

Il ruolo della RETE nel e-VLBI e in SKA



Mauro Nanni (INAF – Ist. Radioastronomia)

La sfida dell'Astrofisica :

Studio di fenomeni distanti milioni di anni luce

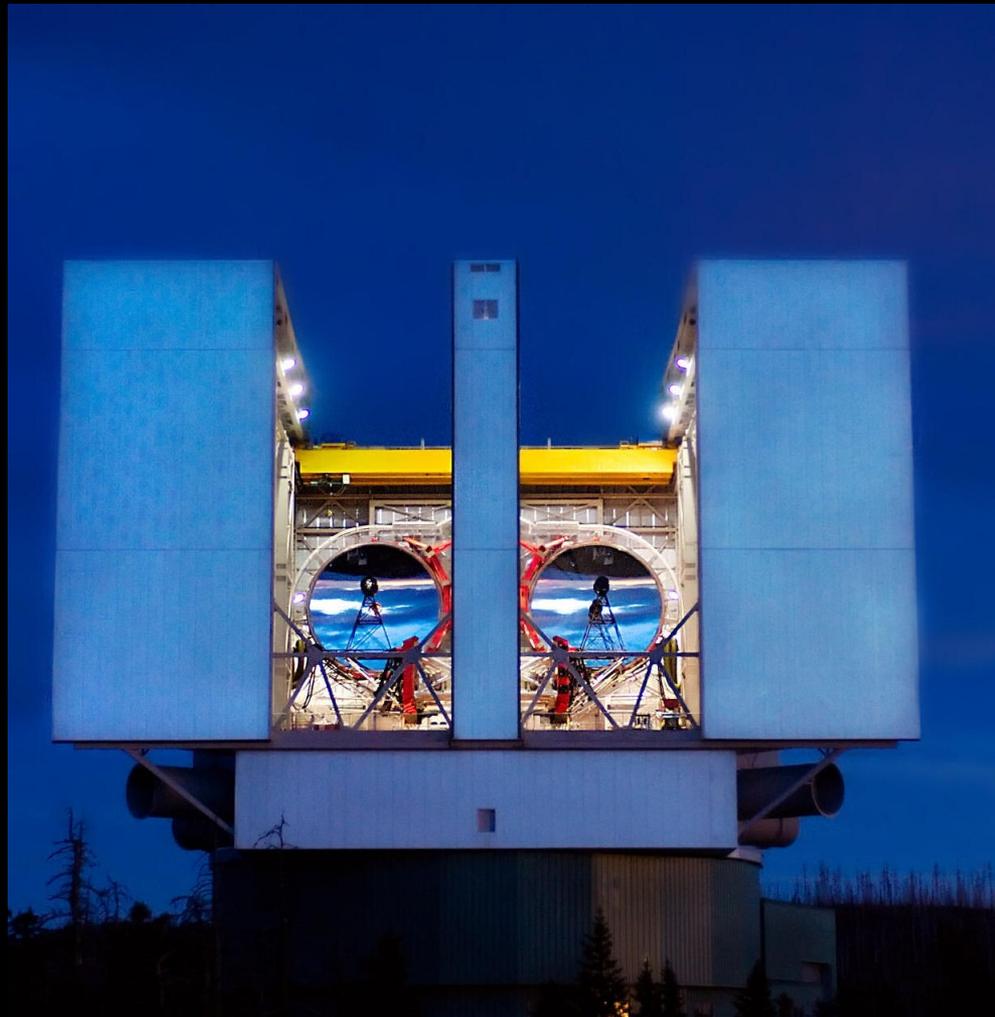


Segnali Deboli e Confusi

Piu' deboli i segnali: piu' grandi gli
strumenti per osservarli



SRT



LBT

La Sensibilità = capacità di rivelare segnali deboli.
Aumenta con la superficie di raccolta e'
proporzionale a D^2 ($D = \text{Diametro}$).



GEANT (Cina) : 500m di diametro (In costruzione)

Risoluzione = Capacità di distinguere oggetti vicini tra loro. Aumenta con D/λ (λ = Lunghezza d'onda)

I segnali radio hanno lunghezze d'onda milioni di volte maggiore della luce visibile



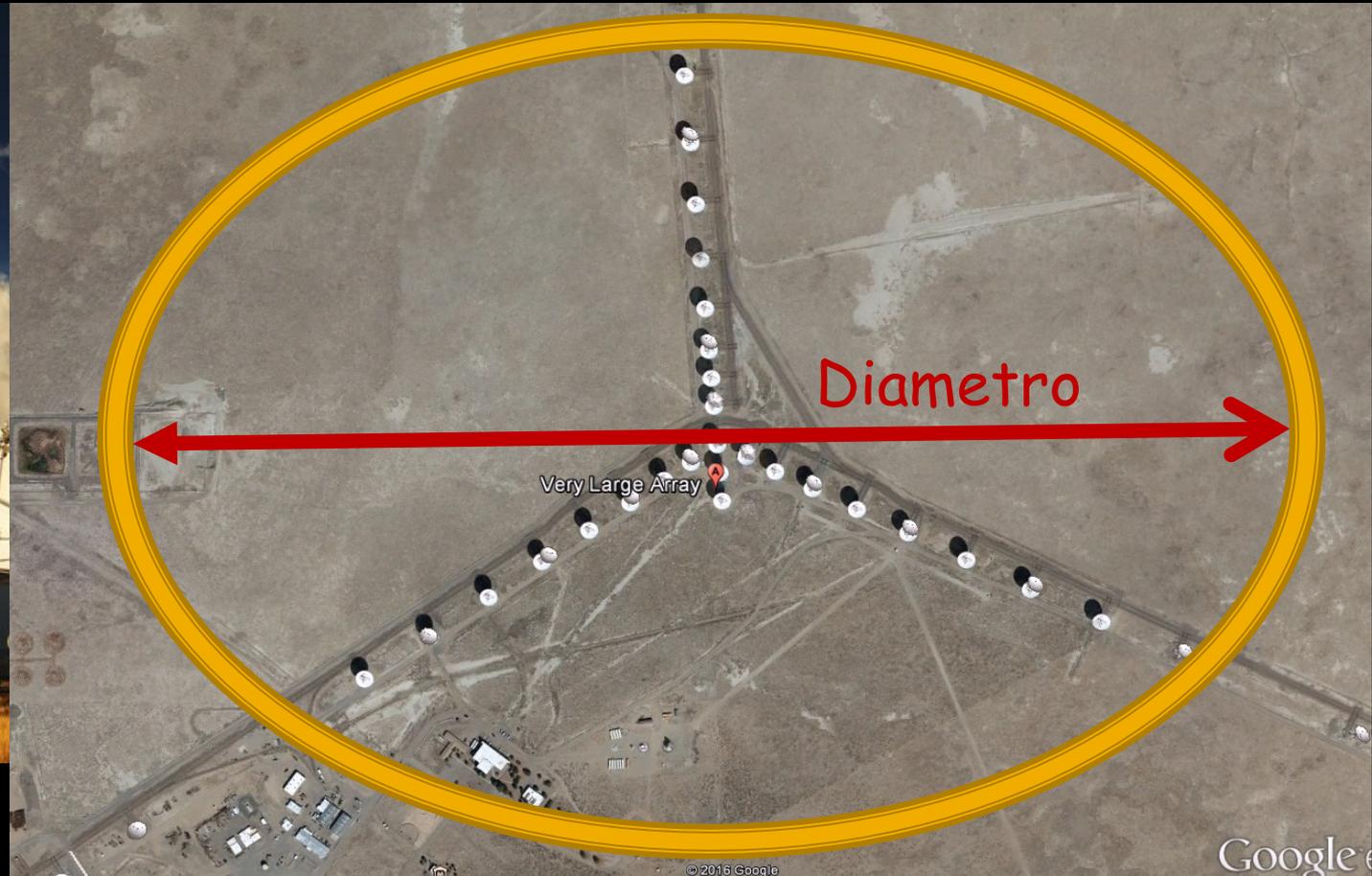
Arecibo 306m
1.42 GHz
 $\lambda = 21$ centimetri

Stessa
risoluzione



Binocolo 5cm
500 THz
 $\lambda = 0.6$ micron

Per aumentare la risoluzione e' necessario aumentare il diametro



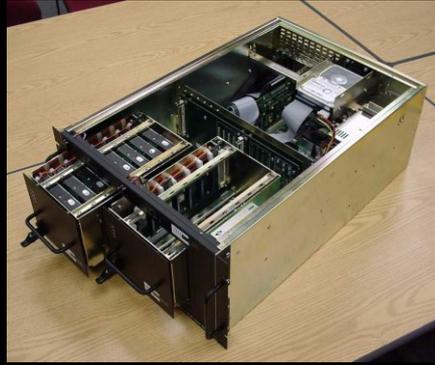
Combinando in fase (correlando) i segnali delle singole parabole si ottiene un diametro pari alla massima distanza tra le antenne

The Global VLBI - Array



Collegamento digitale di antenne distanti migliaia di chilometri

- Campionare il segnale ricevuto da ogni antenna (>256 Mby/s)
- Introdurre dei marcatempo di alta precisione (microsec)
- Trasportare i dati registrati in un centro
- Sincronizzare le differenti osservazioni



Il Correlatore

un supercomputer
dedicato alla
sincronizzazione dei dati

La Rete nel VLBI (e-VLBI)

Aspetti Organizzativi e tecnici

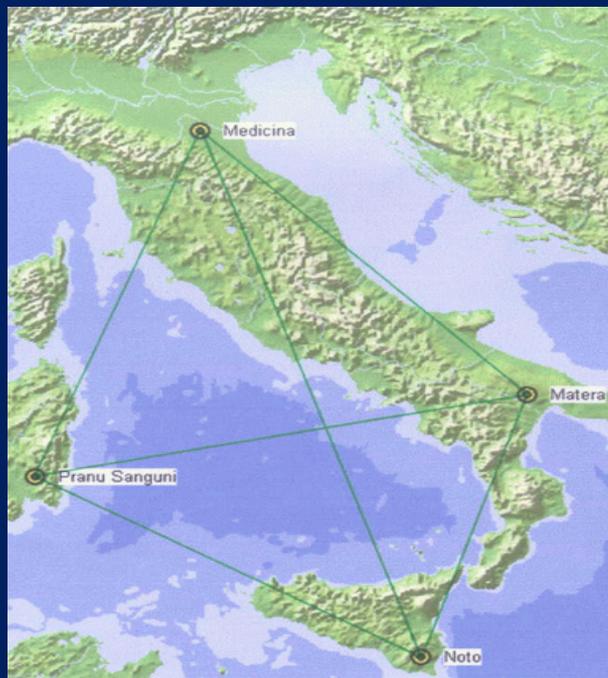
- Risoluzione problemi logistici del trasporto nastri/dischi
- Riduzione tempi di attesa (da mesi a ore/giorni)
- Feed-back tecnico immediato delle osservazioni
- Incremento sensibilità con velocità ($\sqrt{\text{larghezza banda}}$)
- Riduzione costi di esercizio

Opportunita' Scientifiche

- Correlazione in real-time
- Monitoraggio fenomeni evolutivi rapidi
- Targhet of Opportunity

La Rete nel VLBI (e-VLBI)

Possibilita' di realizzare reti per esperimenti "ad hoc"



+



+



Correlatore
VLBI-IT

Esperimenti con antenne in Polonia,
Spagna, SudAfrica, Corea, Giappone

La Rete nel VLBI (e-VLBI)

Problematiche di rete

- Collegamento di "ultimo miglio"
- Abbattimenti di banda dati da meccanismi anticongestione
 - Abbandono del TCP a favore di una variante del UDP
- Record/frames originali di 10.000 Byte
 - Necessita' di un nuovo formati di trasmissione (VDIF)

Aspetti organizzativi

- Convertitori analogico/digitali con output su rete a 10G
- Adeguamenti di strutture di diversi Enti e Paesi

La Rete nel VLBI (e-VLBI)

Caratteristiche di utilizzo:

- Flussi di dati 1-4 Gbit/s per antenna
- Tipica durata di un singolo esperimento 12 ore
- EVN: dati prodotti per un esperimento 100 TBy
- EVN: dati ricevuti in un run osservativo (20 day) 1PBy
- Nessuna conservazione /riutilizzo dei dati raw
- I dati ridotti forniti all'utente sono dell'ordine di alcuni Gby

La RETE nelle osservazioni VLBI oggi costituisce parte dello strumento, va' a sostituire i cavi coassiali dei "piccoli" interferometri.

Pregi e limiti del VLBI

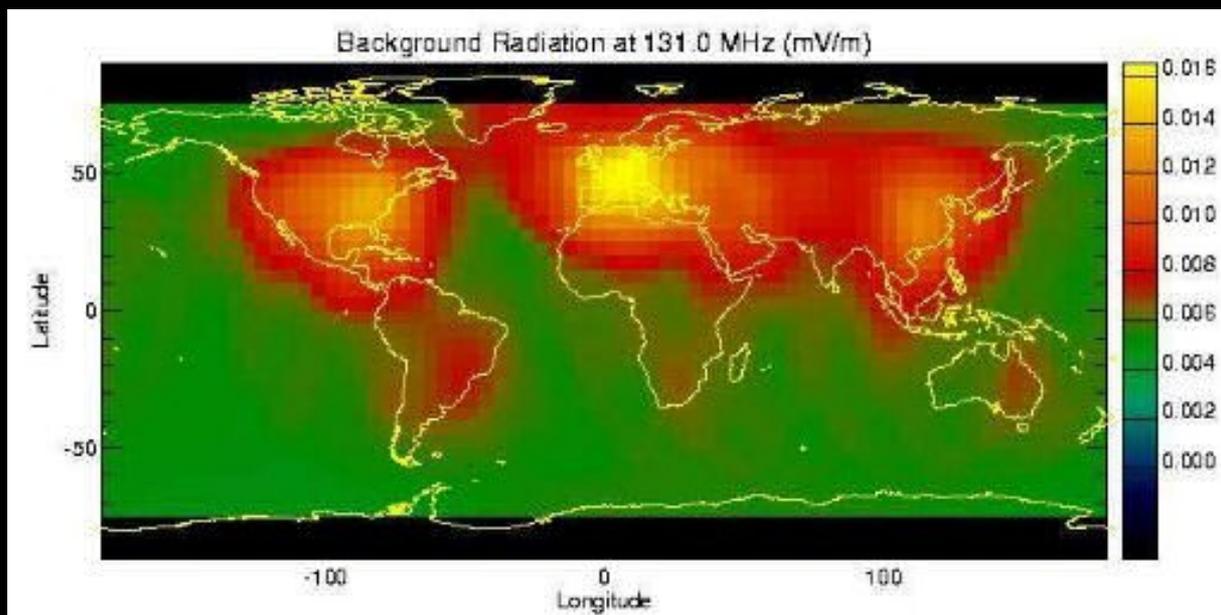
Dal punto di vista astronomico il VLBI si caratterizza per:

Ottima risoluzione :

- millesimi di secondi d'arco

Scarsa sensibilita' :

- Superficie complessiva delle antenne 10.000 mq
- Realizzate nella zona piu' "rumorosa" del mondo
- Operanti solo alle alte frequenze (300MHz-100GHz)





SKA ITALY

SQUARE KILOMETRE ARRAY

Esplorare l'Universo con la rete di radiotelescopi più grande del mondo

Choose your local minisite



Home

Contatti

SKA Global

SKA Science

Cerca nel sito di SKA:



Il progetto

La location di SKA

Il Design di SKA

La Tecnologia di SKA

La Scienza di SKA

News and Media

L'INAF in SKA

Un radiotelescopio con una **superficie di un kilometro quadrato** realizzato in regioni remote libere da interferenze radio.

SKA1-LOW: Basse frequenze (50-350 MHz)

- Fenomeni cosmologici evolutivi
- Dark-matter
- Dark-energy

SKA1-MID: Alte frequenze (350MHz - 14GHz)

- Pulsar
- Buchi neri
- Onde Gravitaazionali
- Presenza di vita nell'universo

Partecipanti: Australia, Canada, Cina, India, **Italia**, Nuova Zelanda, Olanda Sud Africa, Svezia, Regno Unito (Giappone, Germania, Malta, Spagna, Portogallo)

How does SKA1 compare with the world's biggest radio telescopes?

SKA1 LOW

Australia



419,000m²
~130,000 antennas

SKA1 MID

South Africa



33,000m²
~200 dishes

MWA
Murchison Widefield Array, Australia
512m²
2048 antennas

LOFAR
Low Frequency Array for Radio astronomy, Netherlands
52,000m²
34,000 antennas

GMRT
Giant Metrowave Radio Telescope, India
48,000m²
30 dishes

MeerKAT
South Africa
9,000m²
64 dishes

ASKAP
Australian SKA Pathfinder, Australia
4,000m²
36 dishes

Lovell
UK
4,500m²
76m dish

Effelsberg
Germany
7,800m²
100m dish



Parkes
Australia
3,200m²
64m dish

GBT
Green Bank Telescope, USA
7,800m²
100m dish

JVLA
Karl G. Jansky Very Large Array, USA
13,200m²
27 dishes

FAST
Five Hundred Meter Aperture Spherical Telescope, China
71,000m²
500m dish

Arecibo
Puerto Rico
42,000m²
305m dish

ALMA
Atacama Large Millimeter/submillimeter Array, Chile
6,500m²
66 dishes

ARRAYS

MID FREQUENCIES

NON-STEERABLE

SINGLE DISHES

HIGH FREQUENCIES

At 110 MHz

LOW FREQUENCIES

The Square Kilometre Array (SKA) will be the world's largest radio telescope, revolutionising our understanding of the Universe. The SKA will be built in two phases - SKA1 and SKA2 - starting in 2018, with SKA1 representing a fraction of the full SKA. SKA1 will include two instruments - SKA1 MID and SKA1 LOW - observing the Universe at different frequencies.

A telescope's capacity to receive faint signals - called sensitivity - depends on its collecting area, the bigger the better. But just like you can't compare radio telescopes and optical telescopes, comparison only works between telescopes working in similar frequencies, hence the different categories above.

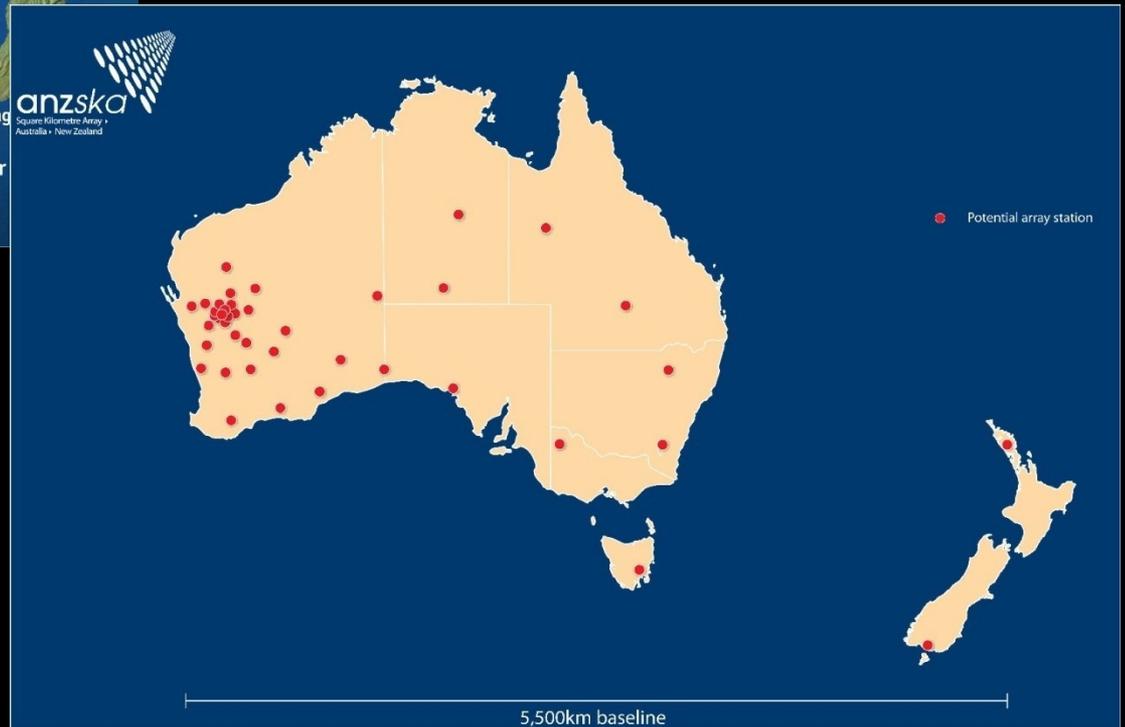
The collecting area is just one aspect of a telescope's capability though. Arrays like the SKA have an advantage over single dish telescopes: by being spread over long distances, they simulate a virtual dish the size of that distance and so can see smaller details in the sky, this is called resolution.

Le zone piu' remote del pianeta



Sud Africa

West - Australia

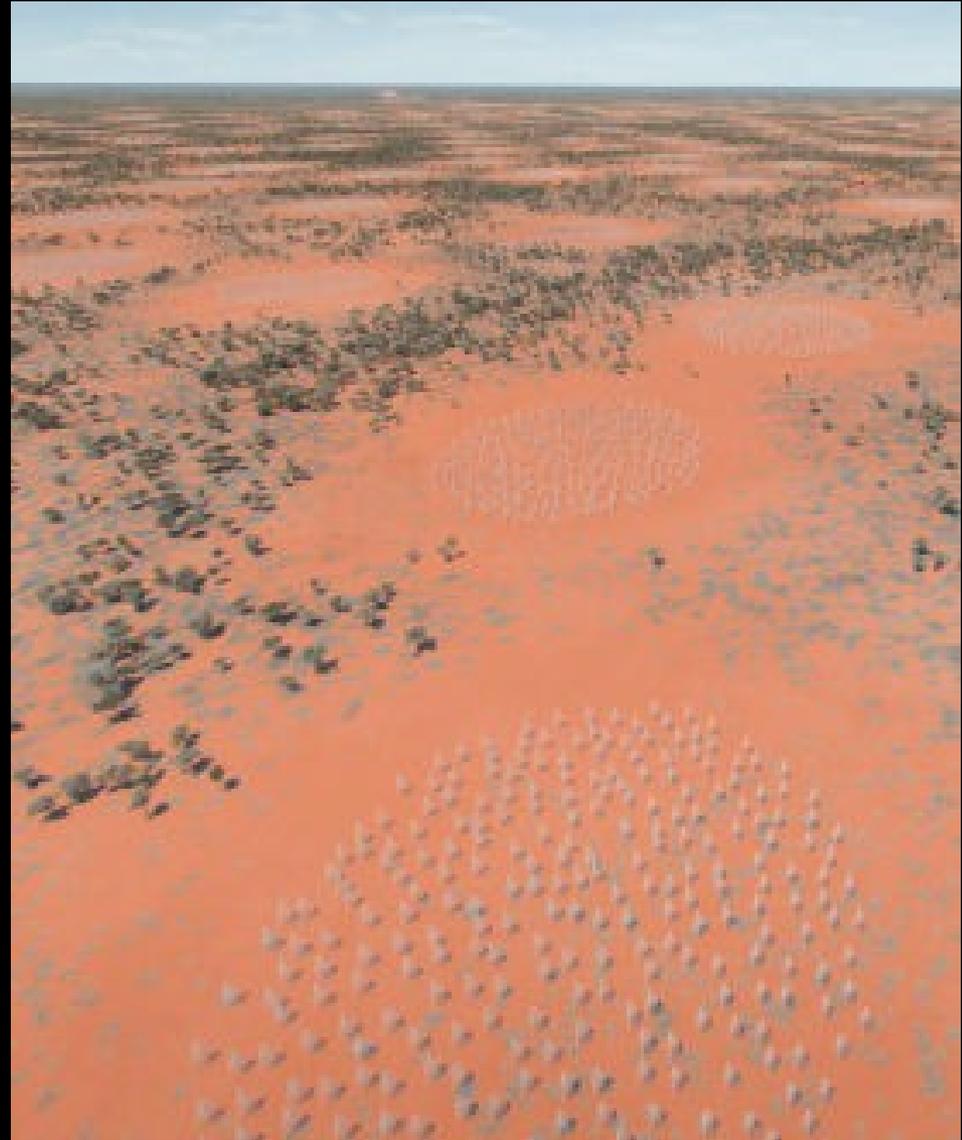


Australia-SKA1-LOW

130.000
Dipoli
disposti sul terreno
superficie di
raccolta 550.000 mq

Organizzati in isole e
collegati a in fibra
ai centro di riduzioni
dati

Costruzione a partire
dal 2018



Attualmente si stanno effettuando test con i Precursori (MWA) di SKA



E verificando le infrastrutture logistiche

Sud Africa - SKA1-MID:

Sara' realizzato con 200 parabole del diametro di 12 metri ed avra' una superficie di raccolta di circa 33.000 mq.

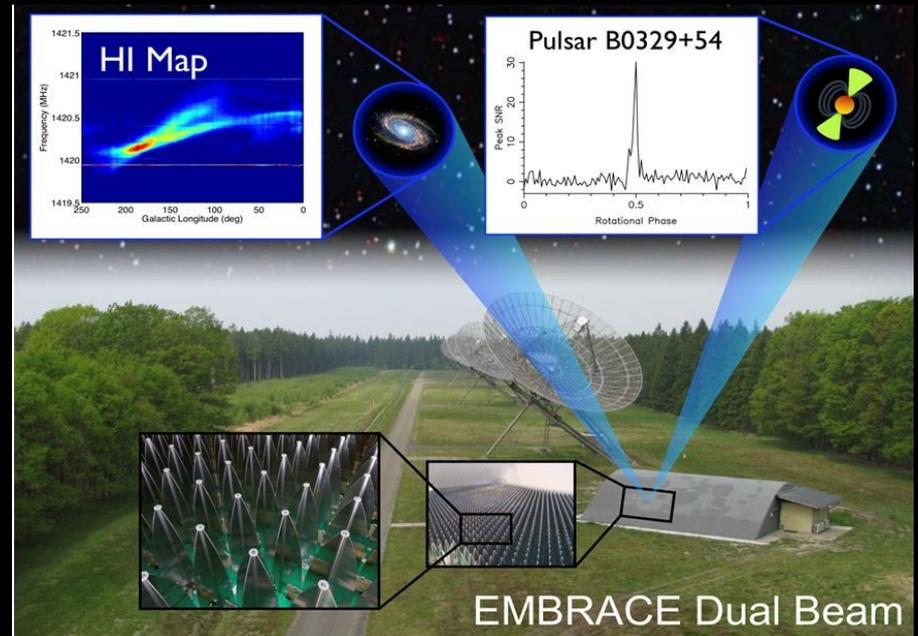


Osservazione simultanea di piu' campi (Multi Beam) e a piu' frequenze

Segnali radio analogici acquisiti da gruppi di antenne saranno campionati e salvati come dati digitali

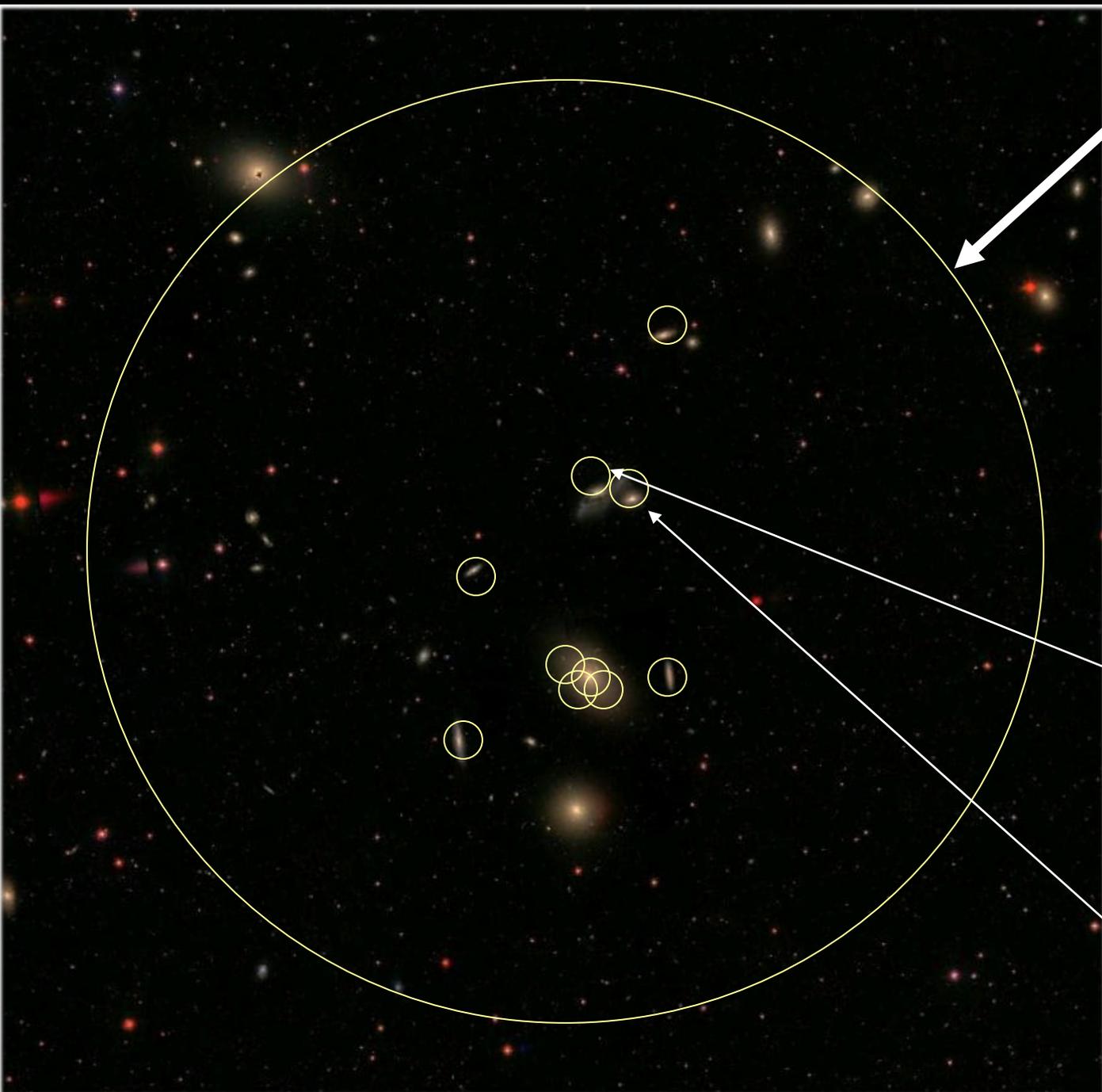
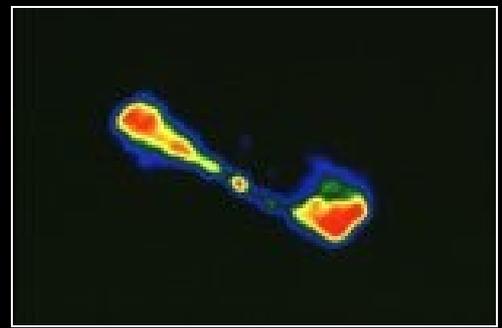
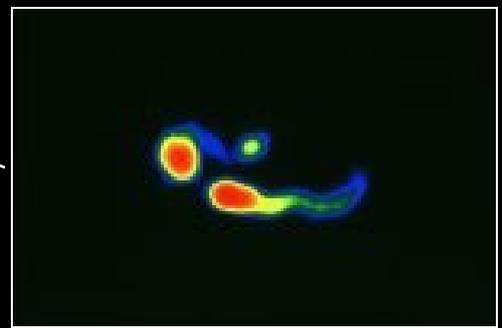
"Ritardi" inseriti nella fase di correlazione permettono di "puntare elettronicamente il telescopio" nelle differenti zone di cielo.

Correlazioni in parallelo con differenti ritardi permettono di osservare a piena risoluzione piu' zone di cielo simultaneamente.



Area osservata dalle antenne
($d =$ alcuni primi d'arco)

correlazione
($d =$ milliarcsec)



Osservazione simultanea di piu' campi (Multi Beam) e a piu' frequenze

Segnali radio analogici acquisiti da gruppi di antenne saranno campionati e salvati come dati digitali

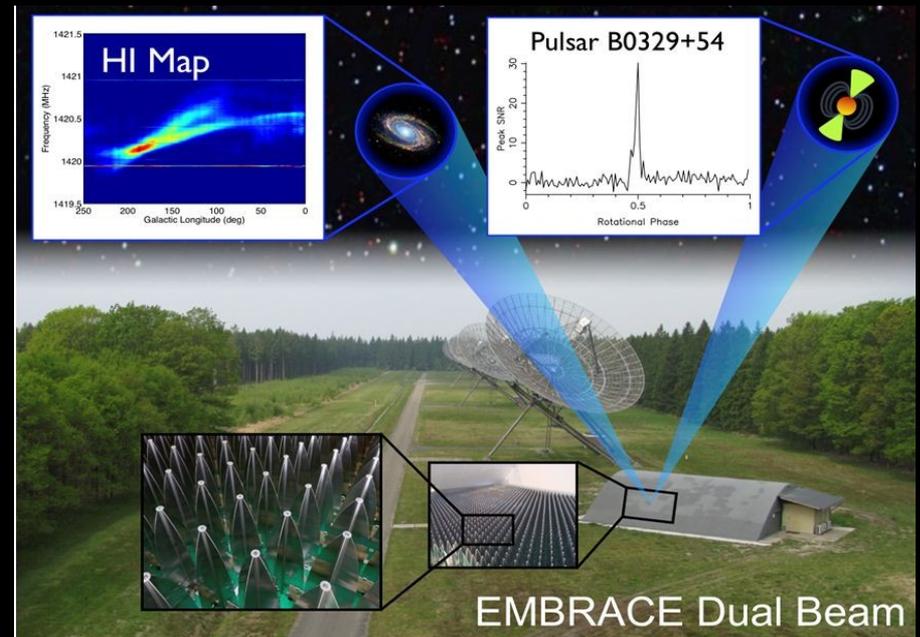
"Ritardi" inseriti nella fase di correlazione permettono di "puntare elettronicamente il telescopio" nelle differenti zone di cielo.

Correlazioni in parallelo con differenti ritardi permettono di osservare a piena risoluzione piu' zone di cielo simultaneamente.

Il numero di beam e di frequenze elaborabili simultaneamente e' limitato dalla potenza di calcolo

**Potenza calcolo stimata:
100 Petaflops**

Cineca 20 Petaflop 2017



SKA: La Rete e lo Storage

Numerosi stati europei si stanno impegnando a costruire un radiotelescopio "dall'altra parte del mondo". Si dovrà considerare come utilizzare i dati prodotti.

L'elaborazione locale:

- L'elaborazione in loco sarà molto ridotta
- Dovrà limitare richieste energetiche e rumore elettromagnetico

I dati

- I "dati raw" utili sono stimati tra i **50 e i 300 PetaBy/anno**
 - Che equivalgono a 150 - 800 TeraBy/giorno
 - Che significa un flusso ininterrotto da **15 - 100 Gbit/sec.**

SKA: La Rete e lo Storage

Considerando di salvare tutti i dati prodotti in almeno 5 SKA
- Scientific Data Center in Europa (di cui uno in Italia)

Rete :

- Su GEANT dalle reti internazionali flusso medio di 15-100 Gbit/s
- Su GARR un flusso medio di **3-20 Gbit/s**

➤ Storage per ogni Data Center

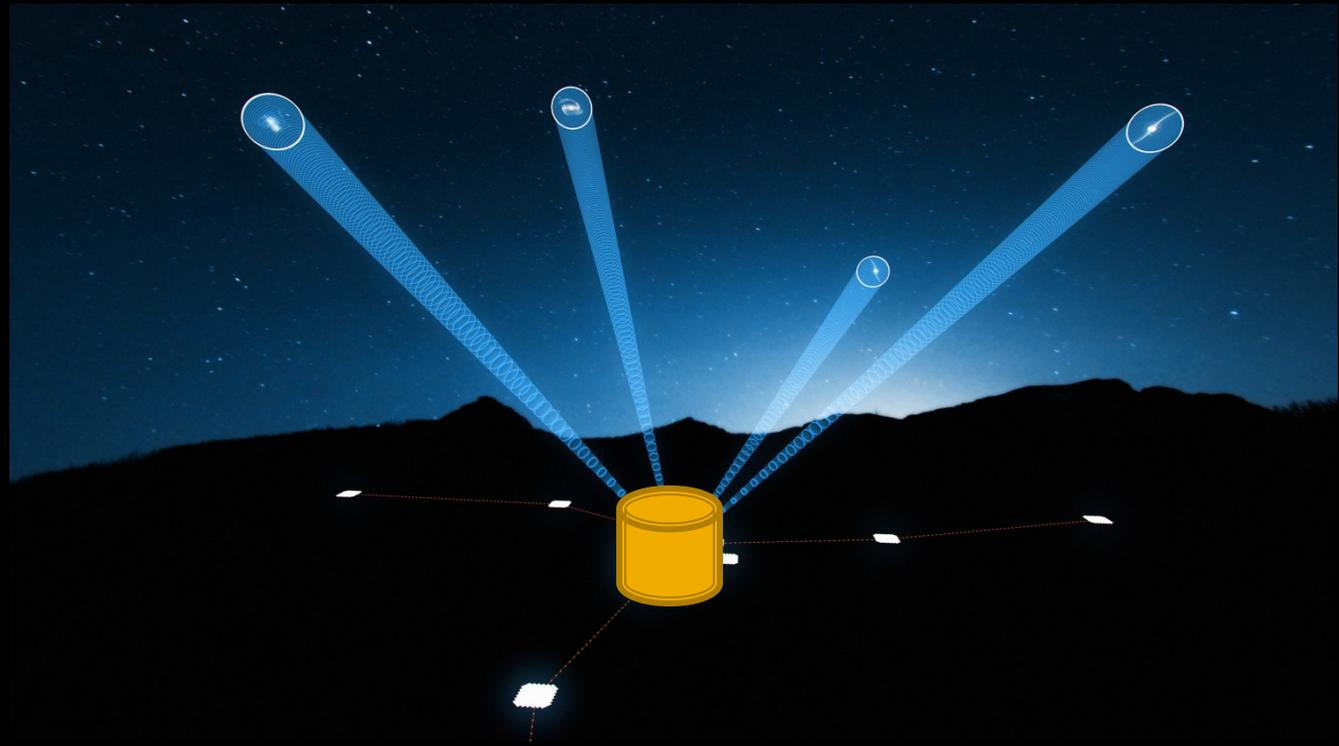
- I dati conservati on-line per almeno un mese (**1-5 PetaByte**)
- I dati conservati off-line per almeno 12 anni (**1-6 ExaByte**)

Le ragioni di conservare i dati raw per tempi così lunghi ?

- Il calcolo per elaborare un singolo beam su sistemi HPC sono lunghi (ore - giorni). Diversi beam possono essere elaborati su differenti sistemi in parallelo.
- I dati raw non contengono solo le informazioni dell'area per cui è stata richiesta l'osservazione. Ulteriori aree possono essere "ri-osservate" al verificarsi di un fenomeno inatteso.

Sistema di vigilanza

per scoprire "gli autori" dei fenomeni non prevedibili (supernove, gamma-ray-burst, onde gravitazionali)



SKA: La Rete e lo Storage e l'organizzazione

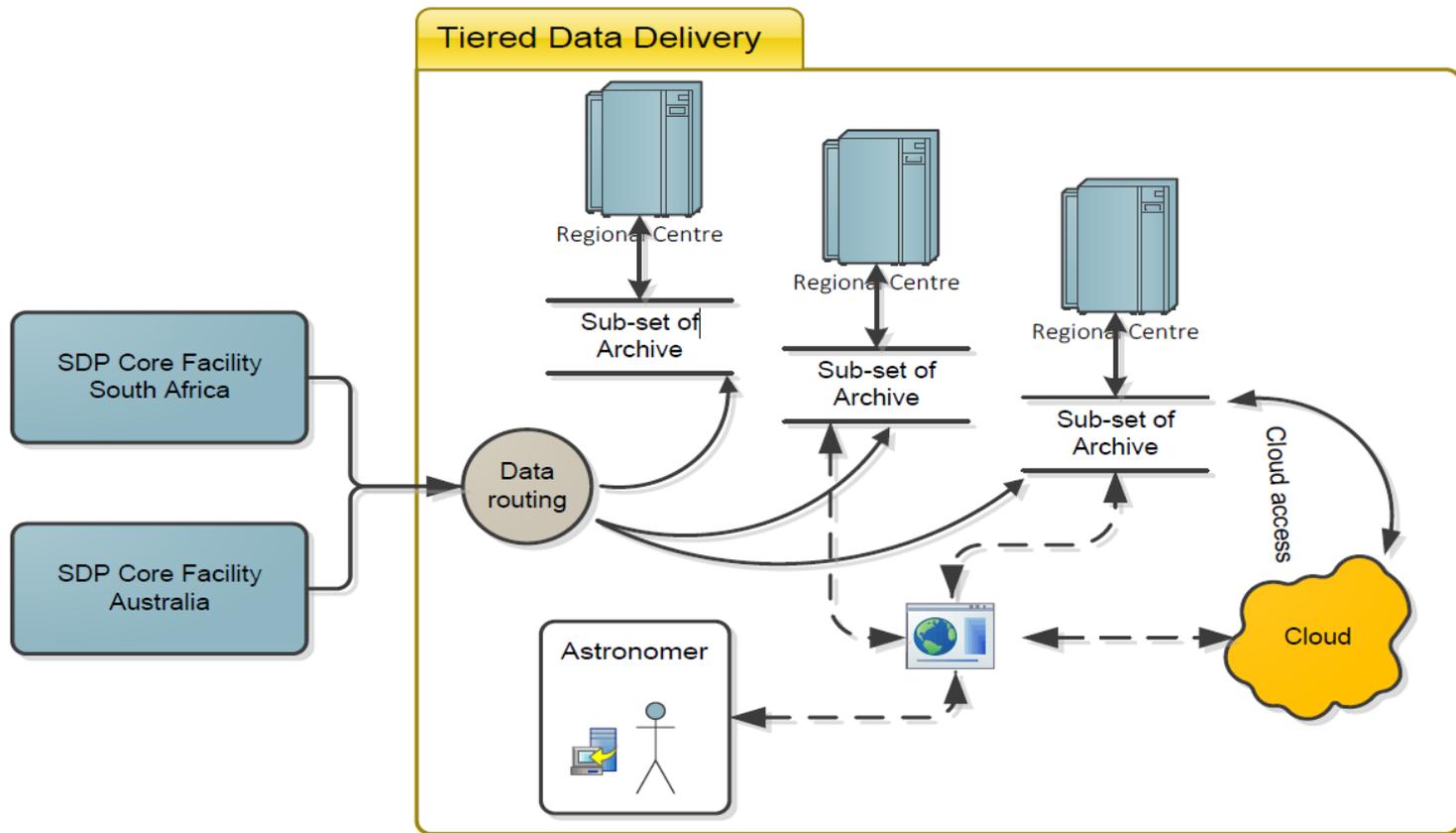


Figure 1: Schematic illustrating the connections between the proposed Regional Science & Data Centres and the SKA primary archive sites. Note the RSDCs are assumed to host subsets of the full SKA science archive.

Conclusioni

Nel VLBI:

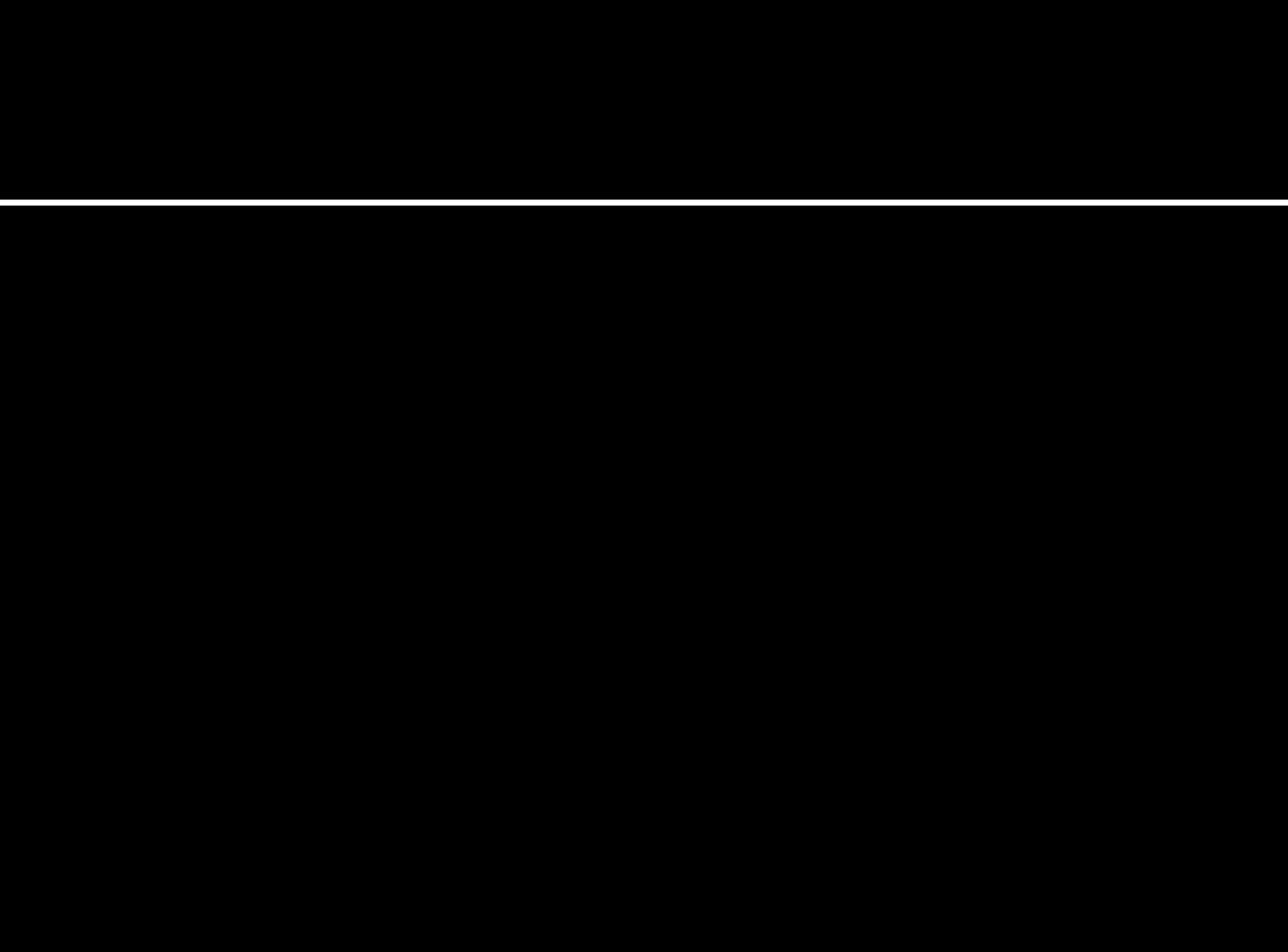
La Rete internazionale e' diventata parte costitutiva del radiotelescopio e supporta un traffico di 1-4Gbit/s per antenna ma solo durante le osservazioni.

In SKA:

La rete internazionale sara' chiamata a trasferire i dati dai radiotelescopi verso i Data Center con un traffico continuo dell'ordine di 10-100Gbit/s.

Lo Storage impegnera' gran parte delle risorse economiche dei Data Center e presenta criticita' da approfondire.

L'organizzazione ricalchera' il "modello CERN" articolato su Tier-1, Tier-2 ... per l'elaborazione. Comportera' un traffico "non continuativo" su reti ad almeno 100Gbit/s.



La Rete (lo Storage) e SKA

Total Monthly Cost

