

# L'evoluzione dell' e-VLBI

**Mauro Nanni - Giuseppe Maccaferri**

Istituto di Radioastronomia - Bologna

**Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF)**

# Per avere un buon radiotelescopio

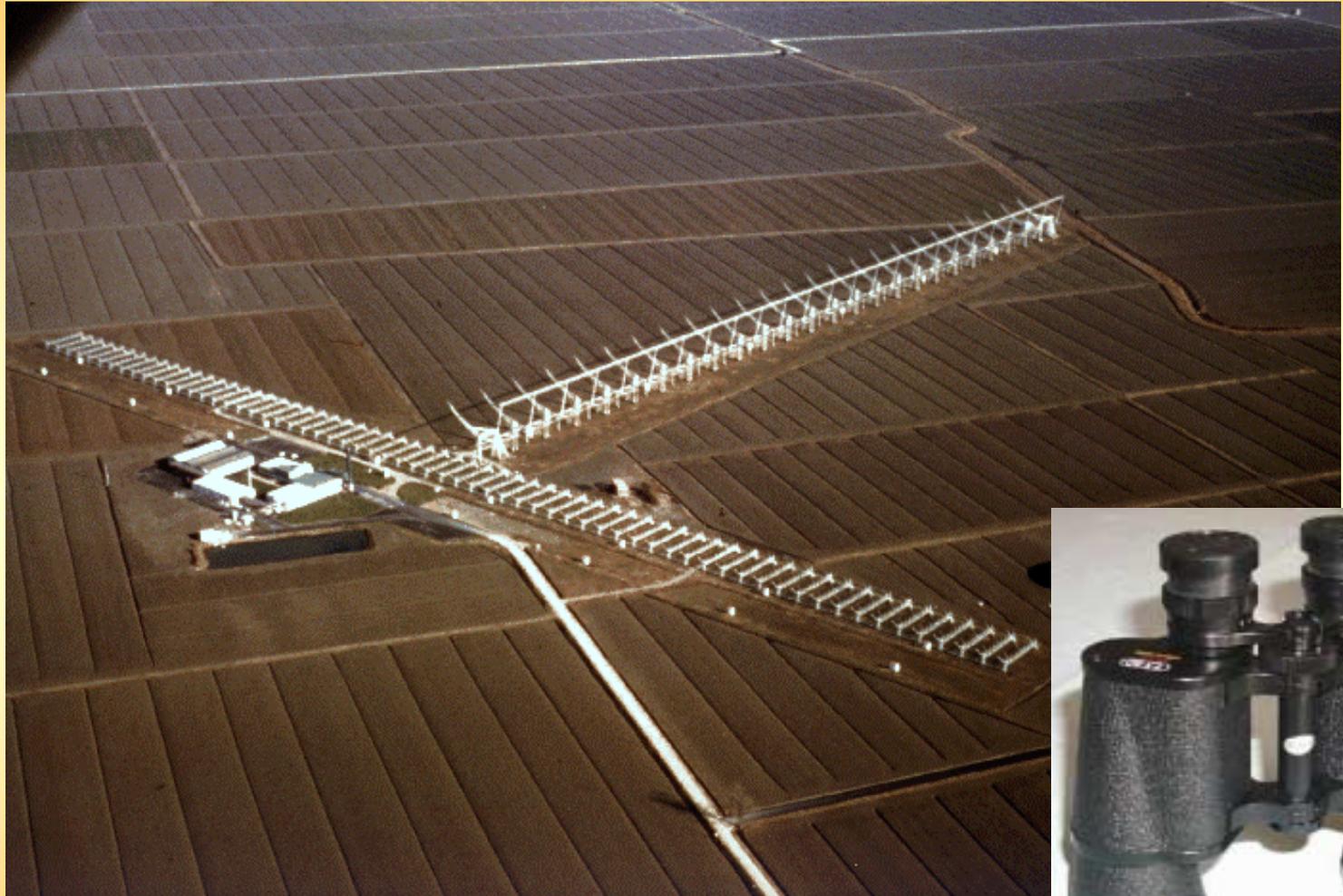
**Sensibilità** = capacità di rivelare segnali deboli.  
Aumenta con la superficie di raccolta, cioè è  
proporzionale a  $D^2$  ( $D = \text{Diametro}$ ).

**Risoluzione** = Capacità di distinguere oggetti vicini tra  
loro. Aumenta con  $D/\lambda$  ( $\lambda = \text{Lunghezza d'onda}$ )

Le lunghezze d'onda radio sono milioni di volte più  
lunghe di quelle ottiche:

sono necessari strumenti con diametri  
estremamente grandi per ottenere lo stesso potere  
risolutivo dei telescopi ottici.

ad esempio .....



Alla frequenza di lavoro di 408 MHz la **risoluzione** dell'antenna di 560 metri e' pari a quella di un binocolo da 4.5cm di diametro

Per costruire radiotelescopi di "grande diametro" si possono collegare diverse antenne, che funzionano come un unico strumento.



Su distanze di alcune  
centinaia di metri .....

..... di una decina di  
chilometri .....



..... oppure di migliaia di chilometri come nel caso del VLBI  
(Interferomtria su lunghissima base )



Con questa tecnica si possono ottenere risoluzione dell'ordine del  
**millesimo di secondo d'arco**

# Collegare tra loro diverse antenne distanti migliaia di chilometri

- Registrare il segnale ricevuto da ogni antenna
- Introdurre dei marcatempo ad altissima precisione
- Trasportare i dati registrati in un **centro**
- Sincronizzare le differenti osservazioni

## Correlatore Jive:

un supercomputer dedicato alla  
sincronizzazione dei dati



# Registrazione e trasporto dei dati

**Quanti dati produce una antenna ?** 64 - 128 ....1024 .. Mbit/sec

Piu' larga e' la banda, migliore e' la sensibilita'

Ma diventa un problema registrare la grande quantita' di dati.

## Registratore MARK IV

Velocita' di registrazione 128 - 256 Mbit/sec

Capacita' 0.7 TeraByte

Pari a 4 - 12 ore di osservazione



# Il MARK V Dai Nastri ai Dischi

MARK V (Sistema PC Linux con scheda dedicata)

Dischi magnetici standard IDE da 200 GigaByte

Velocita' di registrazione 128 - 512 Mbit/s

Capacita' 3.2 TeraByte

Pari a 7 ore di osservazione

Mark 5 Prototype Unit



# Vlbi: criticita' della correlazione

- **Tempo (tutti i nastri/dischi a disposizione)**
  - ❖ Da pochi giorni (raramente) a mesi per la correlazione
  - ❖ Trascorre un anno tra la "proposal" e la disponibilità dei risultati
- **Flessibilità/Affidabilità**
  - ❖ Non è possibile alcuna verifica sulla coerenza delle antenne del network, inclusi errori rilevati solo in fase di correlazione (polarità, puntamenti )
  - ❖ Difficile organizzare osservazioni impreviste (Target of Opportunity)
  - ❖ Lenta evoluzione degli apparati rispetto ai prodotti di mercato
- **Costi**
  - ❖ Sistemi di registrazione in gran parte autocostruiti
  - ❖ Nastri, trasporti, e relativa organizzazione
  - ❖ Gestione delle schedule e dei nastri al correlatore.

# Verso l'e-VLBI

Dal 2000 le reti telematiche della ricerca iniziano a dotarsi di dorsali da 2.5 e 10 Gigabit/sec

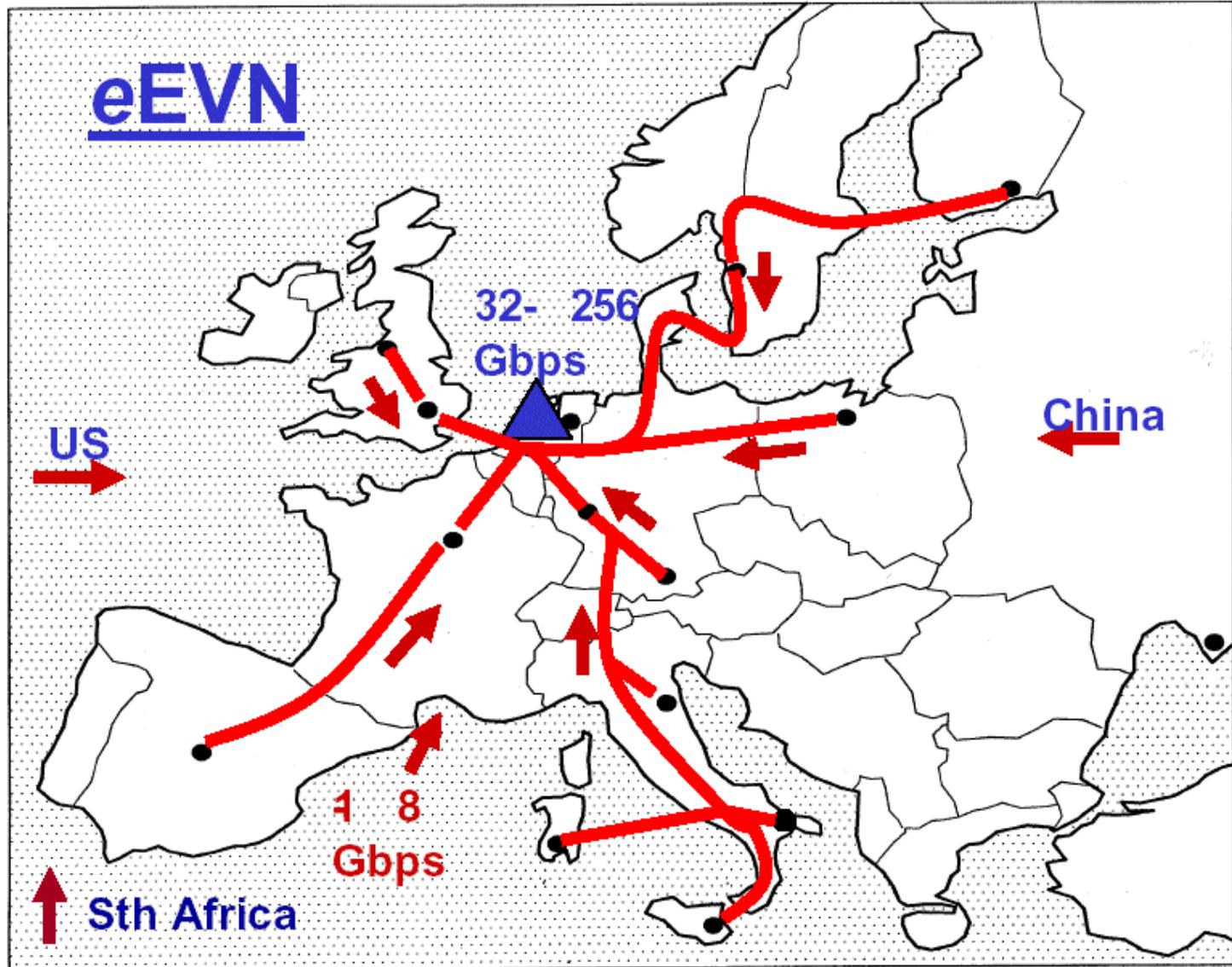
Cominciano ad essere interessanti per il VLBI su scala continentale

**Si progetta di costruire la rete E-VLBI che permetta una correlazione in tempo reale alla velocità di 1 Gigabit/sec**

.....

**In Giappone la prima correlazione in rete in tempo reale è' del Gennaio 2002 (velocità' 128 Mbit/sec)**

# In Europa: .....da un incontro al Cern nel Febbraio 2001



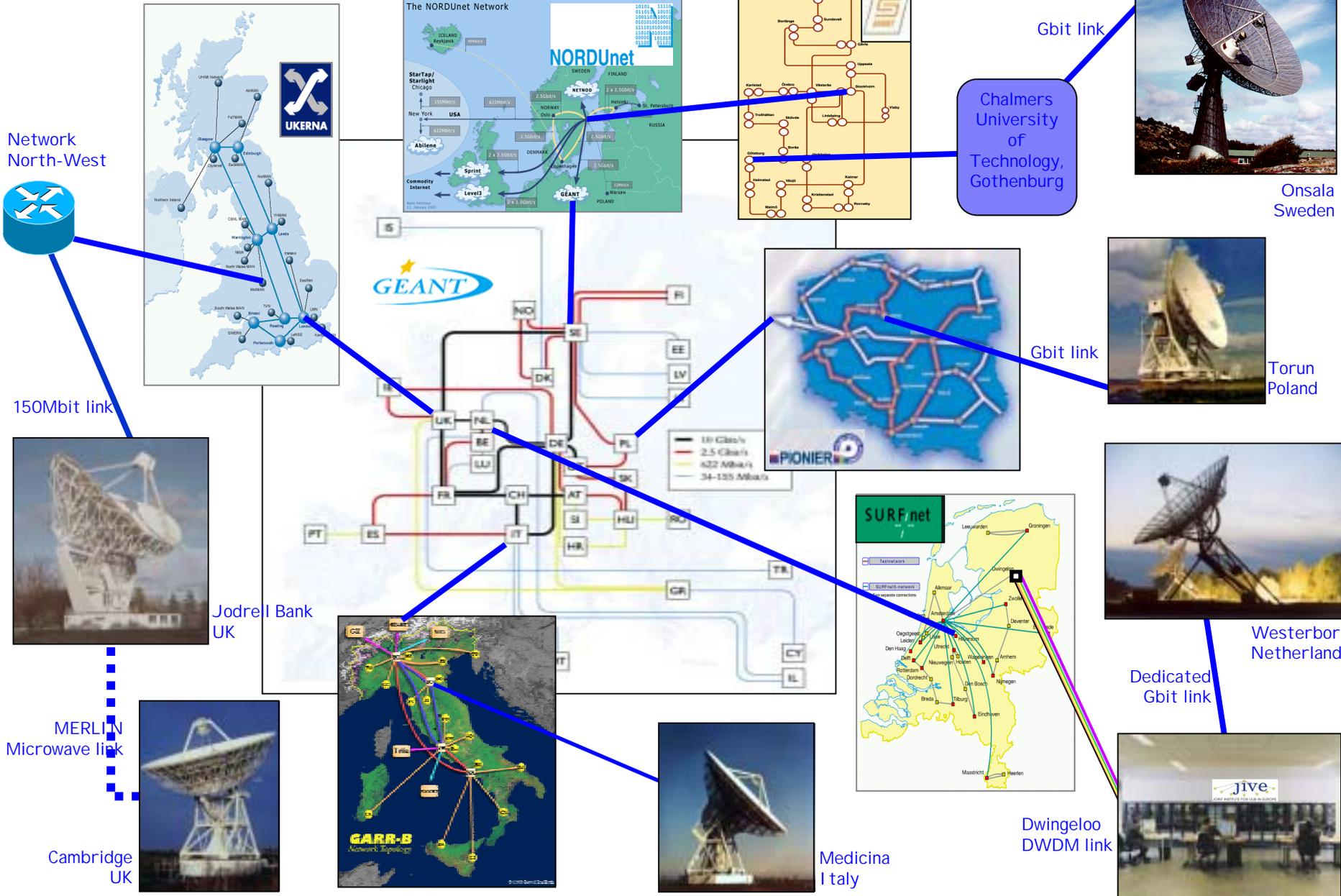
# eVLBI Proof-of-Concept Project

- DANTE/GÉANT
- SURFnet
- GARR
- UKERNA
- PSNC, PIONIER
- DFN
- SUNET/NORDUnet
- Manchester University
- JIVE
- Westerbork telescope
- Onsala Space Observatory
- MRO
- MPI FR
- Jodrell Bank
- TCfA
- CNR IRA

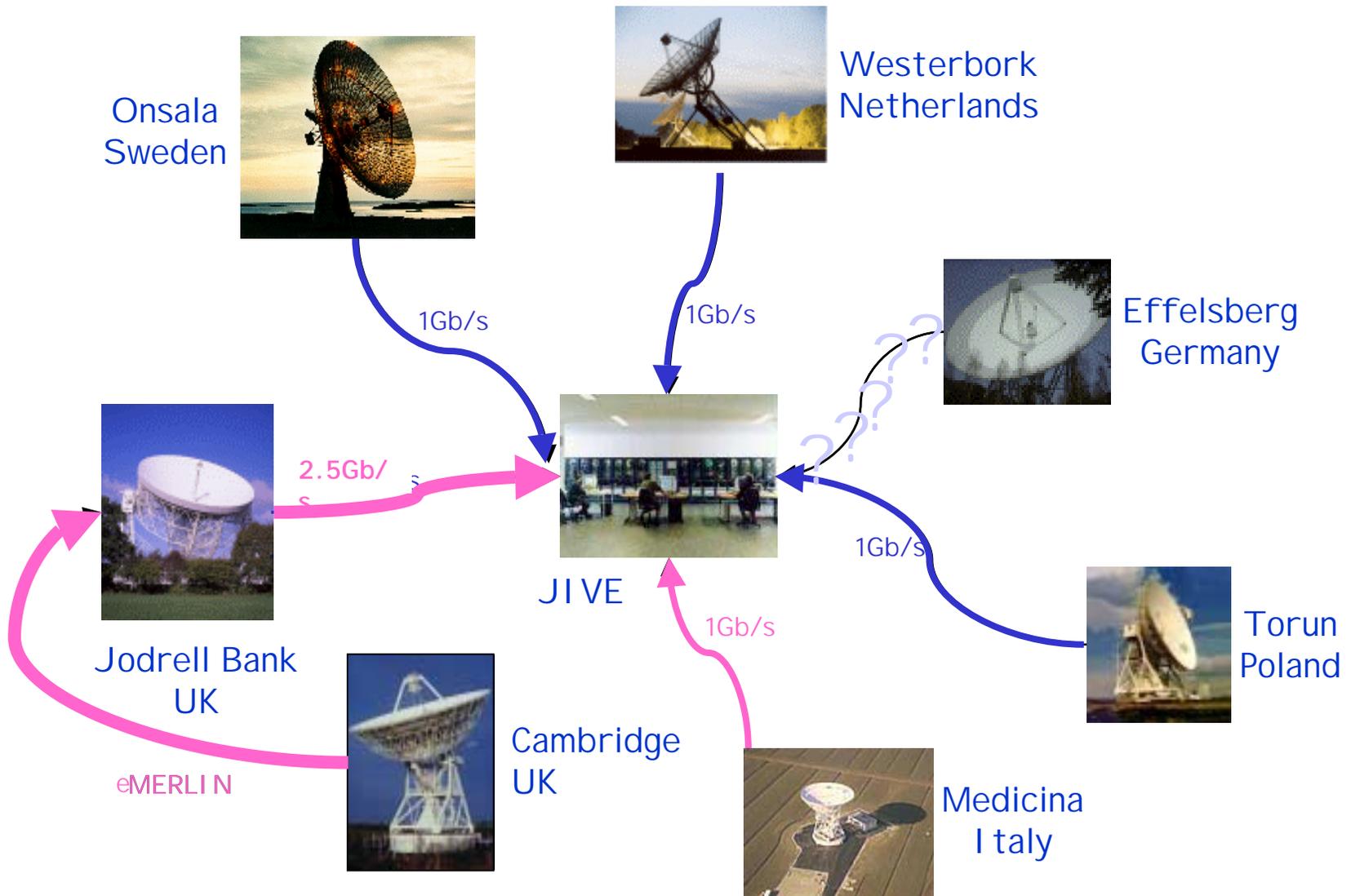
- Pan-European Network
- Dutch NREN
- Italian NREN
- UK NREN
- Polish NREN
- German NREN
- Nordic NREN
- Network application software
- EVN Correlator
- Netherlands
- Sweden
- Finland
- Germany
- UK
- Poland
- Italy



# Network Topology for eVLBI



# Telescopes connections

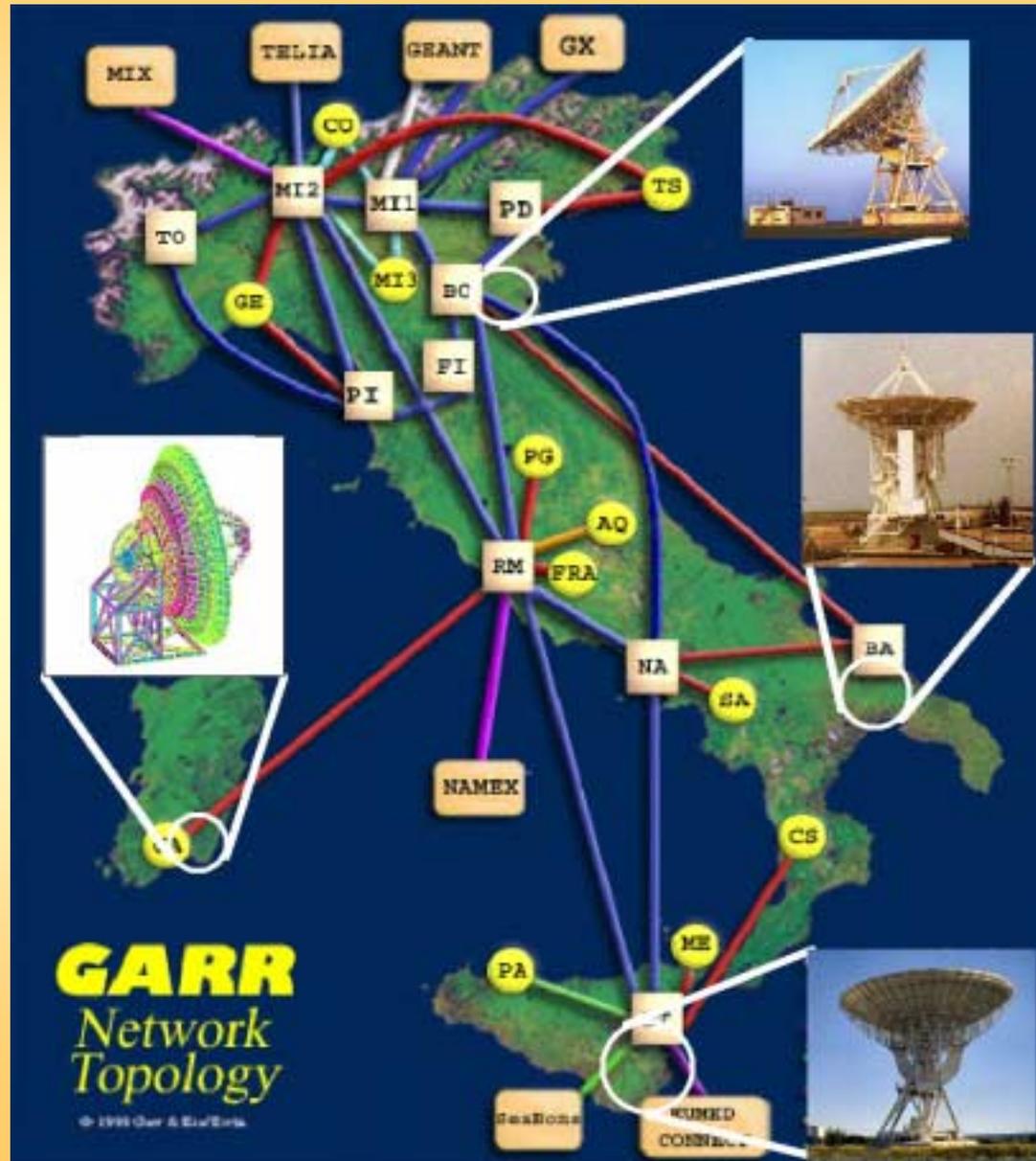


# Radiotelescopi in Italia

## Distanza dai POP GARR:

- Medicina 35 Km
- Noto 95 Km
- SRT 40 Km
- Matera 60 Km

Solo la fibra ottica  
permette di avere  
velocita' di 1Giga/bit



**emilia****romagna.net**

il portale regionale della telematica

home

cerca

contatto

credits

**ERMES** *Imprese*

E-GOVERNMENT

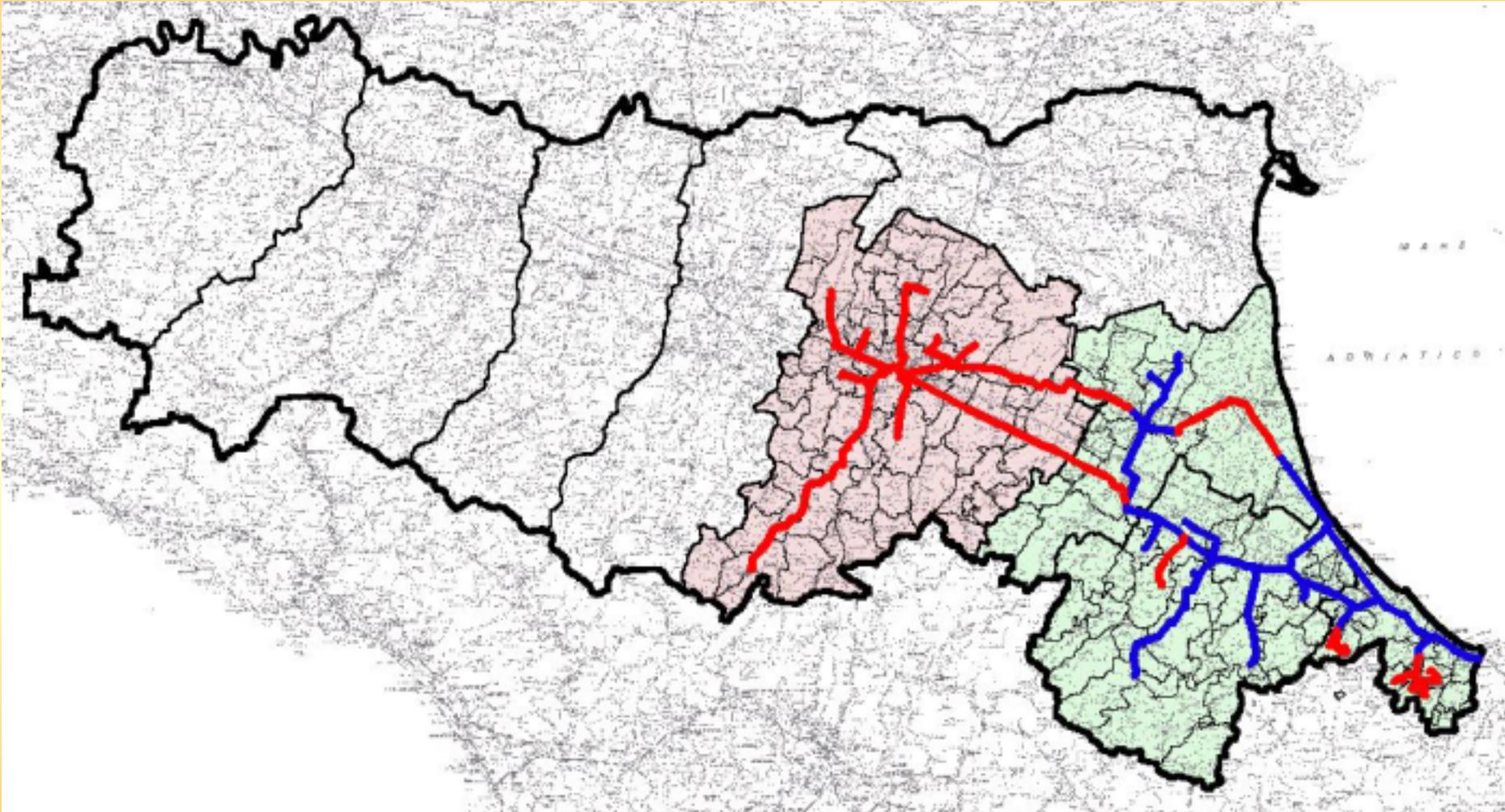
FIRMA DIGITALE

**Piano Telematico Regionale**



Nell'ambito del proprio Piano Telematico regionale, la **Regione Emilia-Romagna** ha avviato un progetto di ammodernamento tecnologico della rete telematica delle Pubbliche Amministrazioni del territorio. Entro il 2005 Comuni, Province, Comunità montane, Regione e Università saranno collegati tra loro con tecnologie a larga banda. Nelle aree di pianura e prima collina saranno utilizzate tecnologie a fibra ottica, nelle aree montane la connettività sarà garantita da link satellitari o collegamenti ad alta velocità xDSL.

# Rete Lepida – *Primo lotto*



- Rete a fibre ottiche - **HERA**
- Rete a fibre ottiche - **Romagna Acque**



Regione Emilia-Romagna  
**ERMES**  
 Emilia-Romagna Messaggi

SSERVATORIO  
 ITALIANO EDUCAZIONE STRADALE E LA SICUREZZA

DPEF  
 2005-2007

Il Condono Edilizio  
 in Emilia-Romagna

LA SALUTE VENI GIOCANDO

Cerca Vai

Navigare E-mail Aiuto Cercare regione English version

9 maggio 2005 9 maggio 2005

**Firmata una convenzione per collegare la stazione radioastronomica di Medicina alla rete regionale a banda larga**

**‘La Croce del nord’ si collega a Lepida**

**In sintesi**

Oggi nella sede della Regione Emilia-Romagna è stata firmata una convenzione tra la Regione, l'Istituto nazionale di astrofisica (Inaf) e il Consortium Garr. La convenzione prevede il collegamento della stazione radioastronomica "Croce del nord" di Medicina a Lepida, la rete regionale a banda larga, con 35 nuovi chilometri di fibra ottica. Il collegamento sarà terminato a febbraio 2005.

La stazione di Medicina sarà così collegata alle Università ed ai principali centri di ricerca italiani ed europei e potrà partecipare al progetto europeo di osservazione radioastronomica del cielo E-sibi.

Nel secondo paragrafo della notizia si parla del progetto E-vibi e del radiotelescopio di Medicina, mentre nel terzo paragrafo si parla del collegamento alla rete nazionale di ricerca Garr.

Nel contenuto speciali qui a fianco si può ascoltare il commento dell'assessore regionale Duccio Campagnoli, del presidente di Inaf Piero Benvenuti e di Marco Pacetti, presidente di Garr.

**Contenuti speciali**

- Ascolta Duccio Campagnoli, assessore Attività produttive (mp3, 466 Kb)
- Leggi Duccio Campagnoli, assessore Attività produttive
- Ascolta Piero Benvenuti, presidente di Inaf (mp3, 311 Kb)
- Leggi Piero Benvenuti, presidente di Inaf
- Ascolta Marco Pacetti, presidente di Garr (mp3, 344 Kb)
- Leggi Marco Pacetti, presidente di Garr

**Documentazione**

- Avvisi di nomina
- Bollettino ufficiale
- Comunicati stampa
- Periodici regionali
- Banche dati
- Biblioteche
- Delibere
- Leggi e regolamenti
- Contatti

(24 novembre 2004) - Circa **35 nuovi chilometri di fibra ottica** per collegare la stazione radioastronomica di Medicina, in provincia di Bologna, alla rete nazionale della ricerca (Garr) e ai principali centri di ricerca europei.

Grazie ad un finanziamento di 200 mila euro, risorse regionali che provengono dal Piano telematico, la **rete regionale** a banda larga **Lepida** fa un altro passo per sostenere anche il mondo della ricerca.

Dopo la realizzazione del progetto che ha collegato con Lepida in fibra ottica tutta la rete delle Università da Bologna a Rimini, la Regione Emilia-Romagna ha sottoscritto questa mattina una **convenzione** anche con l'**Inaf** (Istituto nazionale di astrofisica) e il **Consortium Garr** per il collegamento della stazione radioastronomica bolognese "Croce del nord" alla rete Lepida e, grazie a questo, alle Università ed ai principali centri di ricerca italiani ed europei. I lavori, sono già in corso, verranno completati entro il

**Convenzione firmata in Novembre 2004**

# Il Collegamento



**Tra Medicina e il Radiotelescopio (6 Km) si sta' posando una nuova fibra**

# Radiotelescopio di Noto

- 90 Km fra Noto GARR-G PoP CT (costo 3 ME)
- GARR-G PoP CT 2x2.5G links

## •Altre strutture Sud-Sicilia

- Universita' di Siracusa

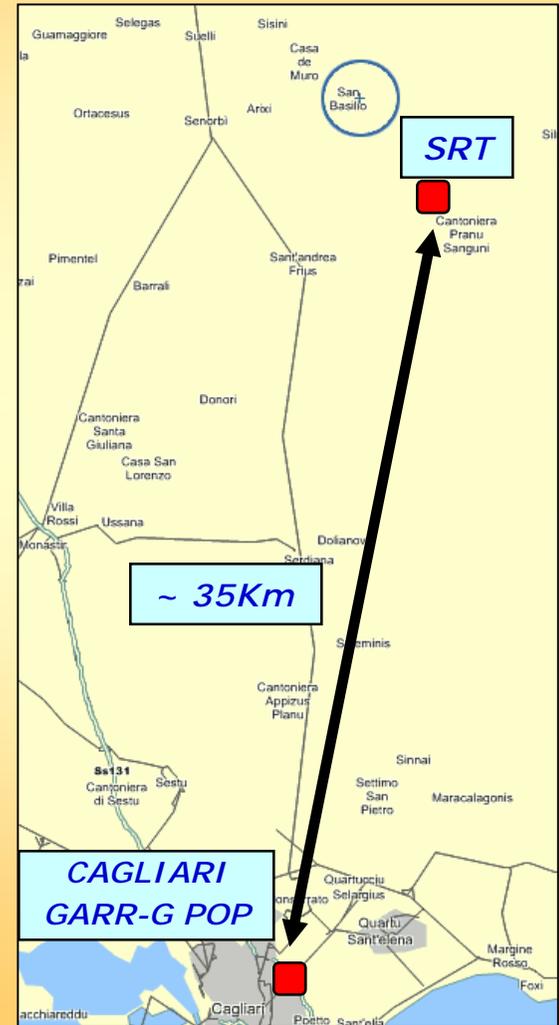
- Progetto NEMO dell'INFN: un osservatorio per neutrini che sara' posto al largo di Capo Passero e che richiedera' una larga banda trasmissiva



# Sardinia Radio Telescope (SRT)

Previsto nel 2007

- GARR-G PoP CA 155M, in evoluzione verso 2.5G
- 35Km distanza, (costo 1.3 ME)
- Fibra “in place” a 11 km



# Manca solo il filo per andare a un Gigabit/sec ?

**Settembre 2003: Test: Bologna - Jive**

**UDP : 300 Mbit/sec**

**TCP: 180 Mbit/sec**

**Sistema di Monitoraggio realizzato all'IRA:  
( basati su Bus PCI-X 133 e PCI-Express )**

**UD|P : 956 Mbit /sec**

**TCP: 916 Mbit/dec**

**Memory-memory in loop locale**



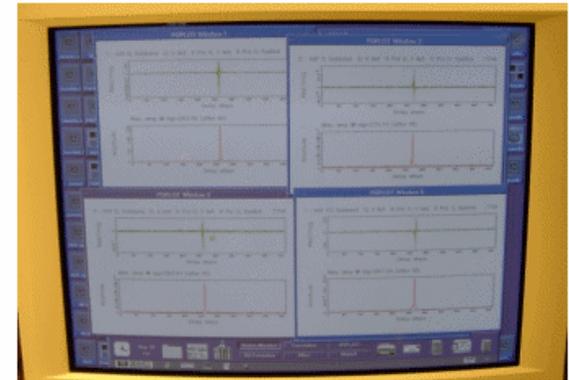
**Le esigenze del E-VLBI sono al limite delle possibilita' offerte dall'hardware e dalle attuali reti telematiche.**

	Memory- memory		Disk2net- net2disk		In2net- net2disk	In2net- net2out
	UDP	TCP	UDP	TCP	TCP	TCP
Bench via patch		930	250			256
Idem, jumbo frames		960		544		512
Bench via Amsterdam	500	360				256
Idem, jumbo frames			341	456		
Westerbork-JIVE	867	680			256	64
Idem, jumbo frames			249	378		
Bologna-JIVE	670	128		307		
Jodrell-JIVE	50	70			64	32
Arecibo-JIVE		88				32
Torun-JIVE	800	260				32
Onsala-JIVE				177	256	64
JIVE-Haystack	612			71		

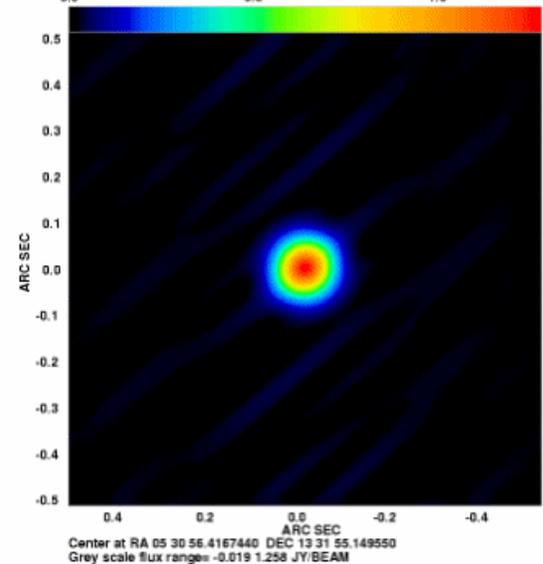
# eVLBI Milestones (since 2<sup>nd</sup> WS)



- May 2003: First use of FTP for VLBI session fringe checks.
- September 2003: eVLBI data transfer between Bologna and JIVE - 300Mb/s
- November 2003: Cambridge - Westerbork fringes detected, only 15 minutes after observations were made.
  - 64Mb/s, with disk buffering at JIVE only.
- November 2003: Onsala Space Observatory (Sweden) connected at 1Gb/s.
- January 2004: Disk buffered eVLBI session:
  - Three telescopes at 128Mb/s for first eVLBI image
  - On - Wb fringes at 256Mb/s
- April 2004: Three-telescope, real-time eVLBI session.
  - Fringes at 64Mb/s
  - First real-time EVN image - 32Mb/s.
- June 2004: Torun connected at 1Gb/s.
- September 2004: Four telescope real-time eVLBI
  - Fringes to Torun and Arecibo



PLot file version 1 created 15-SEP-2004 17:32:48  
GREY: 0528+134 IPOL 1656.890 MHZ 0528+134.J/CL001.10  
0.0 0.5 1.0



# PoC Project: re-evaluation of goals

- Only suitable NIC for current Mark 5 is Gigabit-Ethernet.....
- ....but Gigabit Ethernet is limited to something less than 1Gb/s
- VLBI is restricted to fixed “octaves”:
  - 64 Mb/s, 128 Mb/s, 256 Mb/s, 512 Mb/s, 1 Gb/s
- Many stations are unlikely to get more than one GE connection,
- The lines into JIVE are GE

# Revised Goals

- Real-time (in2net2out) at up to 512Mb/s (max with one MK5 and 1Gbit Ethernet)
- Non real-time (disk2net2disk) for maximum network loading: up to limit of Mark5 and Gbit Ethernet

# The future

- Now: 1Gb/s per telescope
- Target for 2010: 30Gb/s per telescope.
  - Vital to complement capabilities of other instruments and techniques.
  - Requires new data collection, transport and processing solutions.
  - A single, 16-telescope experiment generate 2.5 PetaBytes of raw data.
  - Data from all telescopes must be presented to the data processor simultaneously and with very precise synchronization.
  - To avoid a huge data storage/buffering problem we will therefore need stable, high bandwidth, point-to-point data paths for several weeks at a time.
- eVLBI application is ripe for the concept of connection-oriented networks based on **optically switched infrastructures**.

# E-VLBI e Grid

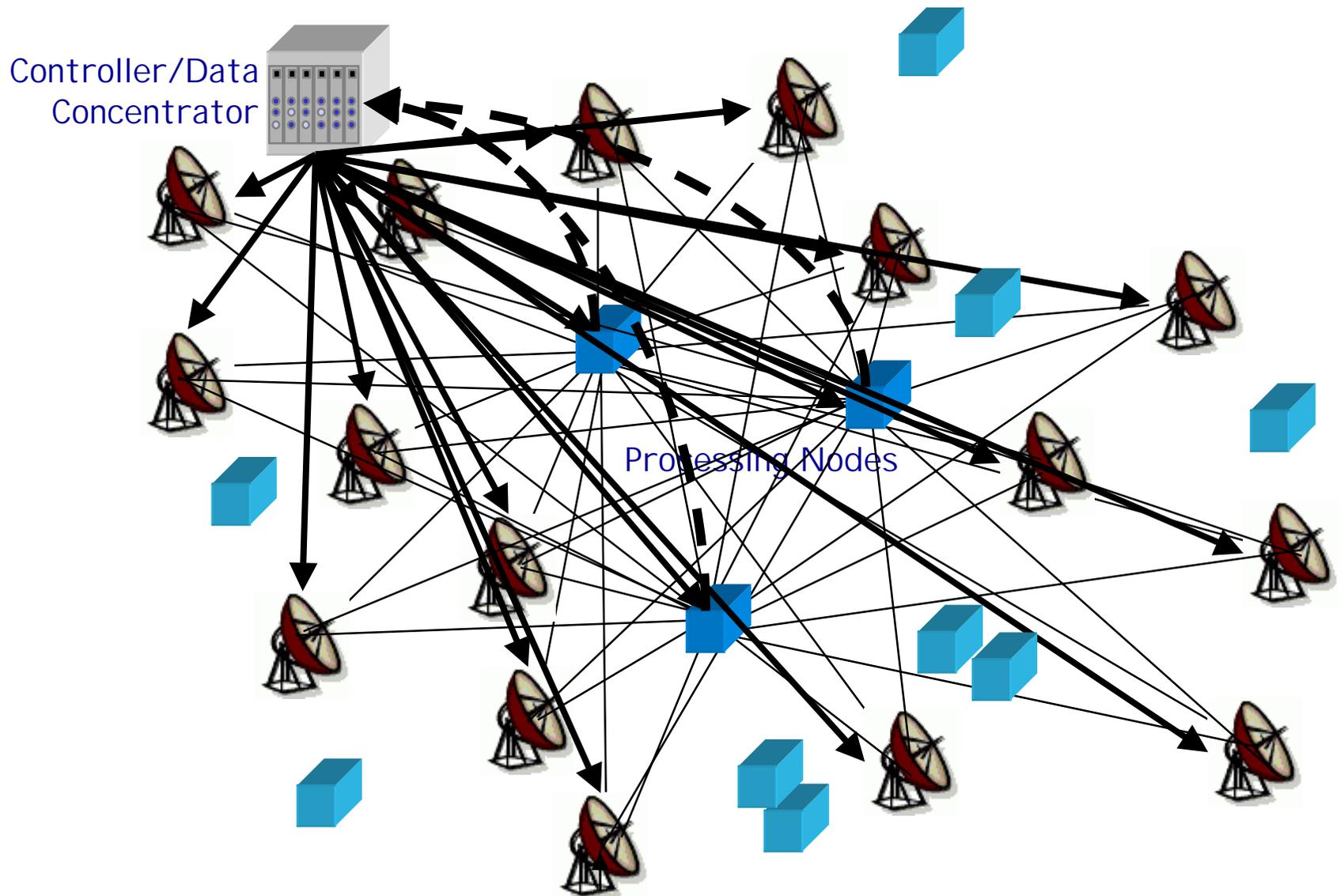
## argumenti contro la "GRID correlation":

- Un sistema dedicato e' generalmente piu' efficiente di un array di processori general purpose
- Se i dati sono centralizzati tutte le baseline possono essere calcolate in parallelo. Processi distribuiti richiedono duplicazione dei dati ai singoli nodi.

## argumenti a favore della "GRID correlation":

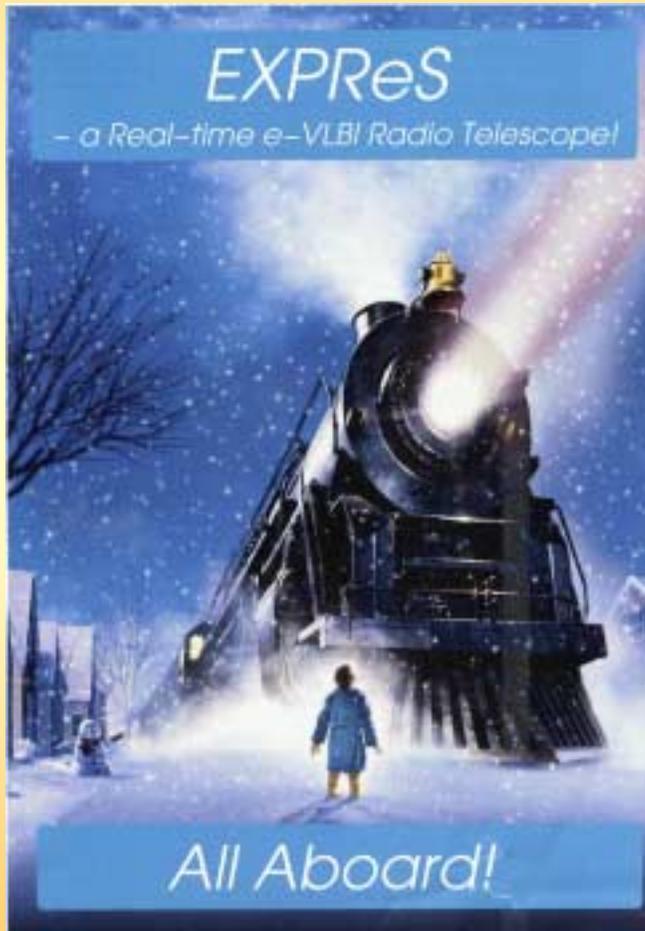
- Processori dedicati sono MOLTO costosi
- I general purpose processors sono MOLTO economici (soprattutto se sono di qualcun altro !!)
- Il middleware richiesto e' gia' sviluppato per il GRID
- Se i dati sono "time-sliced", i dati possono essere gestiti come nel caso di un sistema centrale anche se i calcoli possono essere distribuiti sulla rete.

# VLBI Correlation: GRID Computation task



# EXPReS

Un progetto FP6 dei membri JIVE per potenziare l'infrastruttura di rete



Richieste INAF

## Medicina:

- Apparati di trasmissione da 10Gigabit/sec

## Noto:

- Progetto di fattibilita'
- Secondo MARK V per E-VLBI off line

## SRT

- Apparati di trasmissione da 10Gigabit/sec