno stesso responsabile di progetto. I gruppi hanno lo stesso nome dei progetti e il nome del gruppo viene utilizzato come filtro (case-insensitive) per la ricerca dei dati osservativi del progetto.

Sono stati inoltre inseriti degli utenti speciali che sono:

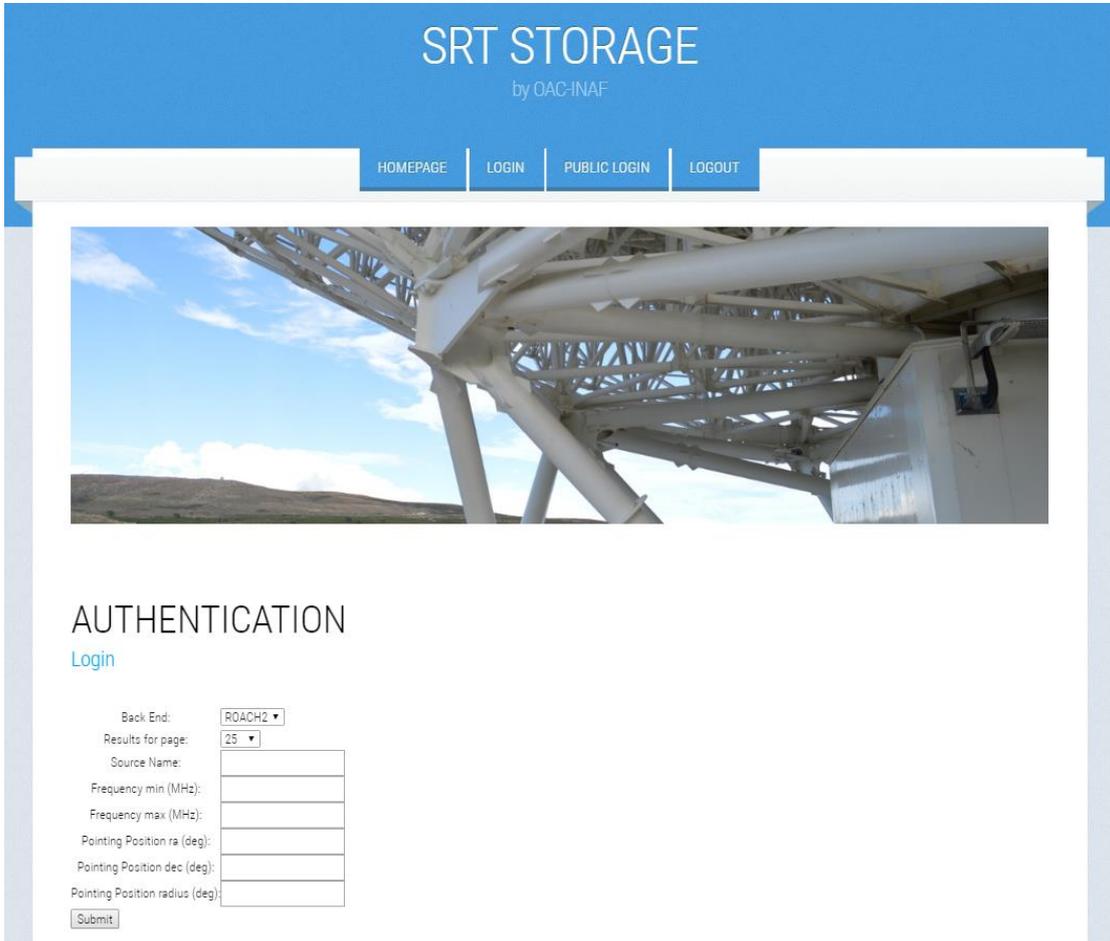
- l'utente per i dati della validazione scientifica: *scicom*
- l'utente per i test di acquisizione e funzionamento: *S0000*
- l'utente per l'accesso ai dati dei progetti che sono diventati pubblici: *public*

## L'accesso anonimo

La politica di accesso ai dati osservativi sarà definita dalla governance di INAF e nel caso cui vengano mantenuti nell'archivio anche dati di dominio pubblico è stato predisposto un accesso specifico per l'utente *public* che può ricercare e scaricare i dati come un responsabile di progetto.

Poiché questo accesso può potenzialmente essere soggetto ad attacchi automatici al portale sovraccaricando il sistema in caso di richiesta di download multipli, al suo accesso l'utente *public* deve effettuare una passaggio aggiuntivo che è quello del test CAPTCHA (completely automated public Turing test to tell computers and humans apart). Questo tipo di test server per verificare che chi sta inserendo le credenziali di accesso sia un essere umano e non un bot (un programma informatico).

## Il filtro di ricerca



The screenshot shows the 'SRT STORAGE' website interface. At the top, there is a blue header with the text 'SRT STORAGE by OAC-INAf'. Below the header is a navigation bar with four buttons: 'HOMEPAGE', 'LOGIN', 'PUBLIC LOGIN', and 'LOGOUT'. The main content area features a large photograph of a radio telescope's white structural framework against a blue sky with clouds. Below the photo, the heading 'AUTHENTICATION' is displayed, followed by a 'Login' link. The search filter section includes several input fields: 'Back End:' with a dropdown menu showing 'ROACH2', 'Results for page:' with a dropdown menu showing '25', 'Source Name:', 'Frequency min (MHz):', 'Frequency max (MHz):', 'Pointing Position ra (deg):', 'Pointing Position dec (deg):', and 'Pointing Position radius (deg):'. A 'Submit' button is located at the bottom of the filter section.

Figura 2: Pagina web per il filtro di ricerca dei dati

Al termine della procedura di autenticazione viene presentata all'utente la pagina per l'inserimento dei parametri del filtro di ricerca che sono, come si può vedere in Figura 2:

- backend
- numero di risultati per pagina
- nome della sorgente
- Frequenza osservativa minima e massima
- Centro di puntamento in ra e dec e angolo di tolleranza

Nella lista dei backend selezionabili vengono visualizzati i soli backend che sono stati utilizzati nelle osservazioni del progetto. Per costruire questa lista è stata creata direttamente nel database una VIEW che permette una interrogazione più veloce rispetto a quella che è possibile creare tramite i models di Django.

Il nome della sorgente è un'espressione regolare e permette quindi di utilizzare l'operatore REGEXP di MySQL. Questo segue le regole di seguito elencate:

^	Inizio della stringa
\$	Fine della stringa
.	Un qualsiasi carattere
[...]	Uno qualsiasi dei caratteri presenti tra le parentesi quadre
[^...]	Un qualsiasi carattere tranne quelli presenti tra le parentesi quadre
	Separa caratteri o stringhe tra loro alternative
*	Zero o più ripetizioni del carattere o della stringa precedente
+	Una o più ripetizioni del carattere o della stringa precedente
{n}	"n" ripetizioni del carattere o della stringa precedente
{min,max}	Ripete il carattere o la stringa precedente per un numero di volte comprese tra un minimo ed un massimo

I range di frequenza sono espressi in MHz e devono essere tutti e due inseriti e maggiori di zero per poter essere applicati.

Il centro di puntamento prevede l'inserimento dei valori di ascensione retta (ra)  $\alpha$  e declinazione (dec)  $\delta$  del punto del cielo osservato e il raggio di puntamento  $r$ .  $\alpha$ ,  $\delta$ , e  $r$  sono espressi in gradi in formato decimale (ex. 202.784583).

Tramite questo filtro verranno selezionate tutte le osservazioni per le quali il centro di puntamento  $\alpha'$  e  $\delta'$  rispettano le seguenti disequazioni:

$$\alpha - r \leq \alpha' \leq \alpha + r$$

$$\delta - r \leq \delta' \leq \delta + r$$

## L'oggetto django tables2

I risultati del filtro di ricerca vengono presentati all'utente sotto forma di tabella, come si può vedere in Figura 3. Questo oggetto permette di ordinare velocemente i risultati utilizzando l'icona presente nelle voci dell'header della tabella.

Il segno di spunta all'inizio di ogni riga permette la selezione le osservazioni che si vogliono scaricare.

Nella tabella è presente una riga per ogni osservazione. Nel caso in cui il file presente nel database abbia estensione fits viene considerata come osservazione tutto il contenuto della cartella in cui si trova il file. Nel caso in cui il file abbia estensione diversa viene considerata come osservazione il singolo file.

# OBSERVATION DATA

andrea

<input type="checkbox"/>	Date (UTC) ▲	Source ▲	Project Name ▲	Freq (MHz) ▲	Bandwidth (MHz) ▲	Local Oscillator (MHz) ▲	Samplerate (Hz) ▲	Receiver ▲	Backend ▲	Source Ra (Deg) ▲	Source Dec (Deg) ▲
<input type="checkbox"/>	2015-12-29T07:45:34	3C286_AZ	TENDER	305.0	105.0	0.0	20.082642	PLP	ROACH2	202.784583	30.509167
<input type="checkbox"/>	2015-12-29T08:13:49	3C286_EL	TENDER	305.0	105.0	0.0	20.081606	PLP	ROACH2	202.784583	30.509167
<input type="checkbox"/>	2015-12-29T09:00:08	3C286_EL	TENDER	305.0	105.0	0.0	20.083129	PLP	ROACH2	202.784583	30.509167
<input type="checkbox"/>	2015-12-29T09:20:59	3C286_AZ	TENDER	305.0	105.0	0.0	20.082523	PLP	ROACH2	202.784583	30.509167
<input type="checkbox"/>	2015-12-	3C286_AZ	TENDER	305.0	105.0	0.0	20.083743	PLP	ROACH2	202.784583	30.509167

Figura 3: Tabella con i risultati di ricerca

## La politica di download dei dati

Premesso quanto accennato in precedenza su come vengono presentate all'utente le osservazioni, è stato posto un limite alle dimensioni dei file da scaricare. Nel caso in cui si selezionino una sola osservazione il limite sulle dimensioni del file da scaricare non viene applicato per permettere sempre all'utente di scaricare la singola osservazione. Nel caso in cui vengano selezionate più osservazioni/righe viene verificata la dimensione totale dei file corrispondenti e nel caso in cui questa sia superiore a 12GB questa non sarà consentita. Il file da scaricare sarà in formato tar e sarà organizzato al suo interno con la stessa struttura ad albero presente nel file system del server di storage. Il file in formato tar non è compresso per evitare eccessivo carico computazionale al server di storage.

## 5. Conclusioni e sviluppi futuri

Lo script di backup dei dati è stato testato con i dati osservativi dell'Early Science del Sardinia Radio Telescope iniziato a febbraio 2016 e terminato ad agosto 2016 al quale hanno partecipato i progetti elencati nella pagina <http://www.srt.inaf.it/astronomers/early-science-program-FEB-2016/>. I dati prodotti sono stati circa 8TB.

Il portale per la navigazione dei dati è disponibile dall'inizio del mese di dicembre 2016.

Come sviluppi futuri è previsto l'inserimento nel database delle dimensioni dei file archiviati per informare l'utente prima del download.

Per quanto riguarda l'archiviazione delle informazioni a lungo termine si sta valutando l'utilizzo del sistema IA2 [IA2] sviluppato dall'Osservatorio Astronomico di Trieste.

## 6. Riferimenti

[TP] - Scalambra, A. et al. [2013] PCB FS-TP Focus Selector e Total Power back-end. Rapporto Interno IRA n.473/13

[LP] - G. Valente; T. Pisanu; P. Bolli; S. Mariotti; P. Marongiu; A. Navarrini; R. Nesti; A. Orfei; J. Roda; The dual-band LP feed system for the Sardinia Radio Telescope prime focus. Proc.

SPIE 7741, Millimeter, Submillimeter, and Far-Infrared Detectors and Instrumentation for Astronomy V, 774126 (July 15, 2010); doi:10.1117/12.857306.

[VLBI] - <http://www.evlbi.org/>

[LEAP] - <http://www.epta.eu.org/leap.html>

[PDFB] - Hampson, G. et al. [2008] A 1 GHz Pulsar Digital Filter Bank and RFI Mitigation System. Australia Telescope National Facility

[XA] - Comoretto, G. et al. [2006] A modular multichannel spectrometer - design study. Arcetri Technical Report 4/2006

[DBBC] - G. Tuccari, G. Comoretto, A. Melis, S. Buttaccio “The DBBC environment for millimeter radioastronomy”, Proc. SPIE 8452, Millimeter, Submillimeter, and Far-Infrared Detectors and Instrumentation for Astronomy VI, 84522W (24 September 2012); doi: 10.1117/12.926166

[RH] - D. Perrodin, R. Concu, A. Melis, C. Bassa, R. Karuppusamy et al. “LEAP project at SRT: hardware and software implementation”, OAC Internal Report n. 34, 2014

[SAR] - [http://veprints.unica.it/1412/1/PhD\\_Thesis\\_Andrea\\_Melis.pdf](http://veprints.unica.it/1412/1/PhD_Thesis_Andrea_Melis.pdf)

[FTS] - <http://fits.gsfc.nasa.gov/>

[FTSDISC] - Simona Righini, Marco Bartolini, Andrea Orlati, Marco Buttu, Carlo Migoni, Sergio Poppi, and Antonietta Fara, 2015, doi:<https://doi.org/10.5281/zenodo.33333>

[CFITS] - <https://www.parkes.atnf.csiro.au/observing/documentation/software/CORREL/correl.html>

[FTSDFB] – <http://www.jb.man.ac.uk/~pulsar/observing/DFB.pdf>

[PYT] - G. van Rossum, Python tutorial, Technical Report CS-R9526, Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI), Amsterdam, May 1995.

[FTSLEAP] - <https://arxiv.org/abs/astro-ph/0404549>

[DJG] - Django (Version 1.4.2) [Computer Software]. (2012). Retrieved from <https://djangoproject.com>.

[NPY] Stéfan van der Walt, S. Chris Colbert and Gaël Varoquaux. The NumPy Array: A Structure for Efficient Numerical Computation, Computing in Science & Engineering, 13, 22-30 (2011), DOI:10.1109/MCSE.2011.37

[IA2] - <http://ia2.oats.inaf.it/ia2-services>