

E–VLBI

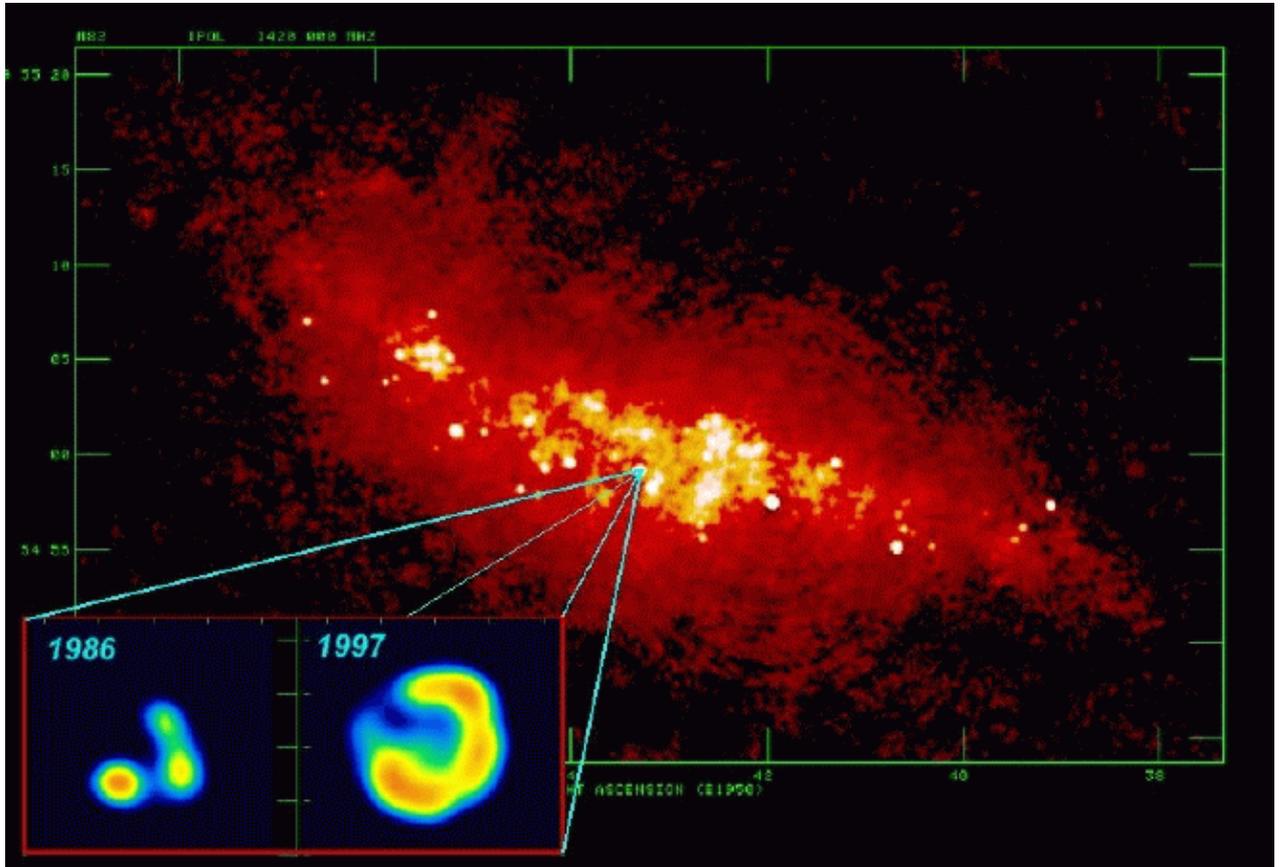
Reti di radiotelescopi e Rete a larga banda

(M.Nanni – CNR Ist. Radioastronomia)

- [La Radioastronomia](#)
- [VLBI Networks](#)
- [Come funziona il VLBI](#)
- [e–VLBI Nel mondo](#)
- [e–EVN: la rete europea](#)
- [La situazione in Italia](#)
- [Conclusioni](#)

La Radioastronomia

Studio degli oggetti astronomici che emettono onde radio e dei relativi processi fisici



Per effettuare le osservazioni vengono utilizzate grandi antenne: i radiotelescopi



Le caratteristiche principali che definiscono l'efficacia di un radiotelescopio sono:

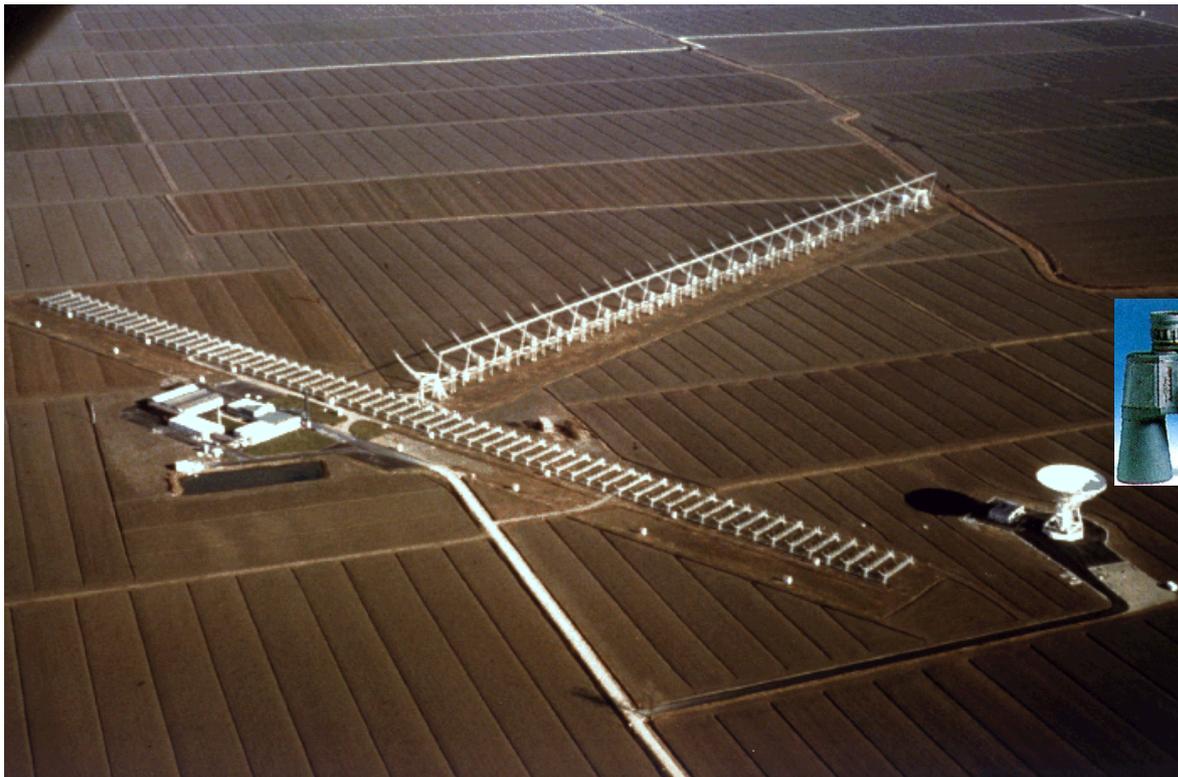
Sensibilita':

- Area della superficie che raccoglie il segnale (mq)
- Caratteristiche dello specchio
 - ◆ Precisione superficie / superfici attive
- Frequenza di lavoro (MHz – GHz)
- Larghezza della banda (KHz – MHz)
- Bonta' dei ricevitori (basso rumore)

Risoluzione:

- Frequenza di lavoro (MHz – GHz)
 - Diametro (dimensioni lineari) dello strumento
-

Nel caso dei radiotelescopi il problema della risoluzione e' particolarmente critico soprattutto quando li si confronta con le prestazioni dei telescopi ottici



Alla frequenza di lavoro di 408 MHz la **risoluzione** della "Croce del Nord" di Medicina, con antenne lunghe 560 metri, e' pari a quella di un binocolo da 4.5cm di diametro

La soluzione al problema di avere strumenti di "grande diametro" si e' trovata realizzando diverse antenne, collegate tra di loro, al fine di costituire un unico radiotelescopio. (interferometro)



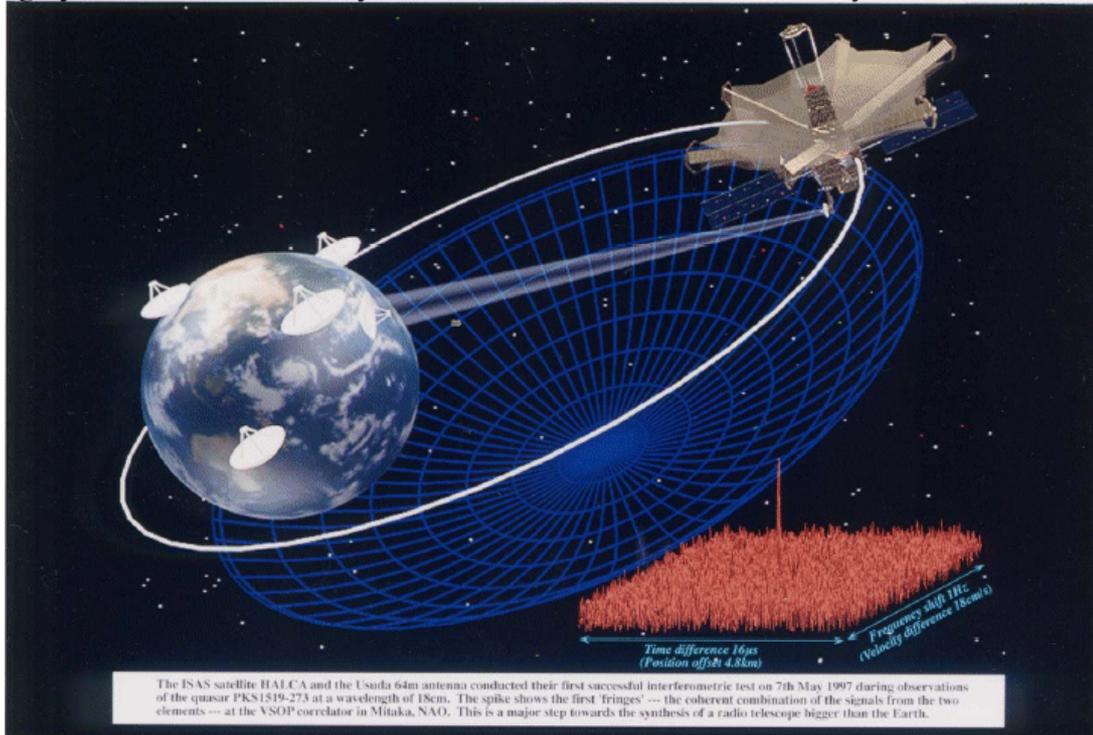
Avendo a disposizione "un po' di deserto" si possono realizzare radiotelescopi del diametro di decine di chilometri che hanno una risoluzione di alcuni primi d'arco.

Per ottenere una risoluzione ancora migliore e' necessario porre maggiore distanza tra le singole antenne. Questo si puo' ottenere con il "collegamento" di radiotelescopi che si trovano in

differenti paesi e continenti, realizzando quindi una [rete di antenne](#) che opera, durante le osservazioni, come uno strumento unico (tecnica VLBI).

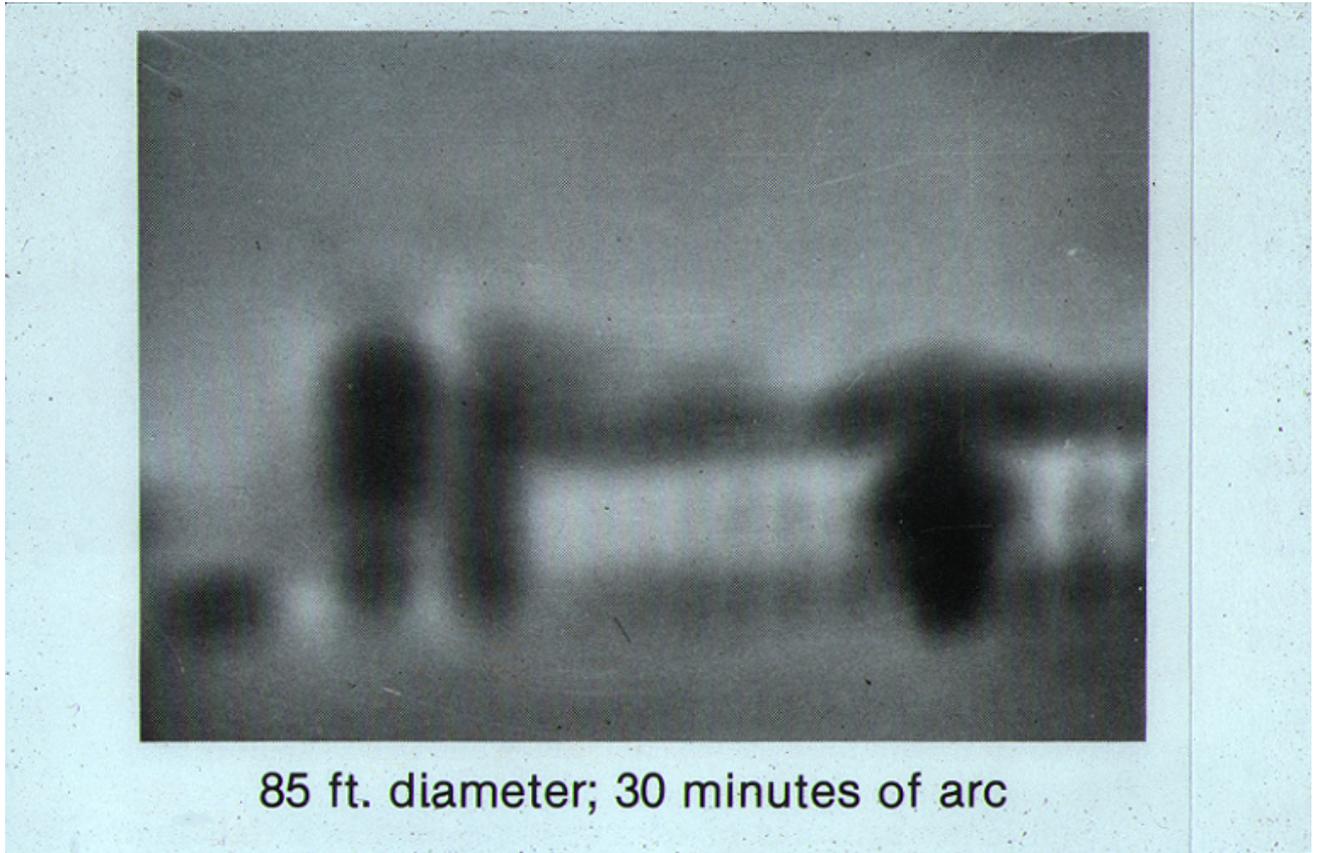
Con questa tecnica sono state condotte pure osservazioni utilizzando una antenna posta su satellite

VLBI Space Observatory Programme
HALCA and VSOP
Highly Advanced Laboratory for Communications and Astronomy

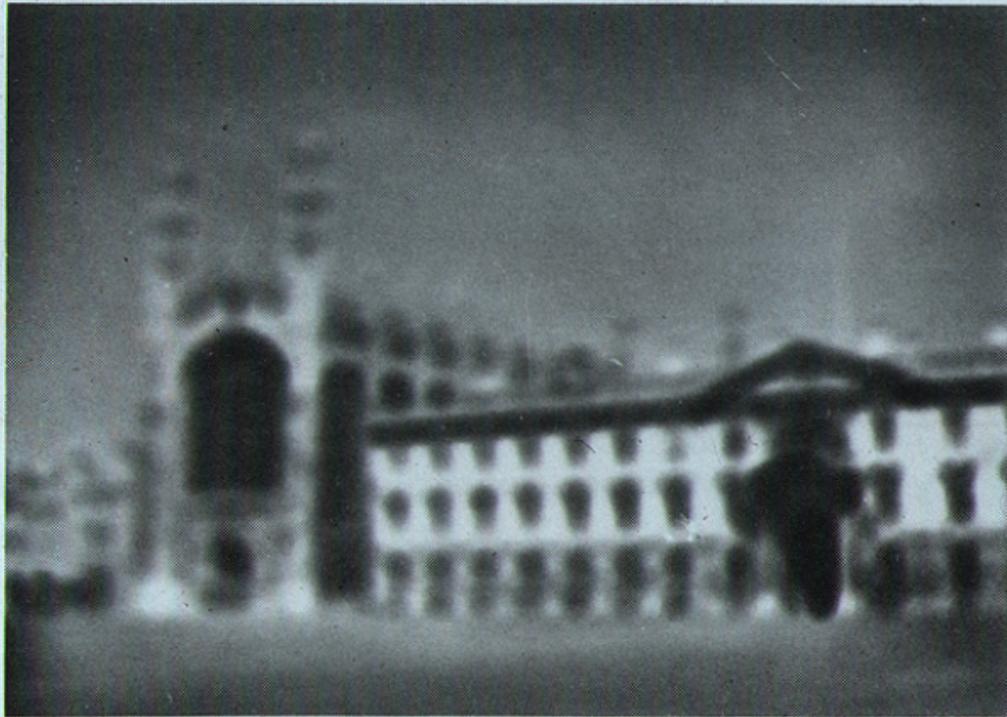


[next](#)

25 metri



75 metri



250 ft. diameter; 10 minutes of arc

1500 metri



1 mile diameter; 23 seconds of arc

[exit](#)

VLBI Networks

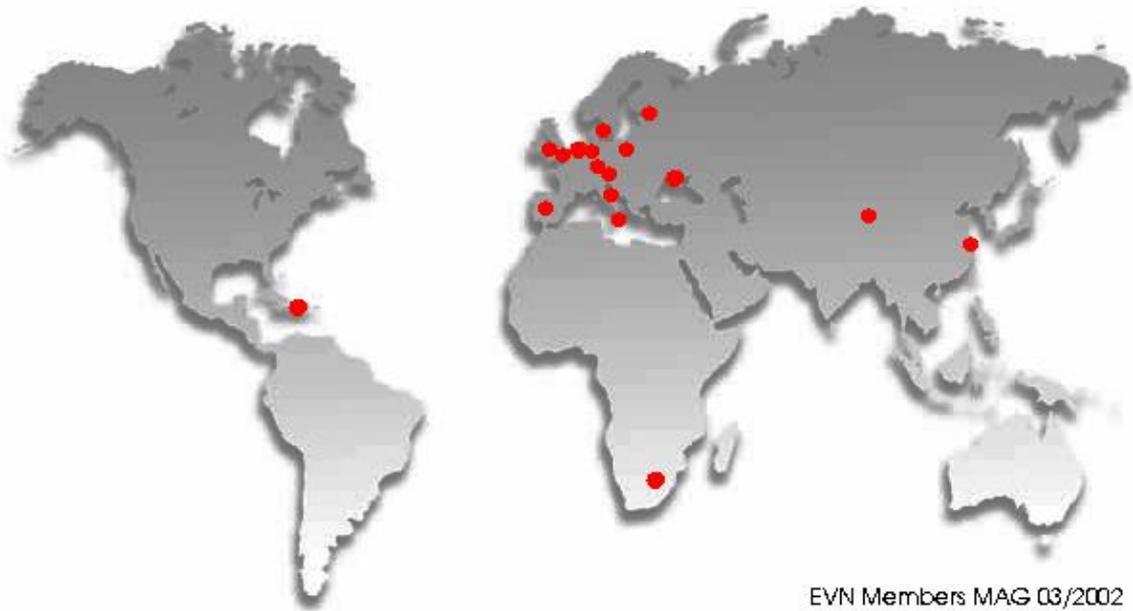
Esistono differenti reti VLBI che utilizzano i radiotelescopi posti nei diversi continenti:

- La rete americana **VLBA** utilizza il VLA e antenne costruite appositamente per le osservazioni interferometriche.
- La rete europea **EVN** nasce come consorzio tra osservatori che già disponevano di propri radiotelescopi.
- Vi sono numerose reti dedicate alla geodinamica

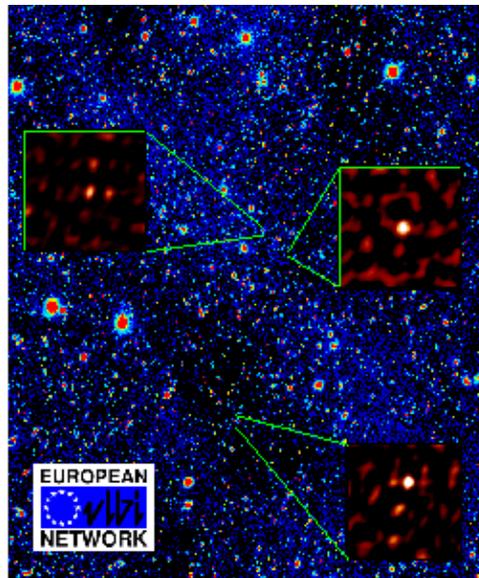
I singoli radiotelescopi possono partecipare di volta in volta a osservazioni sulle differenti reti.

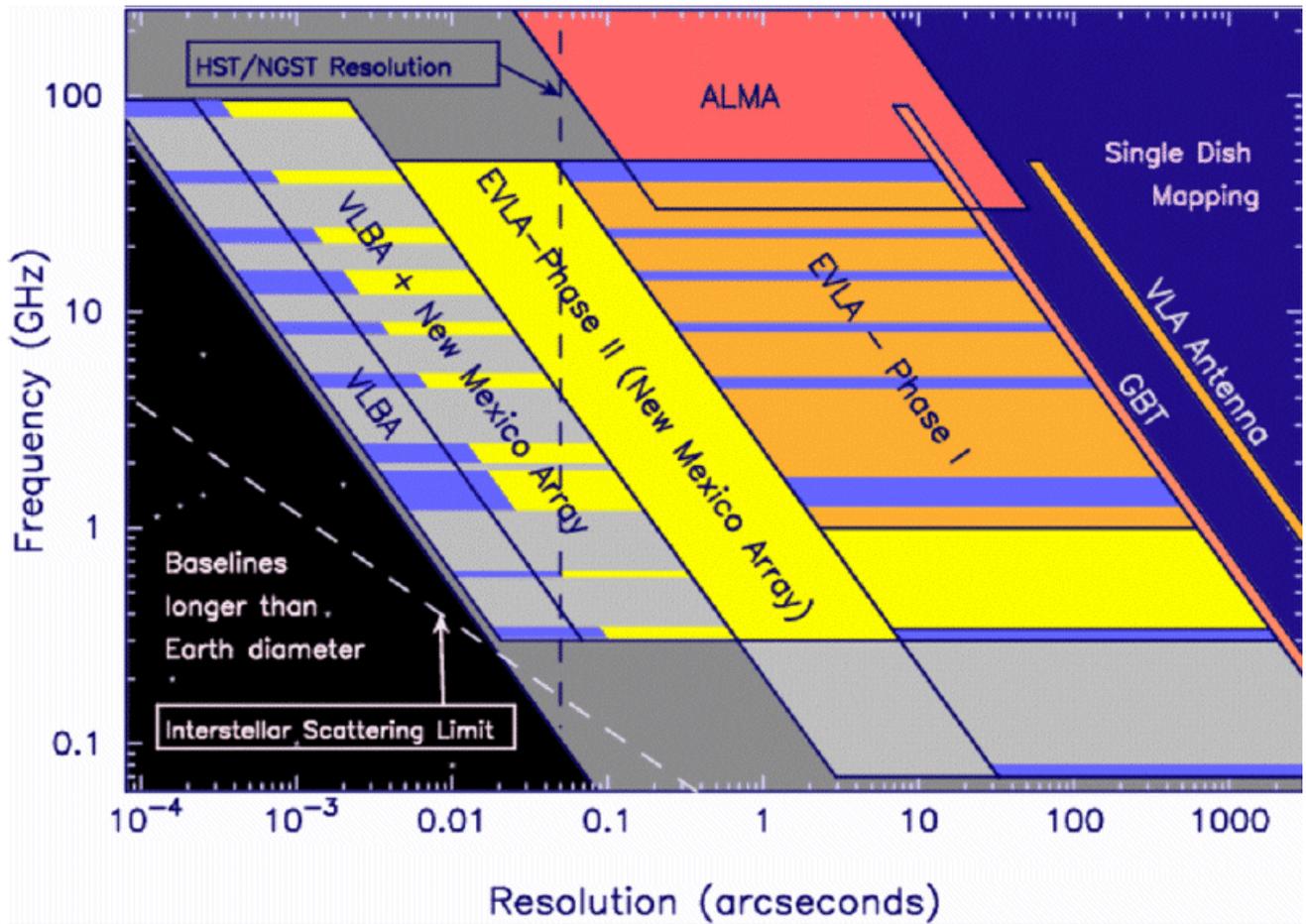


The EVN is a collaboration of the major Radio Astronomical Institutes in Europe & Asia, and performs high angular resolution observations of Cosmic radio sources. It is a large scale astronomical facility that is open to astronomers from all over Europe and the rest of the world.



Grazie alla tecnica del VLBI si possono oggi ottenere risoluzioni angolari intorno al **millesimo di secondo di arco**. Tali risoluzioni sono oggi superiori a quelle dei migliori telescopi ottici.

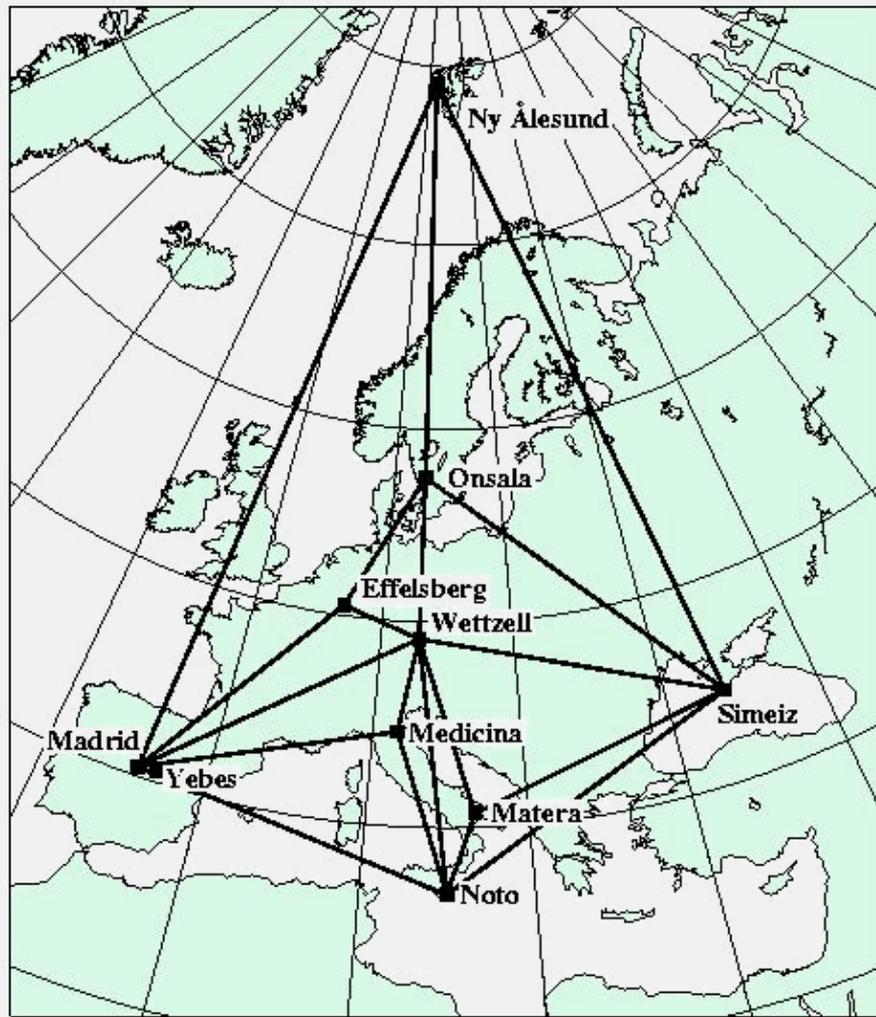




Geodinamica

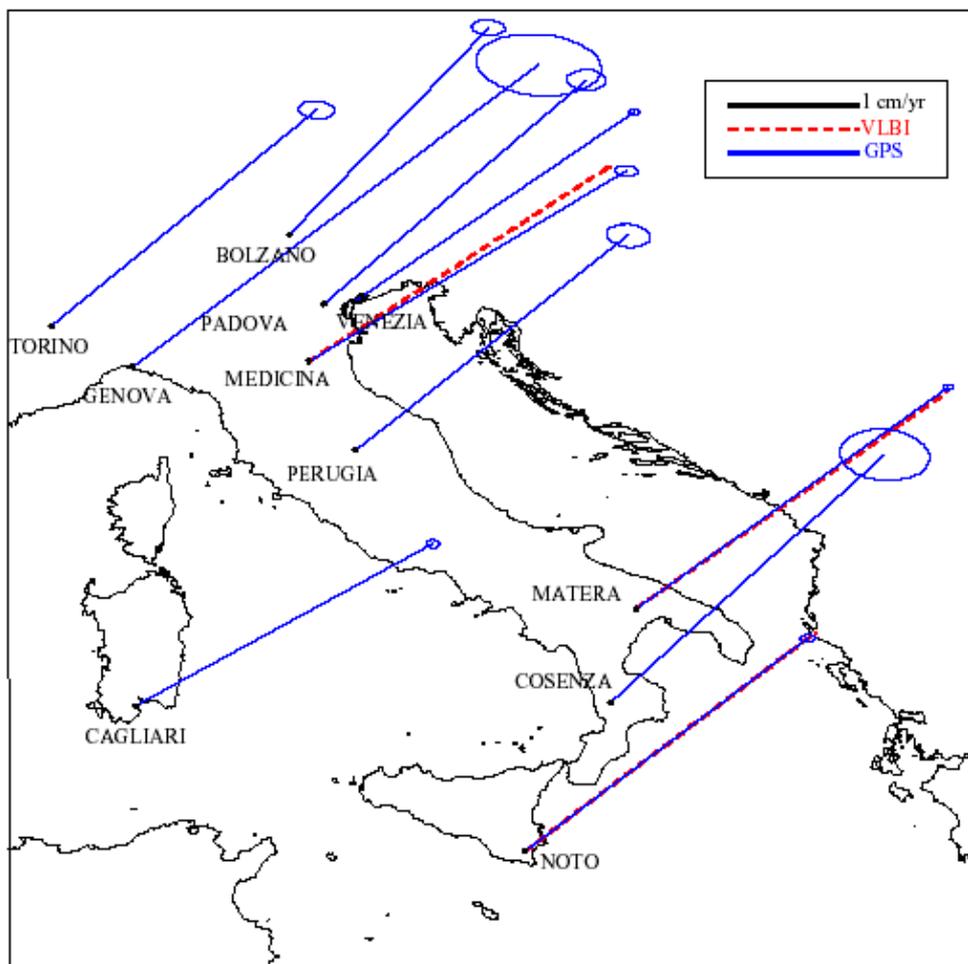
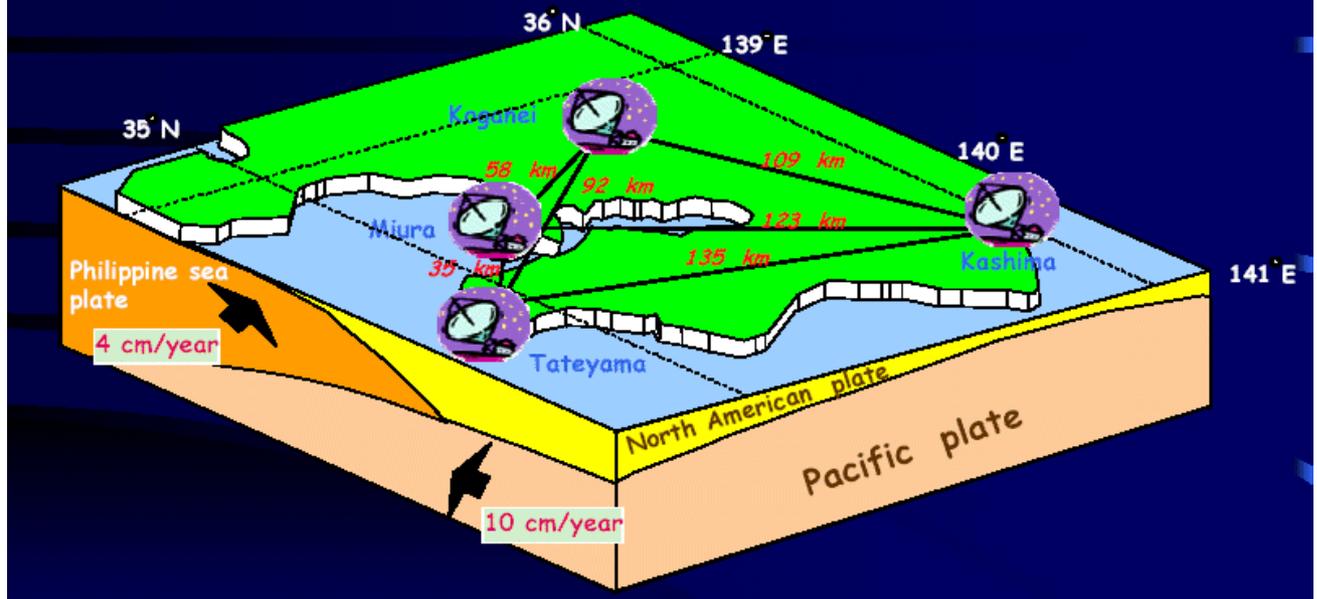
Conoscere con tanta precisione la posizione dei corpi celesti permette di misurare la posizione delle antenne sulla terra.

Le distanze relative dei radiotelescopi che partecipano ad un network sono oggi conosciute con precisioni millimetriche.



Questo permette di studiare la variazione di tali distanze nel tempo e di conoscere quindi come si stanno muovendo le piattaforme continentali.

KSP Measurement Sites in Tokyo Area

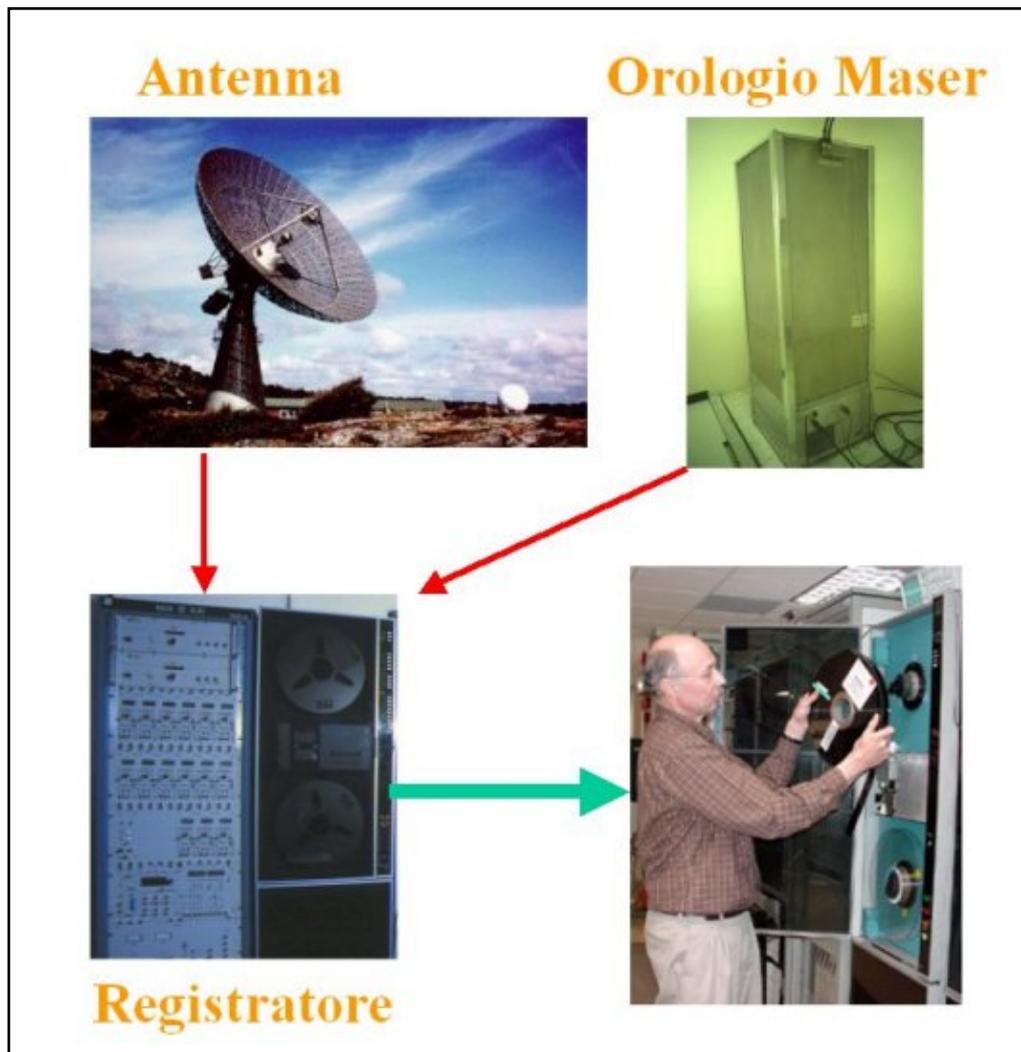


Come funziona il VLBI

Aspetti tecnici ed organizzativi

Come funziona una rete di radiotelescopi ?

I dati, provenienti dall'antenna, vengono registrati su nastri da un pollice assieme a "marcatempi" forniti da un orologio maser ad altissima precisione.



I nastri vengono quindi inviati al centro di correlazione dove tutti i supporti relativi ad una singola osservazione, provenienti dalle differenti antenne, sono processati in parallelo per ricostruire il "radiotelescopio virtuale" predisposto per l'esperimento.



Joint Institute
for VLBI
in Europe



Registrazione e trasporto dei dati:

Ora in uso: registratori e nastri **Mark-IV**



Velocita' di registrazione 128 – 256
Mbit/sec **(Banda osservativa limitata a
64–128 MHz !)**

Capacita' 0.7 TeraByte **(pari a 4–12 ore di
osservazione)**

In corso il passaggio a sistema **Mark-V**

	<p>16 Dischi IDE/ATA da 120GBy [200GBy] Linux system</p> <p>Velocita' acquisizione fino a 1 Gbit/sec (banda osservativa fino a 512MHz)</p> <p>Capacita' 1.9 [3.2] TeraByte (pari a 4.2 [7] ore di osservazione)</p>
---	--

I nastri o i dischi vengono inviati al correlatore mezzo corriere:

Problemi e limiti di questa modalita' operativa:

•

Tempo

- ◆ Trasferimento dei nastri/dischi via corriere (2–5 giorni)
- ◆ **Tempi di correlazione** (tutti i nastri a disposizione !):
 - ◇ 7 giorni per i calibratori ed urgenze
 - ◇ 2 mesi per osservazioni standard
- ◆ Il ricercatore vede trascorrere un anno tra la "proposal" e dati.

•

Flessibilita'/Affidabilita'

- ◆ **Non e' possibile alcuna verifica** sulla coerenza delle antenne del network
- ◆ Errori facilmente risolvibili vengono scoperti solo in fase di correlazione (polarita', puntamenti)
- ◆ Difficile organizzare una osservazione su un evento imprevisto
- ◆ Lenta evoluzione degli apparati rispetto ai prodotti di mercato

•

Costi

- ◆ Sistemi di registrazione in gran parte autocostruiti
 - ◆ Nastri, trasporti, e relativa organizzazione
 - ◆ **Presenza di staff osservative in tutte le stazioni**
 - ◇ Turni di servizio 7 giorni su 7 – 24 ore su 24 durante i run
 - ◇ Sottrazione di tempo a tecnici e ricercatori
 - ◆ **Altissimi costi di costruzione dei correlatori.**
 - ◆ Gestione delle schedule e dei nastri al correlatore.
-

**Run EVN (15 – 20 giorni continuativi) 3 volte
anno**

**Monitoraggi Geodinamici (24 ore 2 volte al
mese)**

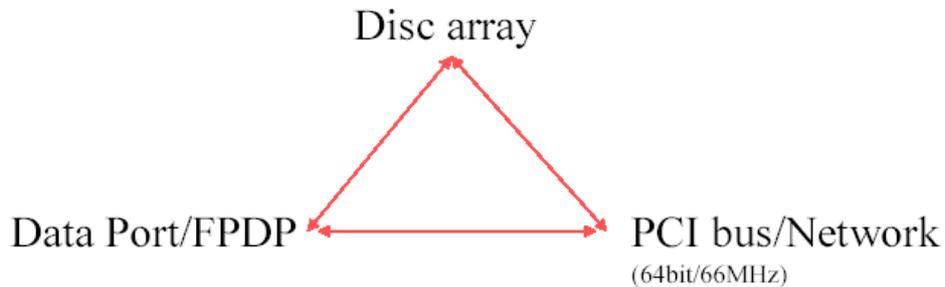
Per risolvere questi problemi si e' sempre prestato grande attenzione alle [reti telematiche](#)

Mark 5 Prototype Unit



Mark 5 e-VLBI Connectivity

- Mark 5 supports a triangle of connectivity for e-VLBI requirements



Mark 5 can support several possible e-VLBI modes:

- e-VLBI data buffer (first to Disc Array, then to Network); vice versa
- Direct e-VLBI (Data Port directly to Network); vice versa
- Data Port simultaneously to Disc Array and Network at ~800 Mbps

E-Vlbi

Le reti telematiche già oggi costituiscono una importante risorsa per il VLBI permettendo:

- **Coordinamento** real time durante le osservazioni (Mail)
- **Invio e sincronizzazione delle schedule** (Mail, FTP)
- **Diagnostica e controllo remoto** (telnet e applicazioni X)
- **Verifica di anomalie** con l'invio di brevissimi frame di dati (FTP) (Correlatore comunque impegnato smaltire i dati del run precedente)

Fino a pochi anni fa' le velocità delle reti non permetteva invece la trasmissione dei dati in quanto erano richieste bande trasmissive di almeno 128 Mbit/sec per antenna.

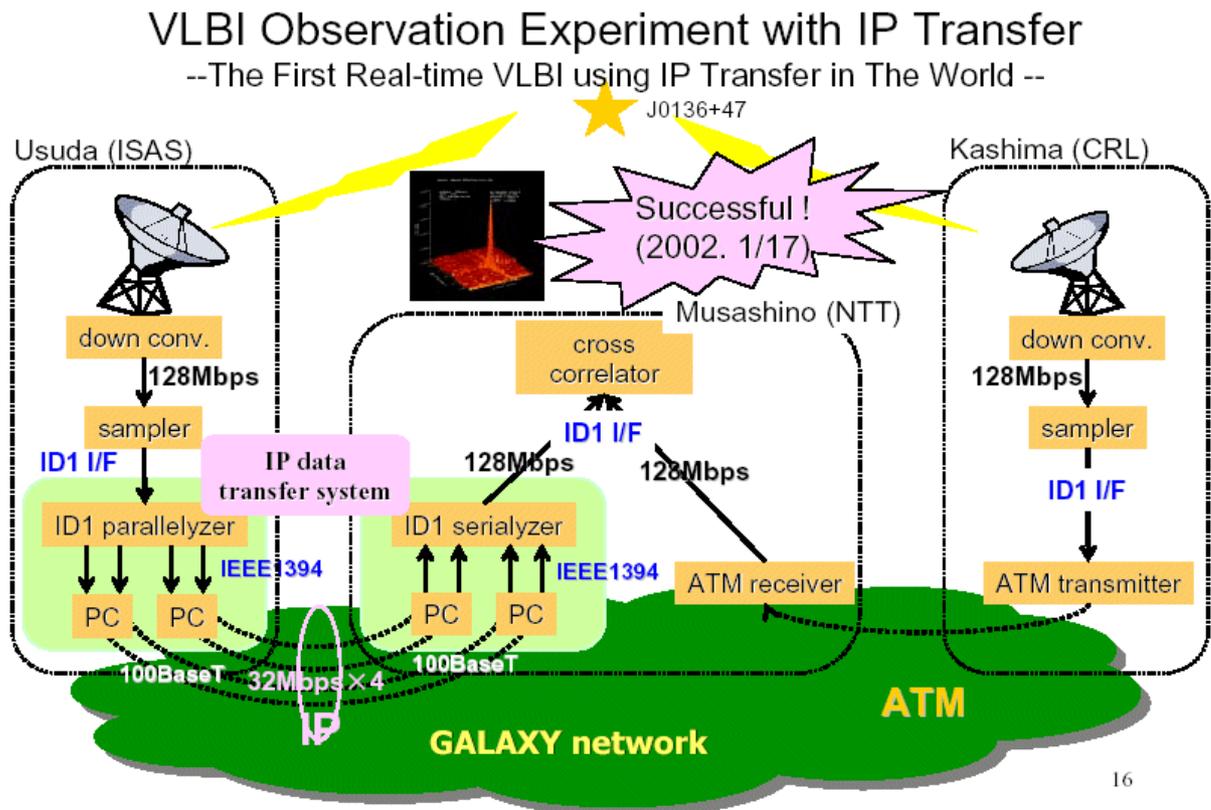
Il rapidissimo aumento della velocità sulla lunga distanza permette oggi di valutare soluzioni basate sulla rete; si sta iniziando a progettare il E-Vlbi.

([HAYSTACK Aprile 2002](#))

Giappone

- Forte rapporto tra Radioastronomia, Geodinamica ed industria
- Studi sulle previsione terremoti da deformazione crosta terrestre (misurata anche con variazione distanza antenne)

Prima correlazione real time con banda di 128 Mbit/sec



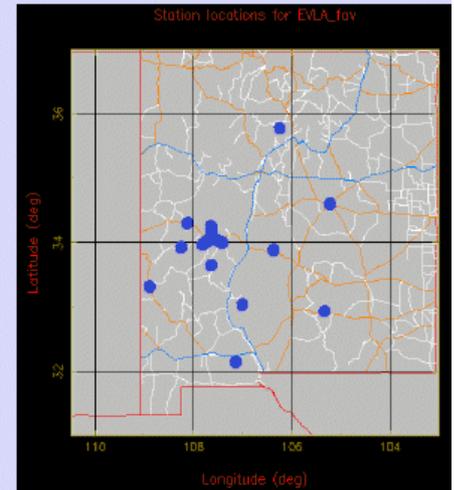
Contano di realizzare un anello in fibra ottica sulla rete della ricerca Super-Sinet su cui eseguire anche una correlazione distribuita con sistemi Linux



NEW MEXICO ARRAY



- Extend the VLA resolution by a factor of 10.
 - Part of the EVLA completion phase
 - This phase of the EVLA project is not yet funded
- About 8 new antennas with baselines 35-350 km.
 - Will also use the VLBA LA and PT antennas.
- Will use telephone company fibers
 - Small rural companies – several
 - May lease just fiber. NRAO to provide regenerators etc. Cost appears to be reasonable.
- Will need 16 Sonet OC192 channels for 96 Gbps plus overhead.
 - Will not need the high availability and low error rates required by most internet users
- Technology may be appropriate for VLBI

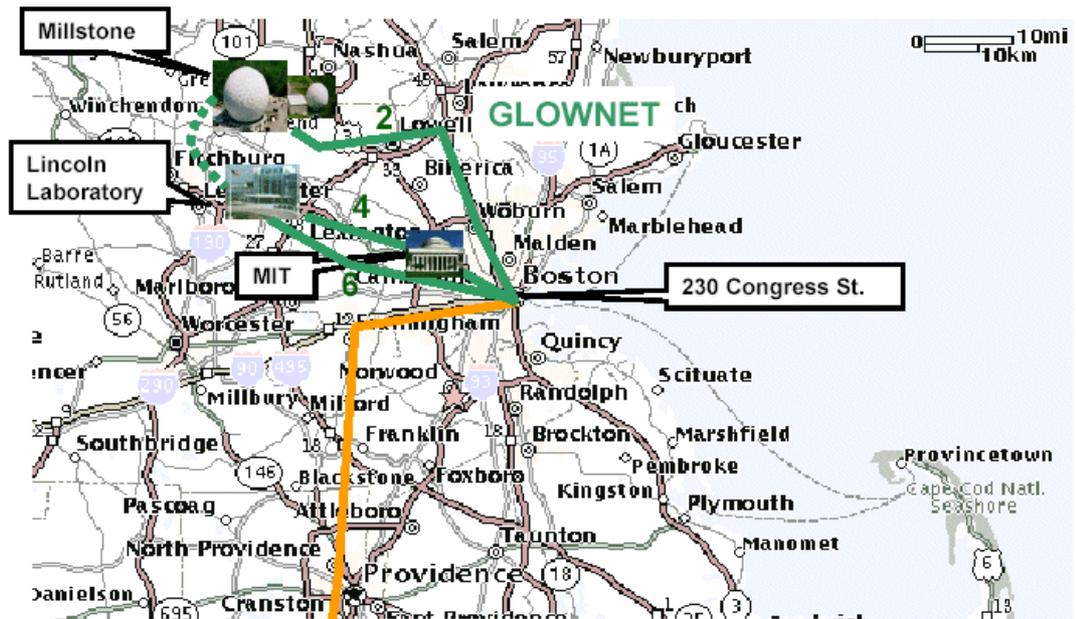


eVLBI April 2002

Craig Walker

Sono in corso esperimenti di trasmissione MarkV/correlatore a 1 Gbit su lunga distanza attraverso le reti pubbliche e/o scientifiche e studi sull' efficienza dei protocolli basati su IP.

GLOWNET: Gigabit Lincoln Optical WDM Network



4 ↓ Bossnet to Washington D.C.

Bossnet: Boston South Optical Network

Required Data Transmission Characteristics for eVLBI

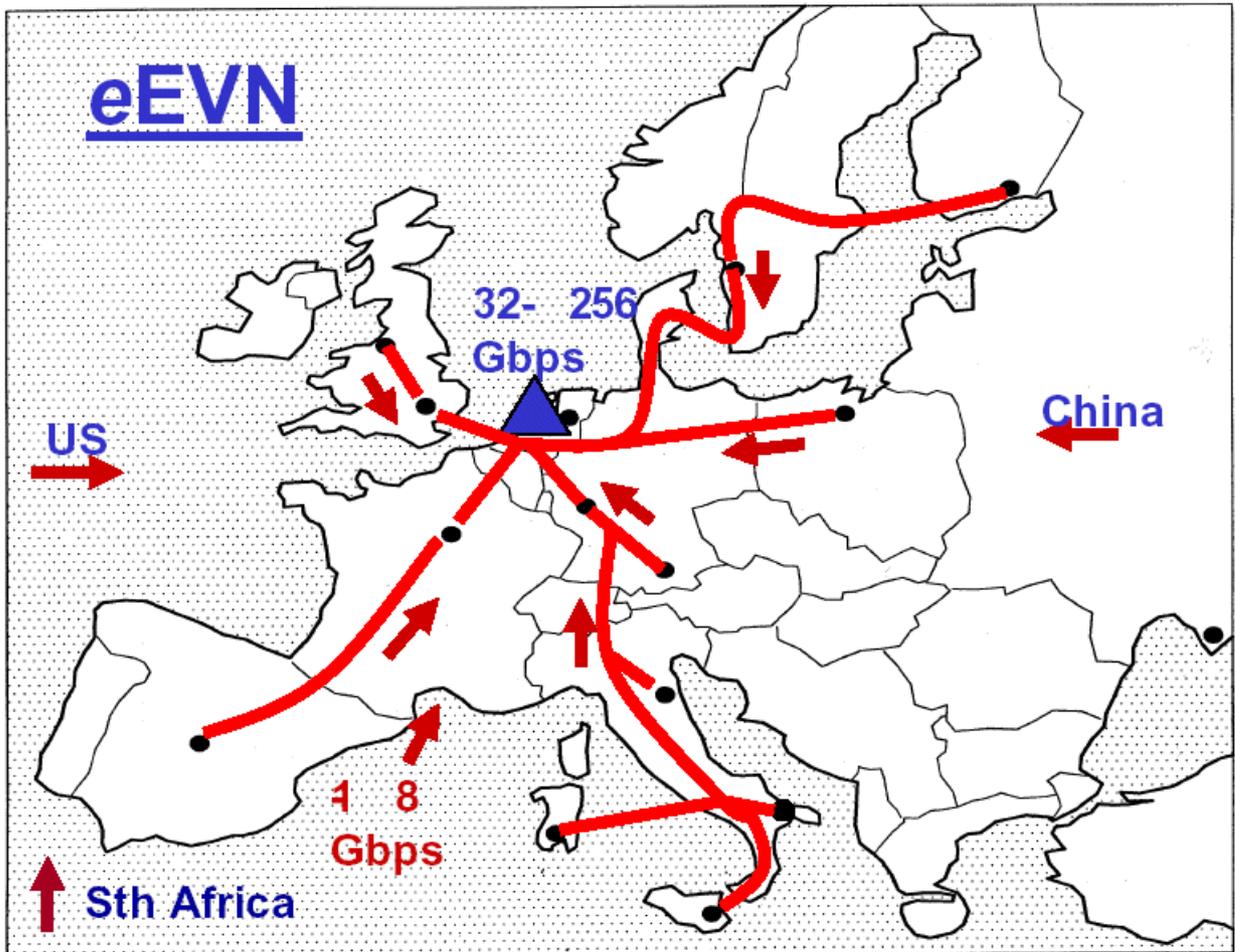


- **S1:**
 - continuous (many minutes) and fixed rate
 - 32×10^6 samples/sec x 32 bits/sample ~ 1 Gbps
 - uncompressable
 - framed or unframed
- **S2:**
 - S1 + delta t
 - < 1% drop rate
- **Network:**
 - datagrams can be dropped
 - datagrams can arrive out of order
 - datagrams can be duplicated
 - datagrams can be delayed

[E in europa ?](#)

e-EVN

Con GEANT le dorsali stanno rapidamente raggiungendo prestazioni tali da essere compatibili con le esigenze del E-Vlbi



La rete radioastronomica europea sta quindi valutando seriamente il problema di attrezzarsi per sfruttare le opportunita' offerte dalla larga banda.

Esiste un pressante problema di "Ultimo Miglio"

soprattutto in Italia !

I Radiotelescopi in Italia

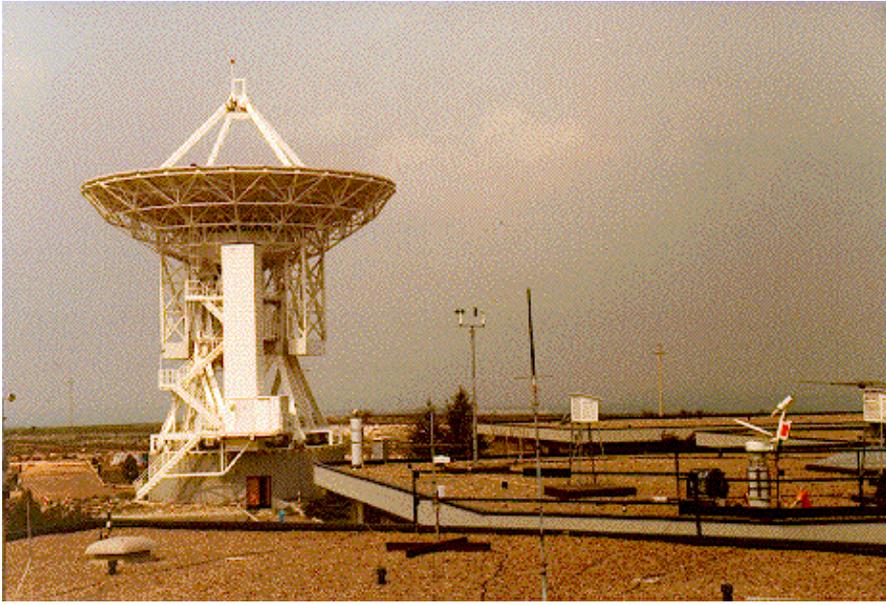
Nel nostro paese attualmente operano 3 radiotelescopi, un quarto (SRT) e' in costruzione in Sardegna



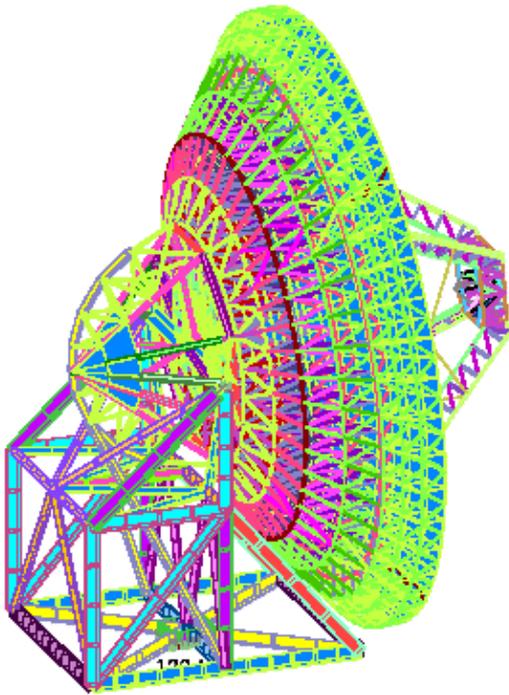
Medicina – CNR (32m)



Noto – CNR (32m)



Matera – ASI (24m)



SRT CNR/ASI (64m)

Gli strumenti italiani costituiscono quindi il 30% della rete europea

Quando verra' terminato **SRT** (2005–2006) sara' il piu' efficiente strumento per le osservazioni alle medie e alte frequenze in europa.

I radiotelescopi sono stati costruiti lontani dai grandi centri urbani per evitare, per quanto possibile, fonti di disturbi radio. In Italia in particolare le antenne sono molto distanti dalle citta' dove sono presenti i POP Garr.

Location	distance	NREN	status	timescale	bandwidth
JIVE(NL)	16 Km	SURFnet	approved	Aug 02	2x1 Gbps
e-Merlin (UK)	10 Km	under invest.	approved		
Westerbork (NL)	few	SURFnet	not yet appr.		
Metsahovi(FI)	6 Km	FUNET	to be ordered	3 mounth	1,2.5Gbps
Medicina (IT)	35 Km	GARR-B	under study		
Noto (IT)	90 Km	GARR-B			
Matera (IT)	65 Km	GARR-B			
SRT(IT)	45 Km	GARR-B			
Effelsberg (DE)	10 Km				
Onsala(SE)	10 Km	SUNET			
Yebes(ES)	70 Km	Rediris	under study		
Torun (PL)	0 Km		in place		155-->622M
Shanghai(Cina)					
Urumpi(Cina)					

Stima dei costi di una soluzione che prevede la posa delle fibre:

Esempio Bologna–|Medicina:

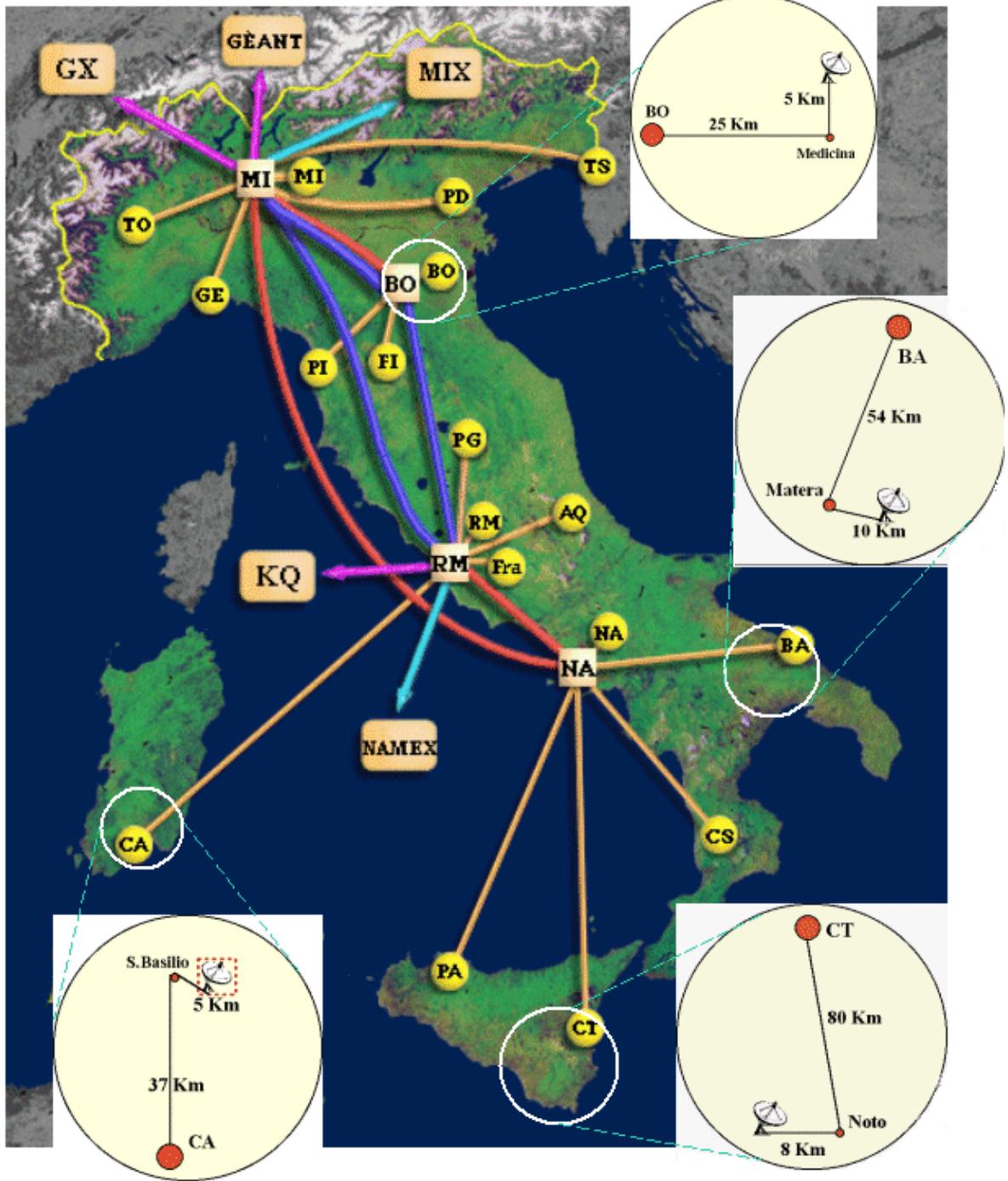
Descrizione	Costo	Quantita'	Costi in KEuro
Apparati attivi	50.000	2 sedi	100
Fibra (24 capi)	2.000E/Km	35 Km	70
Posa in opera	25.000E/Km	35 Km	875
Totale			1.045

La cifra totale per collegare a Garr-G le 4 antenne viene stimata intorno a 7-8 M Euro

Si sta valutando la possibilita' di trovare soluzioni che si integrino con progetti locali: cablaggi da parte di provider, "piani telematici regionali per l' E-governament" etc.

Si considera molto importante riuscire ad avere in tempi brevi almeno una antenna in rete per partecipare alle prime sperimentazioni dell' E-Evn !

[Conclusioni](#)



[Ritorna](#)

Concludendo:

Portare le antenne sulla larga banda significa:

- Incrementare notevolmente l'affidabilità della rete osservativa
- Poter aumentare la banda di acquisizione dei ricevitori (**sensibilità !!**) in funzione dell'evoluzione delle reti telematiche.
 - ♦ **EVN Oggi:** banda da 128 MHz, 6cm, 12 ore, sensibilità = **29 uJy/beam**
 - ♦ **E-EVN Futuro:** con SRT e banda da 2 GHz, 6-cm, 12 ore sensibilità = **0.7 uJy/beam**
- Minori costi degli apparati di registrazione e per la gestione delle osservazioni
- Controllo remoto dei nodi della rete con feed-back sulle osservazioni in corso.
- Possibilità di utilizzare strumenti (quali spettrometri, polarimetri, Seti-serendip) collegandoli alle antenne che hanno, al momento, le migliori condizioni meteo.
- Monitoraggi geodinamici in tempo reale (sismica ?)
- Monitoraggi e studi sull'atmosfera

Interferometro Nazionale:

- Con le attuali tecnologie e' pensabile realizzare un correlatore per 4 stazioni (cluster linux) a costi accessibili
- Le antenne italiane presentano baseline di 900 Km in N-S e 650 in E-W che possono risultare molto competitive in alcune applicazioni astronomiche e geofisiche
- Potrebbe essere gestito con controllo remoto da qualunque stazione

Ultima buona ragione per darci da fare:

**Se entro 5 anni non saremo in grado di collegare
le nostre antenne sulla rete a larga banda
rischiamo di rimanere esclusi dai Network
Radioastronomici e Geodinamici !!!!**