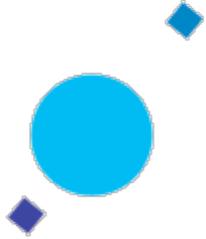


INAF



ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA
NATIONAL INSTITUTE FOR ASTROPHYSICS

INAF



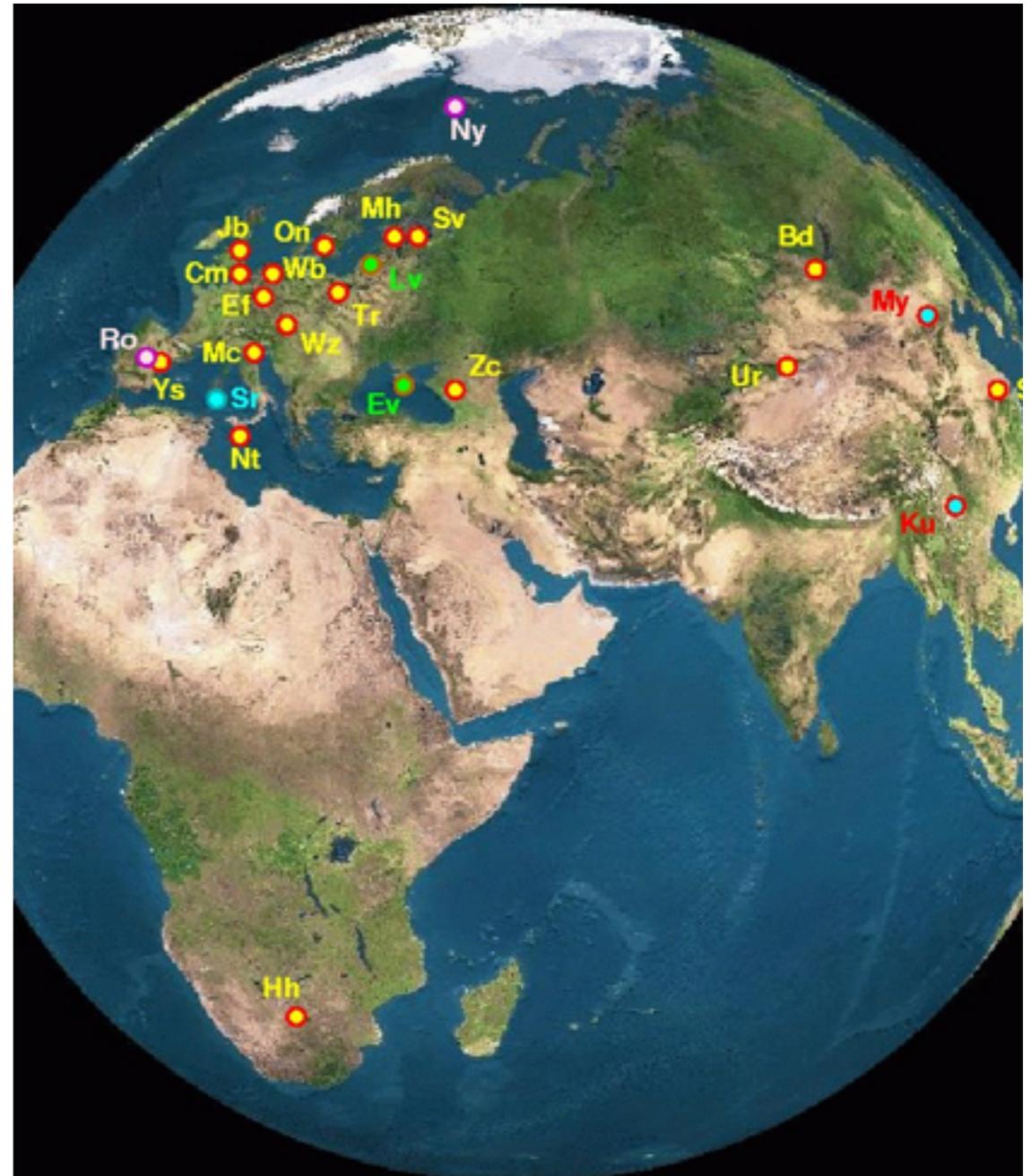
ISTITUTO DI RADIOASTRONOMIA

Correlazione VLBI con software DiFX

Matteo Stagni - Workshop ICT INAF - Pula (CA) 19/09/2014

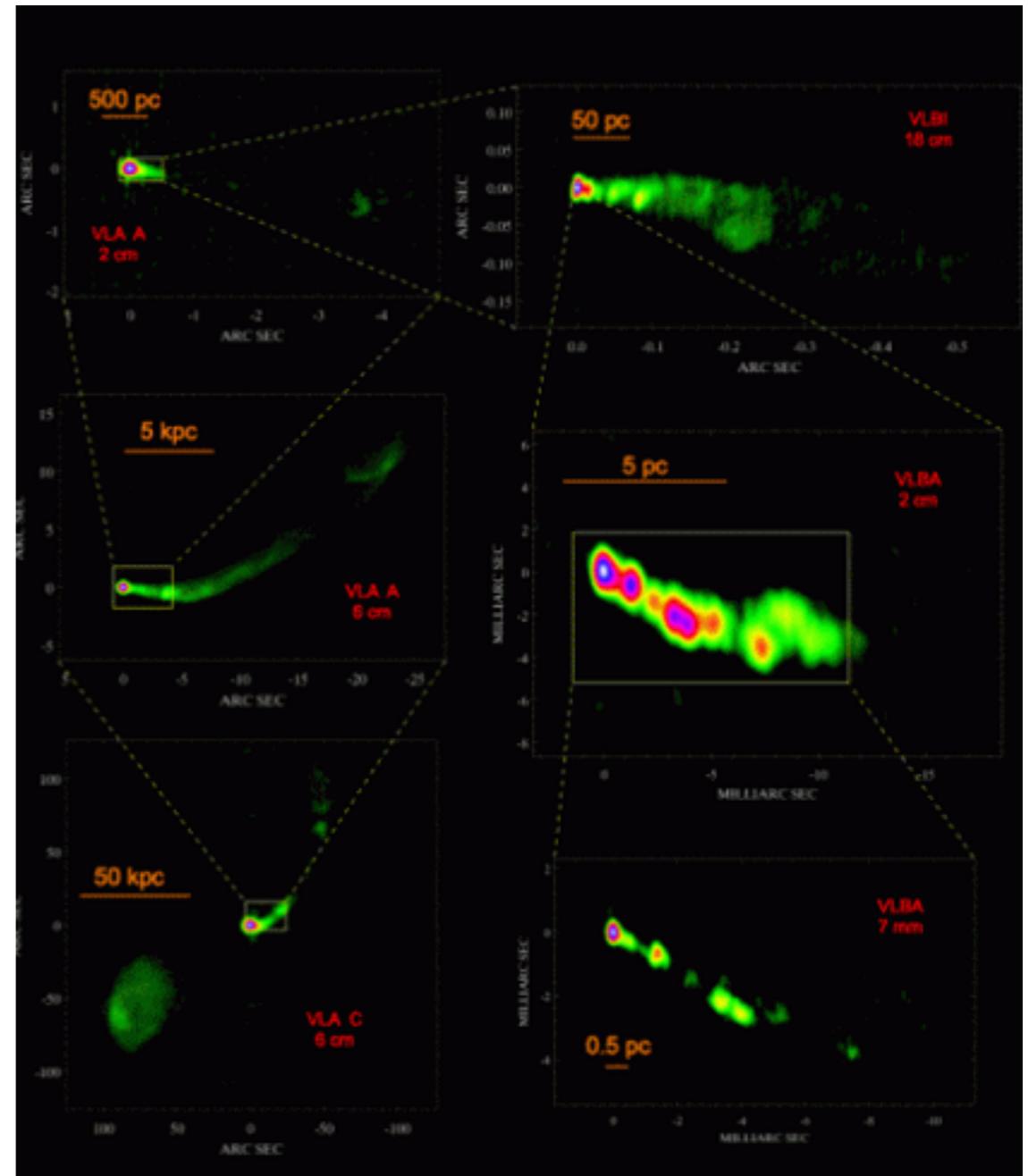
Che cosa è il VLBI

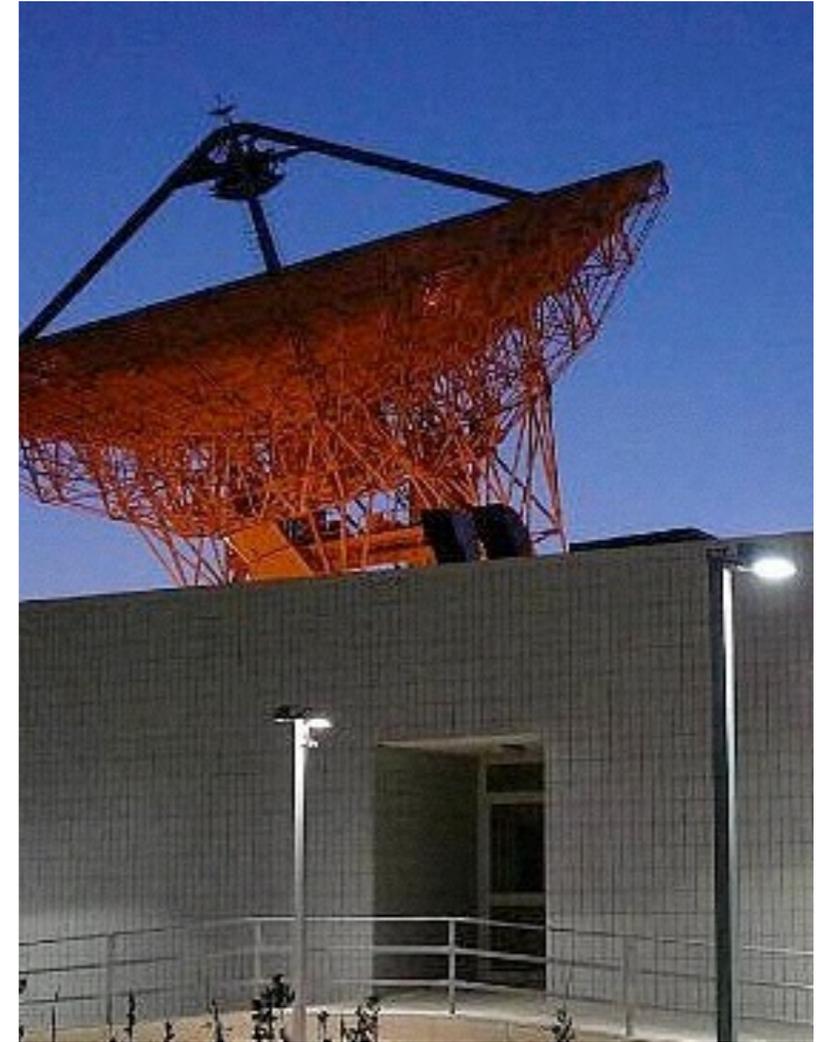
Il VLBI (Very Long Baseline Interferometry) è una tecnica di interferometria che permette la combinazione dei segnali da vari radiotelescopi per ottenere una maggiore definizione dell'oggetto osservato emulando un singolo radiotelescopio della dimensione della maggiore distanza tra di essi.



Che cosa è il VLBI

La risoluzione del VLBI è nettamente superiore a quella di un singolo radiotelescopio e permette di analizzare oggetto a un livello di dettaglio elevatissimo





Medicina - Srt - Noto
partecipano a osservazioni VLBI

EVN - European VLBI Network

NEXPR*es*



Image by Paul Boven (boven@jive.nl). Satellite image: Blue Marble Next Generation, courtesy of Nasa Visible Earth (visibleearth.nasa.gov).

Il VLBI in Italia

- Medicina, Noto e SRT partecipano a osservazioni di tipo astronomico
- Medicina, Matera e Noto partecipano a osservazioni di tipo geodinamico
- Distanza più piccola: 500 km
- Distanza più grande: 900 km

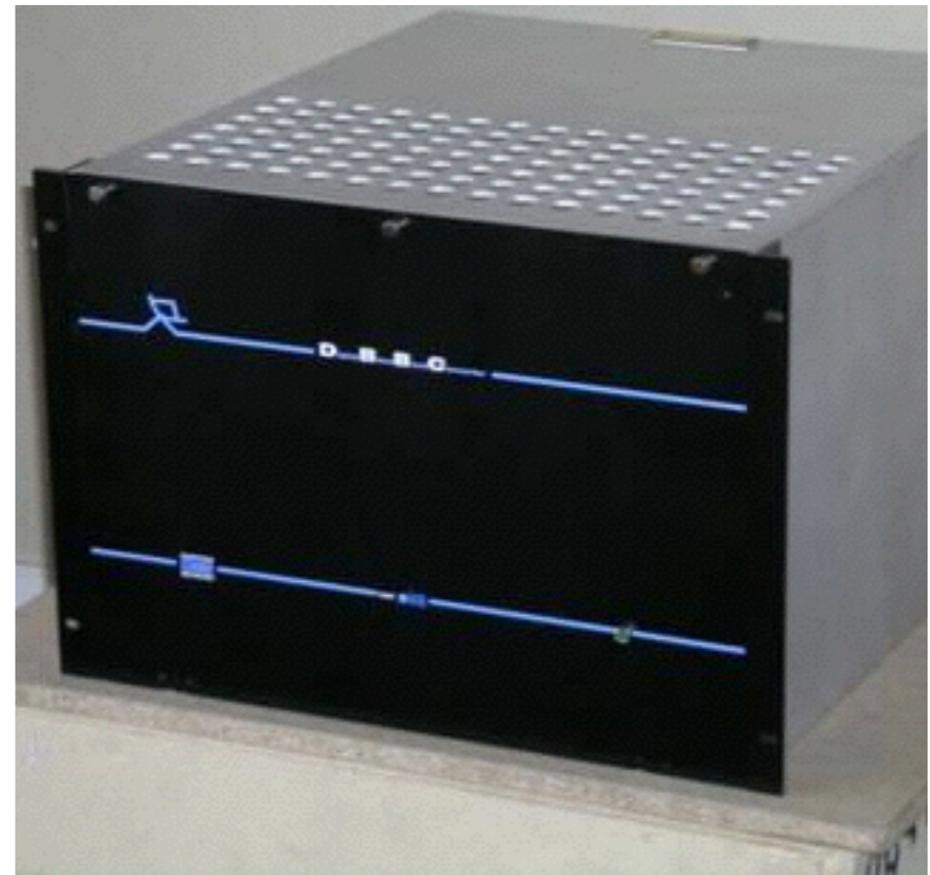


cm	GHz	Resolutive power (arcsec)			
		Medicina	Noto	SRT	VLBI - IT
18	1,6	1474	1474	731	0,02
6	5	472	472	234	0,007
5	9	262	262	130	0,004
2.4	13	181	181	90	0,003
1.3	23	103	103	51	0,002

VLBI - Backend e Rete

Come si registrano i dati

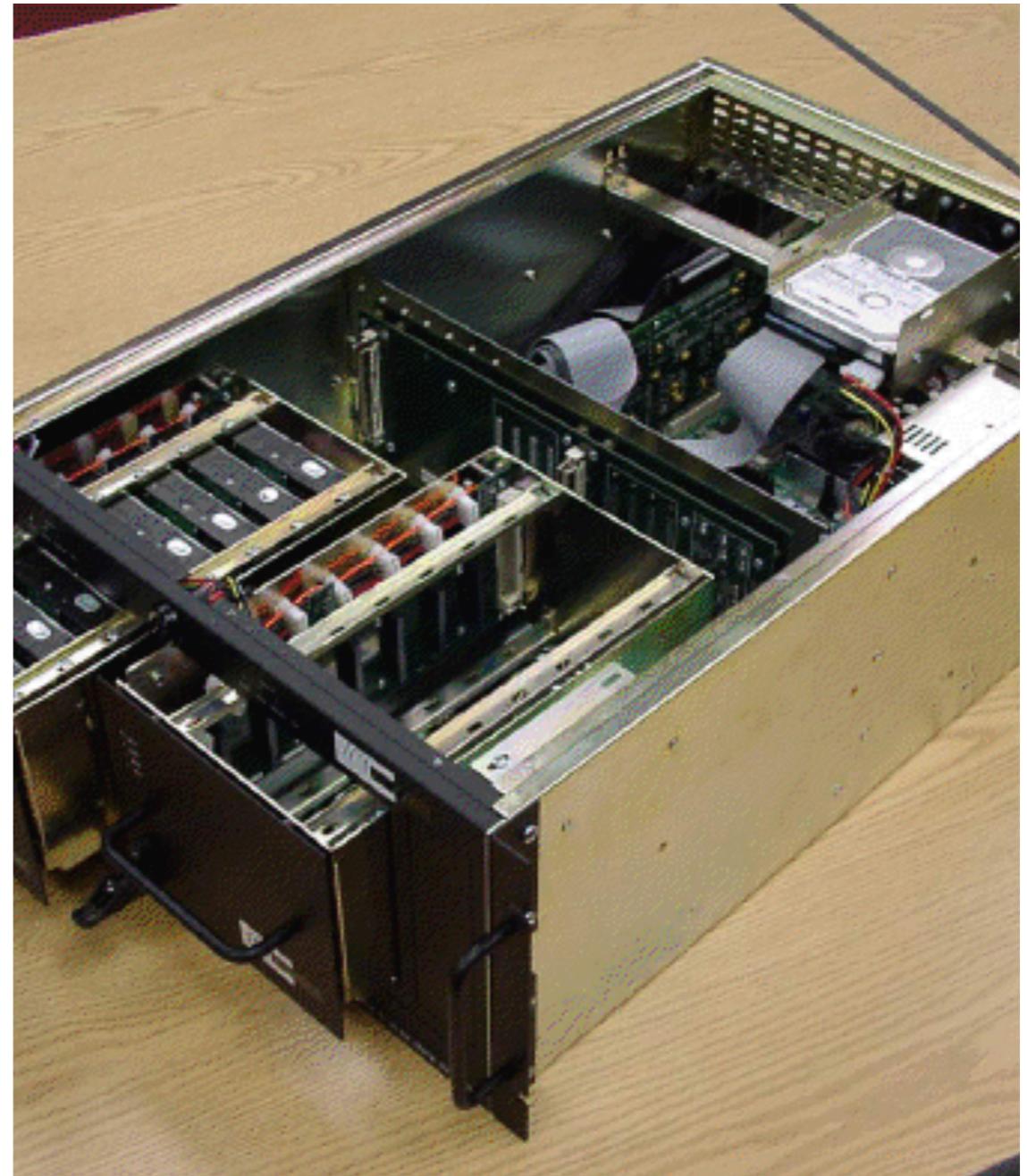
I convertitori di segnale da analogico a digitale sono diventati più flessibili e permettono di operare in maggiori modalità rispetto al passato, incorporando funzionalità di rete. Il backend dBBC (Digital Base Band Converter) sviluppato da Hat-Lab (INAF Noto) e Max Planck Institute (Bonn) permette di campionare dati fino a 4 Gbit / sec



Come si registrano i dati

Attualmente i dati radioastronomici vengono registrati alle antenne con 8 dischi in un setup RAID 0 proprietario

Questi sistemi (macchine Linux) sono chiamati Mark5 recording system - da cui deriva anche il nome del formato dati.

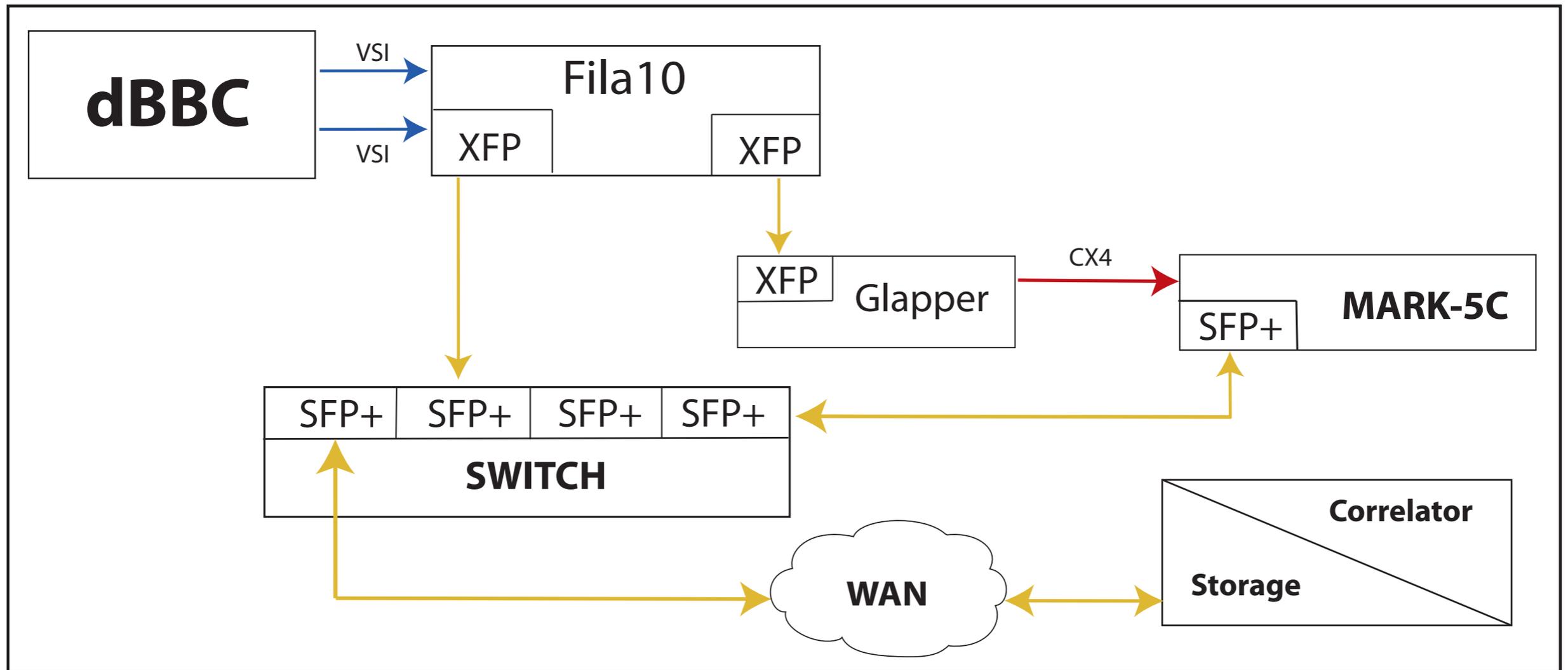


Fila 10 G

- La scheda Fila (**F**irst - **L**ast) è interfacciata al backend dBBC tramite un cavo VSI (Vibi Standard Interface) parallelo ed effettua il passaggio a fibra ottica dei dati impacchettandoli con un header formato Mark5 o VDIF



	VLBI backend	Mark-5	dBBC	Fila10	Switch 10G
Mc	Mark-IV	Mark-5A, Mark-5C	dBBC-2	External	HP-2910
Nt	VLBA4	Mark-5A, Mark-5B+	dBBC-1 (in upgrade)	External	HP-2910
SRT	-	Mark-5C	dBBC-2	Internal	BigIron RX8



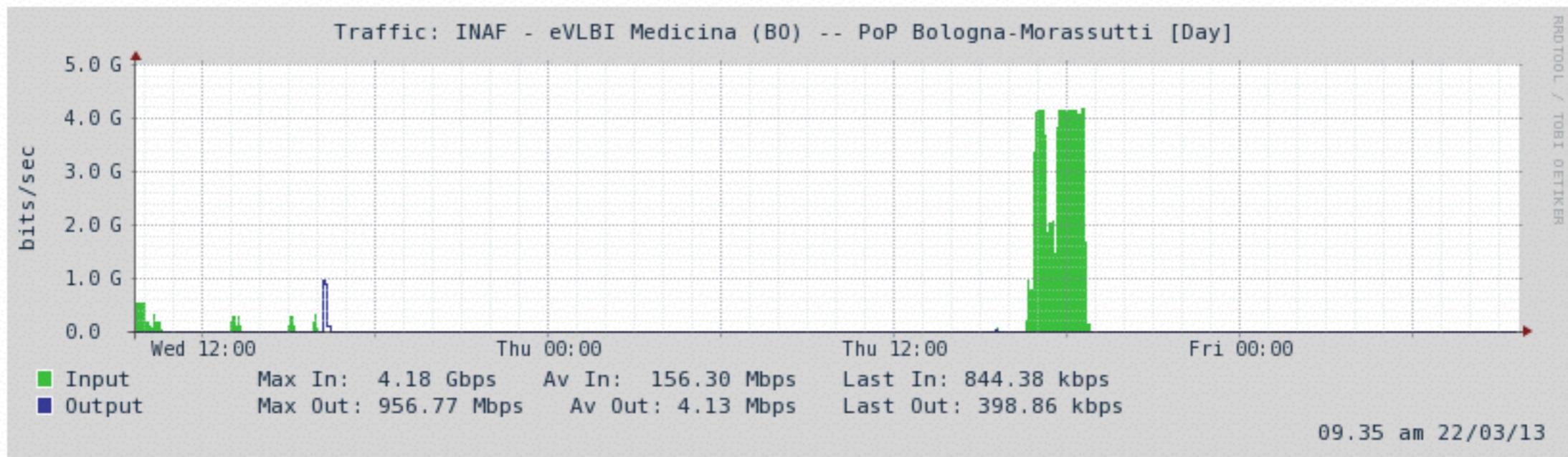
Esempio di connessioni di rete basato sul layout di Medicina

	Antenna	2014	2015	2016
	Mc - 32 mt	10 Gbit/s	10 Gbit/s	10 Gbit/s
	Nt - 32 mt	10 Gbit/s	10 Gbit/s	10 Gbit/s
	SRT - 64 mt	-	-	?
	IRA - HQ	10 Gbit/s	10 Gbit/s	3 x 10 Gbit/s

Esperimenti

INAF - eVLBI Medicina (BO) -- PoP Bologna-Morassutti

Link Type	Equipment	Interface	IPv4 Address	IPv6 Address
DF 10Gbps 10GE	rx1.bo1.garr.net	ge-9/2/0.0	193.206.128.141	

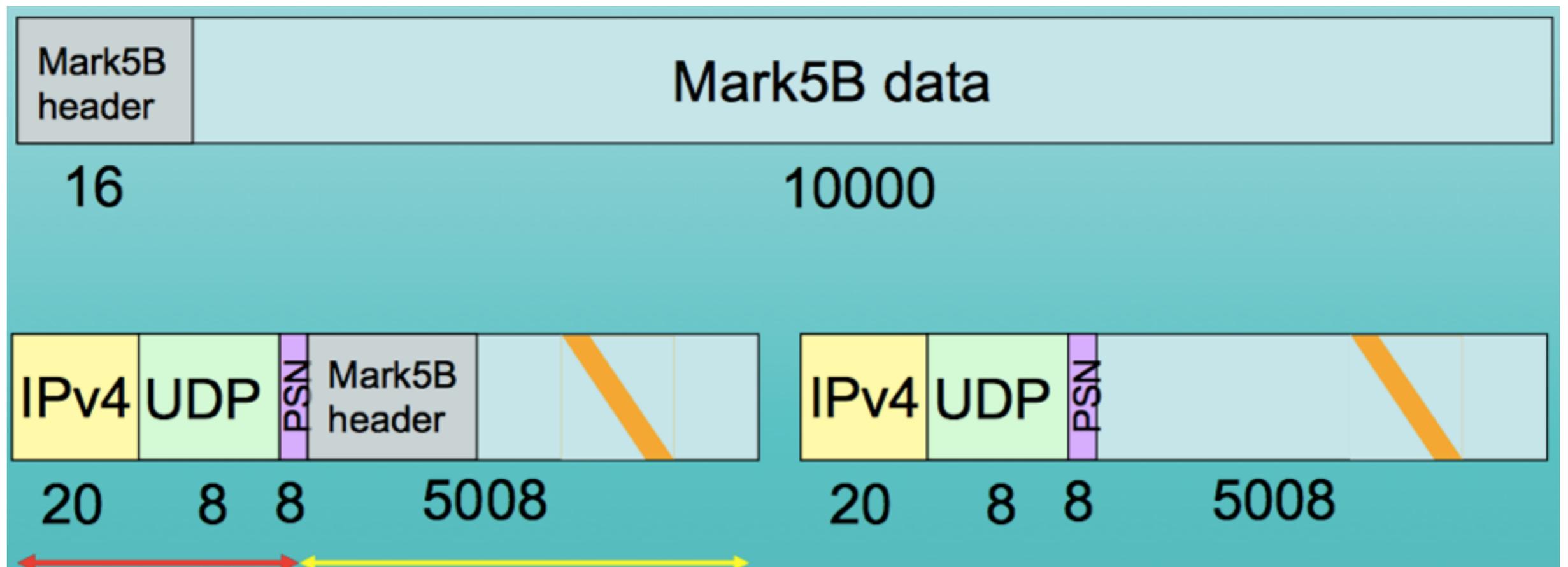


Fila 10G board test

Medicina -> Bologna
recording : successful
@ 4 Gbit/s

Esperimenti

I dati nel formato Mark5B hanno problemi di rete ...



Si risolvono spezzando a metà il tutto, per poi ricomporre ...

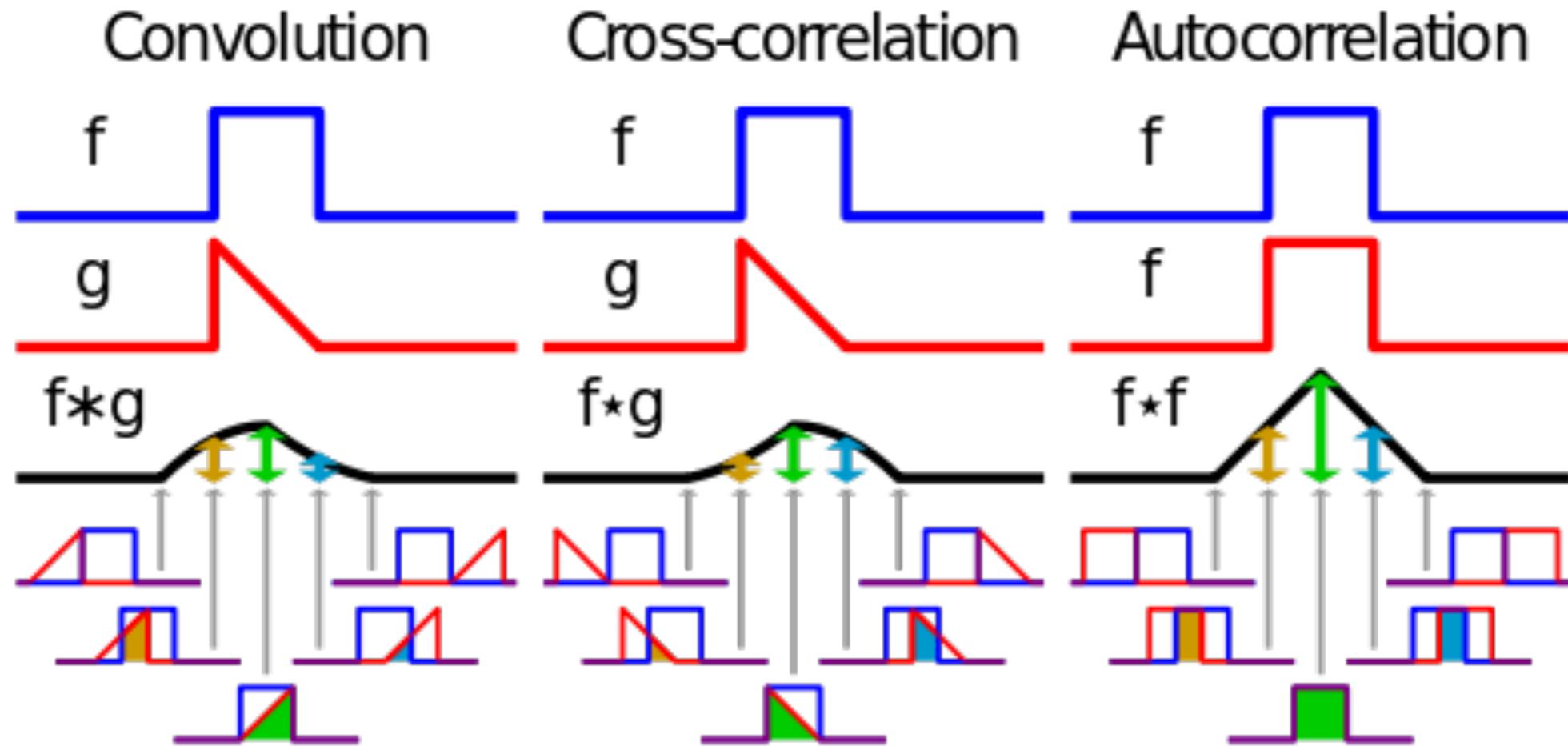
Esperimenti

I dati nel formato VDIF sono adeguati per la rete ma ancora scarsamente utilizzati

	Byte 3		Byte 2	Byte 1	Byte 0
	Bit 31 (MSB)				Bit 0 (LSB)
Word 0	I_1	L_1	Seconds from reference epoch ₃₀		
Word 1	Un-assigned ₂		Ref Epoch ₆	Data Frame # within second ₂₄	
Word 2	V_3		$\log_2(\#chns)_5$	Data Frame length (units of 8 bytes) ₂₄	
Word 3	C_1	bits/sample-1 ₅	Thread ID ₁₀	Station ID ₁₆	
Word 4	EDV ₈			Extended User Data ₂₄	
Word 5	Extended User Data ₃₂				
Word 6	Extended User Data ₃₂				
Word 7	Extended User Data ₃₂				

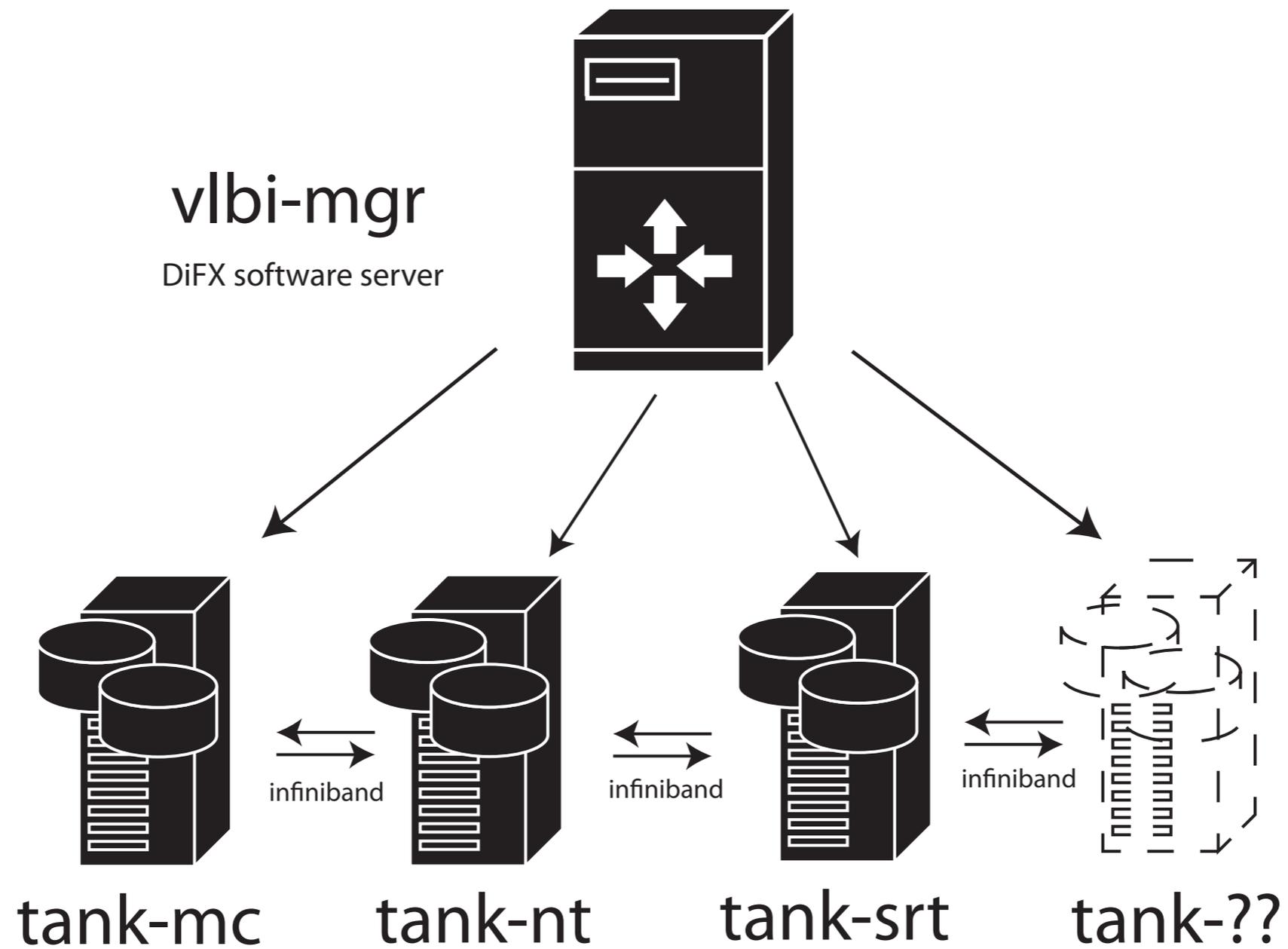
DiFX (**D**istributed **F**X correlator)
trasformata di **F**ourier di spettri cross-correlati (**X**)

VLBI



La cross-correlazione è simile alla convoluzione

Nella autocorrelazione dello stesso segnale non è introdotto un ritardo di alcun tipo



Architettura del cluster

Un nodo di storage
dedicato per ogni antenna

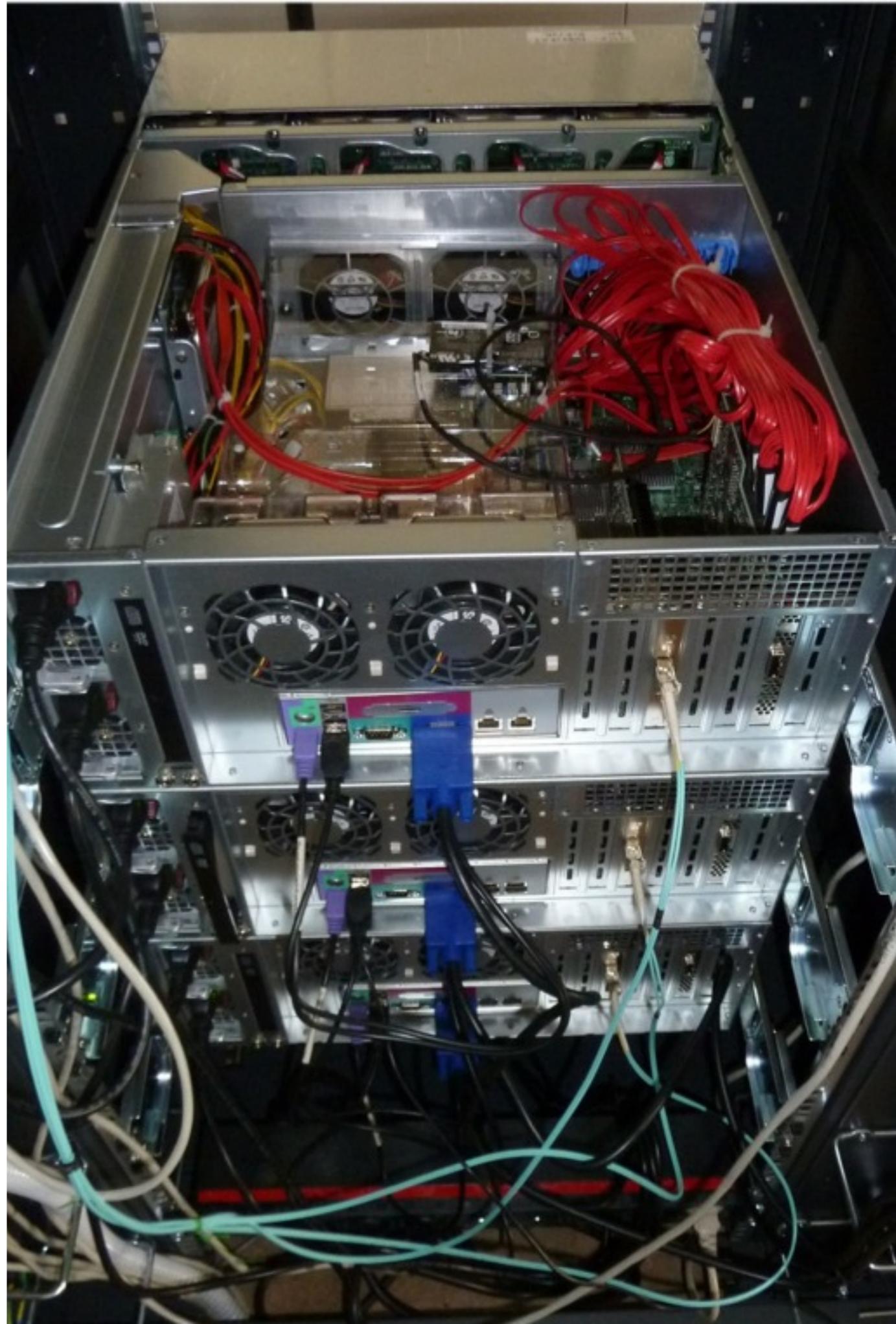
Cluster

Connessione Infiniband 40 Gbit

Rete 10 Gbit

Alloggiamento 24 dischi per server

Disponibili 150 TB



DiFX

- Sviluppato in Australia (Swinburne University) in collaborazione con NRAO
- Comunità sviluppatori attiva e collaborativa

Esistono altri correlatori software :

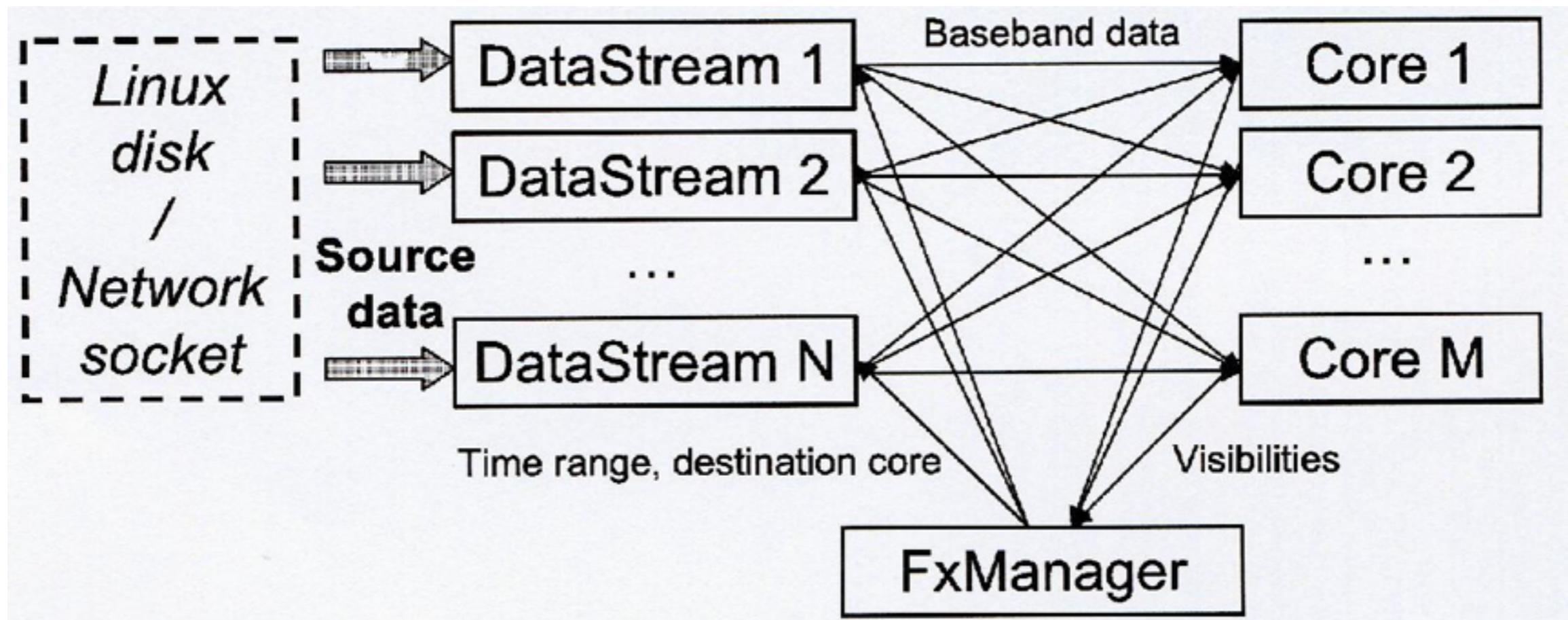
- SFXC - Jive - Paesi Bassi
- Mitaka - Giappone

DiFX

- Riceve i segnali digitalizzati
- Applica il modello di correlazione
- Accomoda i dati da 2 bit a 16 bit (per operazioni in virgola mobile)
- Allinea i dati con un campionamento +/- 1
- Esegue una FFT
- Esegue una correzione del ritardo sul campione
- Esegue una moltiplicazione complessa e integra
- Scrive le visibilità nel dominio della frequenza

DiFX

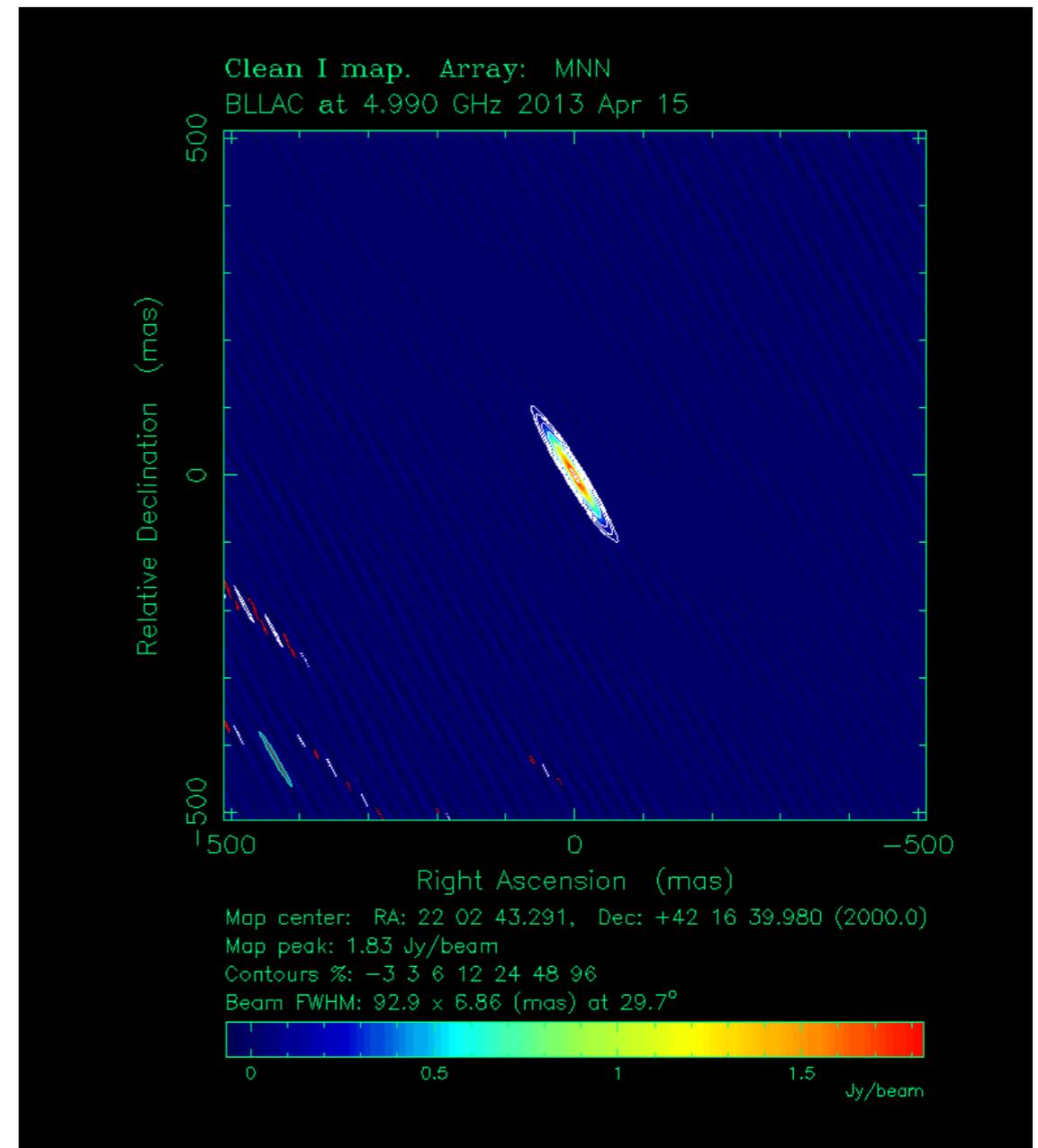
FxManager controlla le operazioni: invia i dati tra nodi
I dati processati sono rimandati al FxManager che scrive le visibilità



Esperimenti

Esperimenti

- Prima correlazione eseguita correttamente tra Medicina e Noto il 15 Aprile 2013

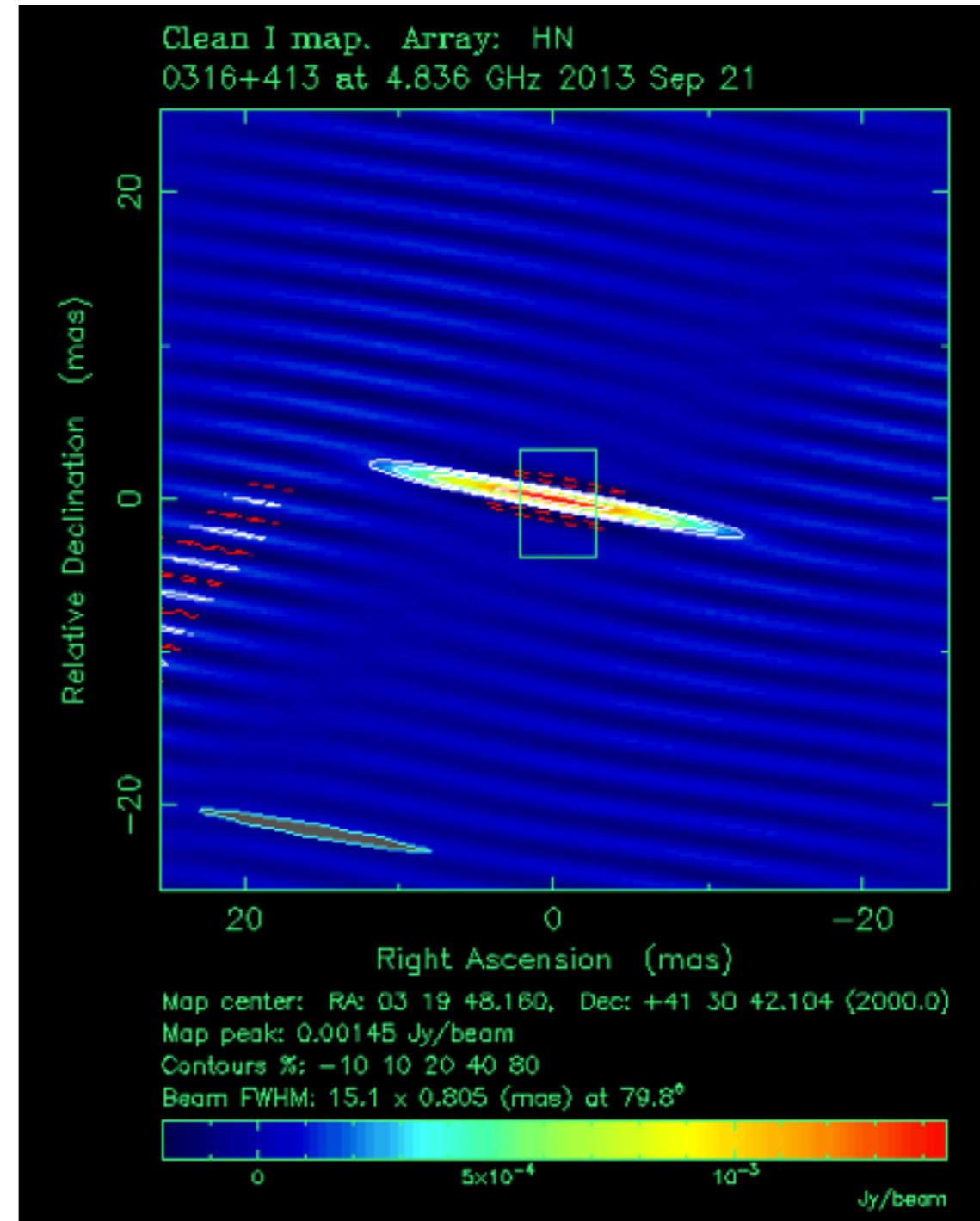


Esperimenti

Noto - Hart
(Sudafrica)

Test in corso anche fuori EVN
con Sudafrica

~ 430 GB data
correlati a
Bologna
inviati @ 250 Mbit/s



FRINGES

Quando tutto va bene il risultato finale della correlazione è il seguente:

I dati da questo punto possono essere processati su 2 pipeline diverse, a seconda che siano per osservazioni:

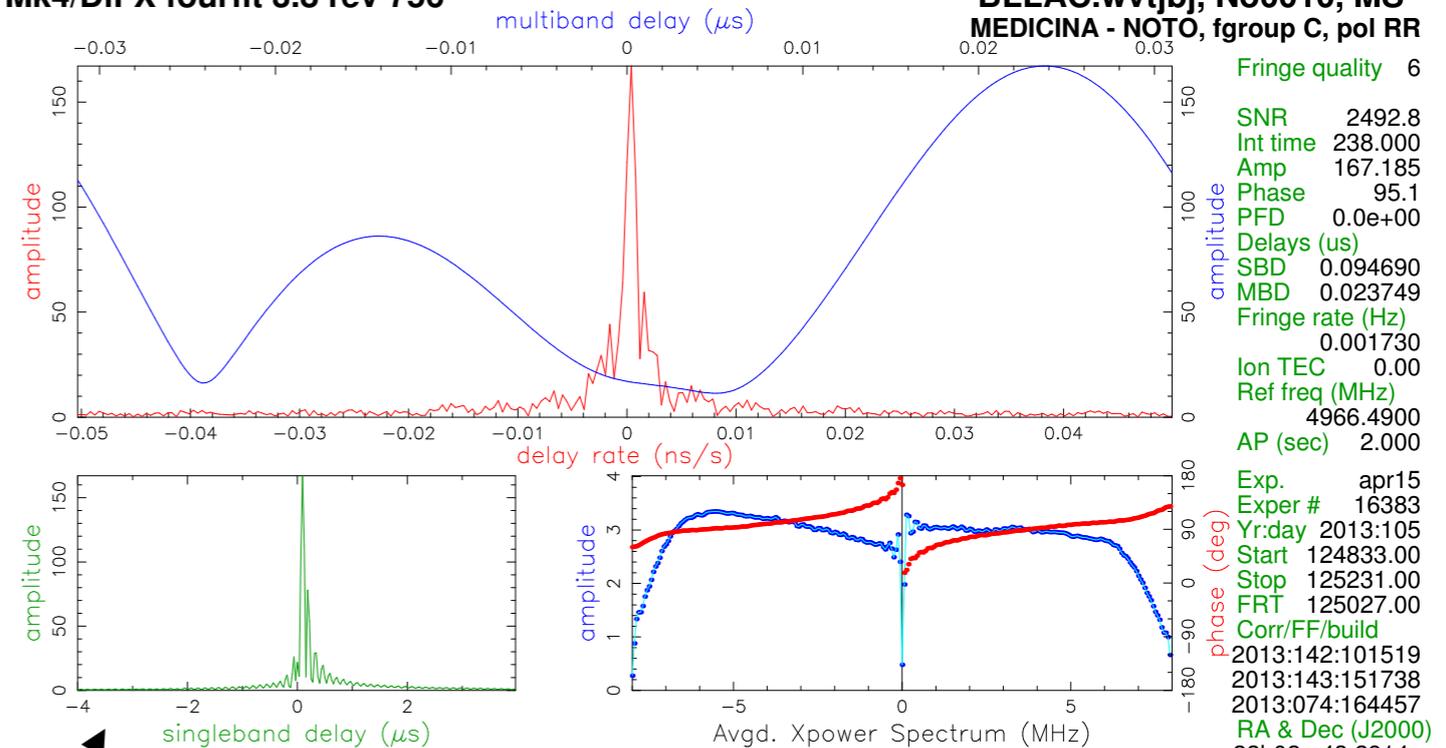
GEO -> Database

ASTRO -> FITS

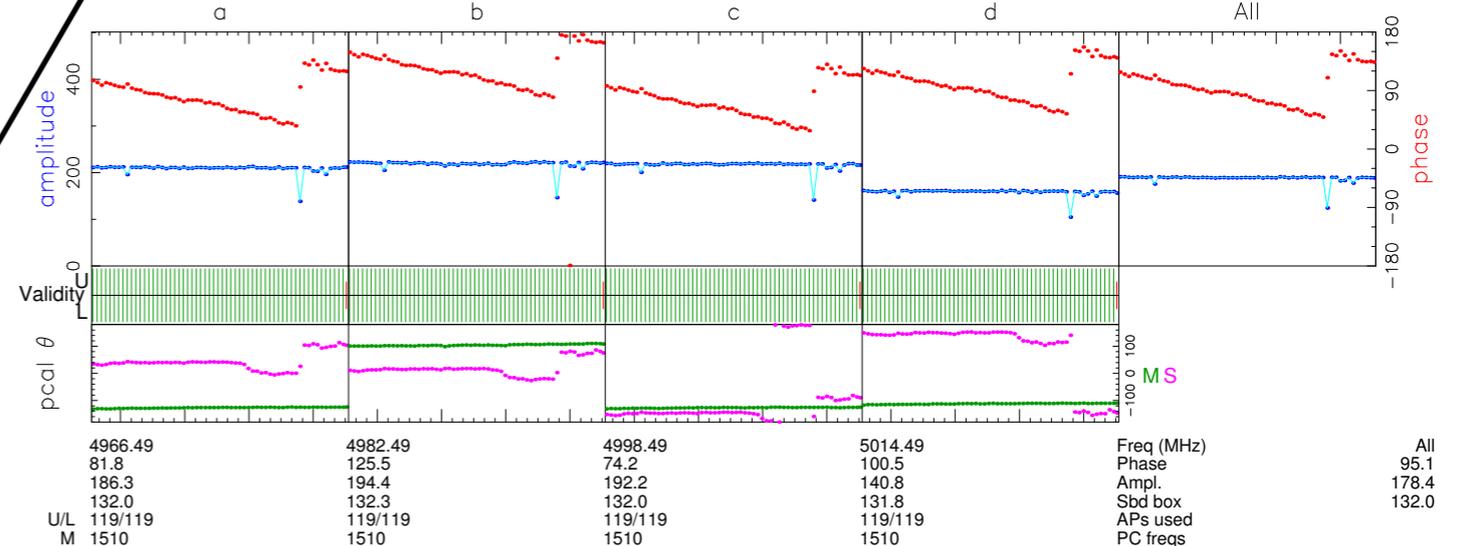
A volte è necessario ripetere la correlazione... a causa di errori di segno o ritardi sconosciuti (lunghezza cavi, processi nel backend, ...)

Mk4/DiFX fourfit 3.8 rev 756

BLLAC.wvtjbj, No0010, MS
MEDICINA - NOTO, fgroup C, pol RR



Amp. and Phase vs. time for each freq., 60 segs, 2 APs / seg (4.00 sec / seg.), time ticks 10 sec



Esperimenti

- Ad oggi 40 esperimenti, programmati da INAF o EVN (European VLBI Network) sono stati correlati a Bologna
- Soprattutto hanno avuto come fine a verificare il funzionamento dell'infrastruttura di rete e degli apparati di SRT

Esperimenti

Cosa abbiamo verificato

- Errori umani (cavi incrociati male, nome schedula sbagliato...)
- Imprevisti atmosferici (Neve, vento, nebbia)
- Errori hardware (Orologi impostati male, rotture...)

Cosa occorre per fare VLBI?

- Rete GARR X a 10 Gbit per ogni antenna
- Storage 5TB * hr * antenna (osservazioni 6/12 hr)
[si eliminano i dati raw dopo la correlazione]
- Computing: cluster Infiniband 32 - 64 core
sufficienti a correlare 5 - 6 antenne