Comunicazioni con segnali deboli

14 Settembre 2017

Mario Armando Natali, I0NAA
mario.natali@gmail.com
ARI – Sezione di Perugia « I0WN Mario Bencivenga»

Comunicazioni con segnali deboli

Sommario

- Definizioni e linguaggio di base.
- Un esempio.
- Analogico verso digitale.
- I limiti.
- Principali modi.
- Uso di WSJT-X, programma che gestisce i modi piu' popolari.
- Conclusioni.

Comunicazioni con segnali deboli

Perche' e' importante occuparsene....

Because is difficult !

Joe Taylor, K1JT

Communication and experimentation in the weaksignal domain represents the future of what will be left of Amateur Radio
SETI League

«E tutti, alzandosi in punta di piedi, si voltano a guardare da quella parte donde s'annunziava l'inaspettato arrivo. Alzandosi tutti, vedevano né più né meno che se fossero stati tutti con le piante in terra; ma tant'è, tutti s'alzavano."

(Alessandro Manzoni, I promessi sposi, Capitolo XIII)

Perche' ci permette di affinare al massimo il nostro sistema di ricetrasmissione mantenendo viva quella parte dell' HAM SPIRIT rivolta alla sperimentazione ed alla conoscenza

Comunicazioni con segnali deboli

Definiamoli

- **I segnali radio definiti "segnali deboli " hanno livelli che sono vicinissimi al "rumore " (noise).**

- **Il noise viene determinato da numerosi fattori quali le caratteristiche dell'antenna, quelle del ricevitore ed il rumore captato dall'antenna stessa.**

- **La potenza del segnale rilevato alla stazione ricevente e' determinato dal potenza effettivamente irradiata dal trasmettitore , dal guadagno del sistema ricevente e dall'attenuazione di tratta.**

Comunicazioni con segnali deboli

Linguaggio di base

Logaritmi

Funzione matematica che consente di gestire numeri molto grandi e molto piccoli semplicemente

Log (1000000) =6 Log(1)=0 Log (0.000001) = -6 .

dB

dB e' una abbreviazione per decibels . E' una espressione matematica che rappresenta il rapporto fra due grandezze.

Potenza RF

Puo' essere potenza in trasmissione o potenza in ricezione. Si esprime in Watt on in dBm

Potenza in dBm= 10xLog(Potenza in mw)

1 Watt = 1000 mW= 30dBm

Attenuazione

Si misura in dB e rappresnta il rapporto fra la potenza incidente e la potenza in uscita.

Se in un sistema perde meta' della potenza l'attenuazione sara' di 3dB

EIRP

Potenza effettivamente irradiata si misura in dBm o in Watt e rappresenta la potenza che il sistema irradia effettivamente tenendo in considerazione le perdite sui cavi ed il guadagno in antenna.

Se si trasmette con 30 dBm (1W) e si ha una antenna con 10dBi di guadagno si ha una EIRP di 40dBm ovvero 10Watt

Comunicazioni con segnali deboli

Linguaggio di base

I segnali che arrivano al sistema ricevente possono essere quindi classificati deboli (e quindi vicini al rumore) per una serie di motivi :

- **Alta *attenuazione* di tratta.**
- **Bassa potenza in emissione.**
- **Forte livello di *rumore* (noise).**

Il sistema ricevente dovra' estrarre il segnale utile dal rumore e dovra' rendere disponibile (*decodificare*) l'informazione utile.

Comunicazioni con segnali deboli

Attenuazione

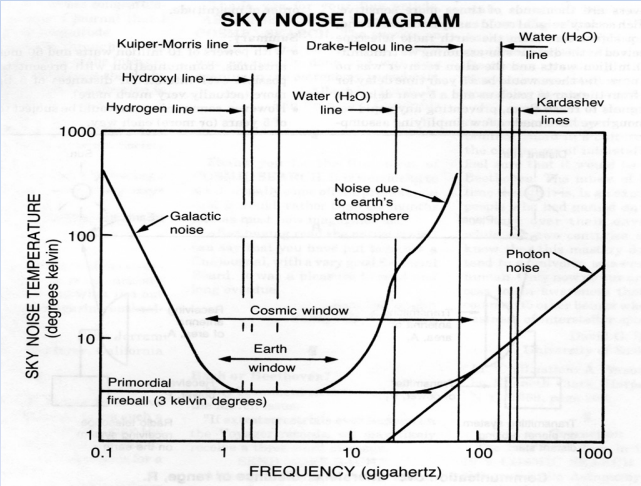
Attenuazione in spazio libero (dB) = 32.4 + 20xLog F(MHz) + 20xLog R(Km)							
Tratta (KM)	EIRP (Watt)	EIRP (dBm)	Frequenza (Mhz)	Attenuazione spazio libero (dB)	Segnale ricevuto (dBm)	Segnale ricevuto (Watt)	
100	100	50	14	95	-45	0.0000000293591805	nanowatt
100	100	50	50	106	-56	0.0000000023017597	
100	100	50	144	116	-66	0.0000000002775077	picowatt
100	100	50	430	125	-75	0.0000000000311217	
100	100	50	1,290	135	-85	0.0000000000034580	
100	100	50	10,000	152	-102	0.0000000000000575	femtowatt
100	100	50	24,000	160	-110	0.0000000000000100	

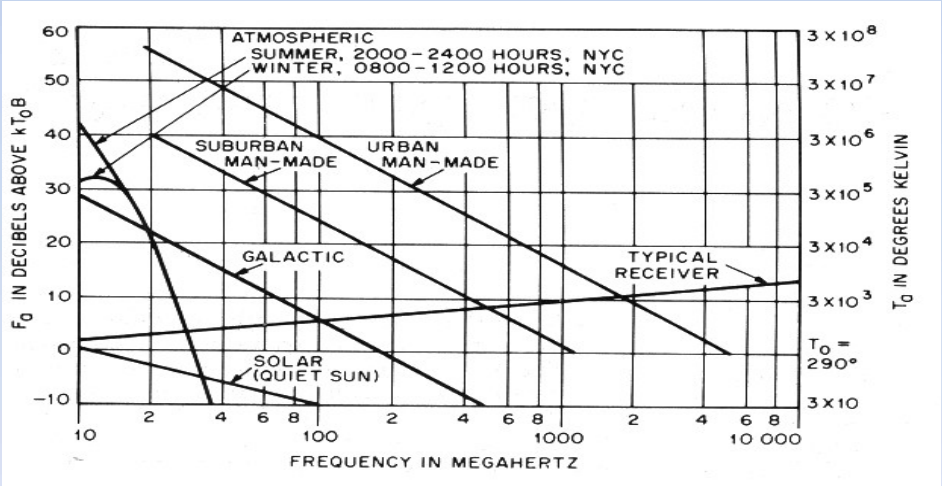
- ✓ **L'attenuazione di tratta in spazio libero varia al variare delle frequenza.**
- ✓ **L'attenuazione reale e' influenzata da molti altri fattori :**
  - ➢ **Ostacoli di dimensioni paragonabili alla lunghezza d'onda.**
  - ➢ **Altezza dal terreno delle antenne non sufficiente (ellissoide di Fresnel intercettato).**
  - ➢ **Interferenza distruttiva (segnale diretto e segnale riflesso in opposizione di fase).**
  - ➢ **Polarizzazione differente delle antenne di trasmissione e ricezione o rotazione della polarizzazione stessa.**

Comunicazioni con segnali deboli

Rumore

- **Il rumore e' causato da fattori *naturali* od *artificiali*.**
- **In un radioricevitore vi sono due sorgenti di rumore . Il rumore captato dall'antenna ed il rumore introdotto internamente dal ricevitore.**
- **Il rumore introdotto dal ricevitore dipende da fattori intrinseci (progettazione e costruzione) e naturali (rumore termico).**
- **Il rumore captato dall'antenna dipende dall'effettiva temperatura di rumore che l'antenna "vede" nella direzione di puntamento.**
- **Il *rumore artificiale* (man made) e' generato dalle varie attivita' umane (*inclusi noi radioamatori ....*) e puo' essere totalmente distruttivo !!**





http://www.bigear.org/CSMO/HTML/CS03/cs03p36.htm **https://www.nikhef.nl/~pieth/proj/shower/signals.shtml**

Comunicazioni con segnali deboli

Decodifica

Il parametro fondamentale da tenere in considerazione per poter essere in grado di effettuare una buona decodifica di un segnale non e' il valore assoluto del segnale e quello del rumore, ma il loro rapporto :

$$\mathrm{SNR} = \frac{P_{\mathrm{exp.signal}}}{P_{\mathrm{noise}}}$$

Si deve quindi intervenire su entrambi i parametri per aumentare la possibilita' di successo !

https://www.youtube.com/watch?v=fvixuVkat88

Comunicazioni con segnali deboli

Come battere Jodie Foster ....

Il Film Contact e' incentrato sulla ricezione, da parte di una civilta' aliena situata vicino alla stella Vega, di uno dei primi segnali radio (TV) ad alta frequenza (e quindi in grado di penetrare la ionosfera) ed alta potenza emesso durante le olimpiadi del 1936.

..... Ma sarebbe veramente possibile ?????

ASSUNZIONI DI BASE PER IL CALCOLO DEL LINK BUDGET						
Distanza Vega	*(Anni luce)*	*25*		*Frequenza*	*(Mhz)*	*400*
Distanza Vega	*(Km)*	*2.3652E+14*		*Tsky*	*(K)*	*2.7*
Potenza EIRP	*(Watt)*	*1,000,000*		*Attenuazione di tratta*	*(dB)*	*372*

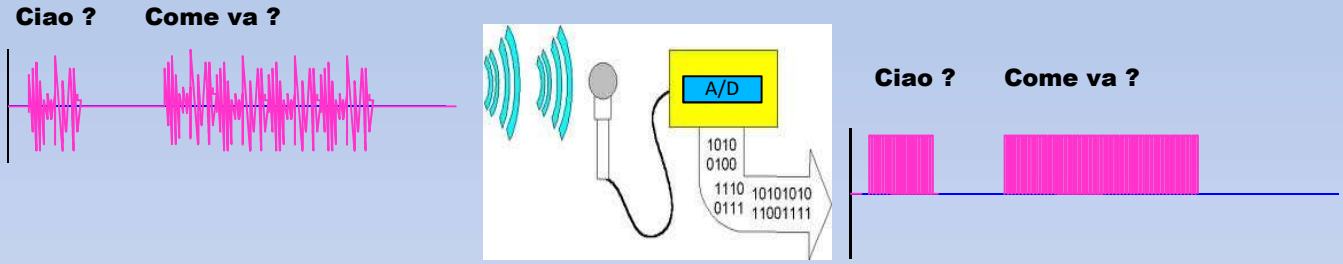
LINK BUDGET					
Larghezza di banda (Hz)	**Potenza di Rumore (dBm)**	**Minimo SNR richiesto (dB)**	**Guadagno antenna (dB)**	**Diametro parabola (Km)**	**Nota**
5,000,000	-127	20	**175**	**129,474**	**TV Analogica**
2,500	-160	15	**137**	**1,628**	**SSB**
200	-171	-25	**86**	**5**	**JT65**
10	-184	-29	**69**	**1**	**WSPR**

I calcoli riportati, pur essendo formalmente corretti, non tengono in considerazione innumerevoli altre variabili che diminuiscono ulteriormente le probabilita' del successo !

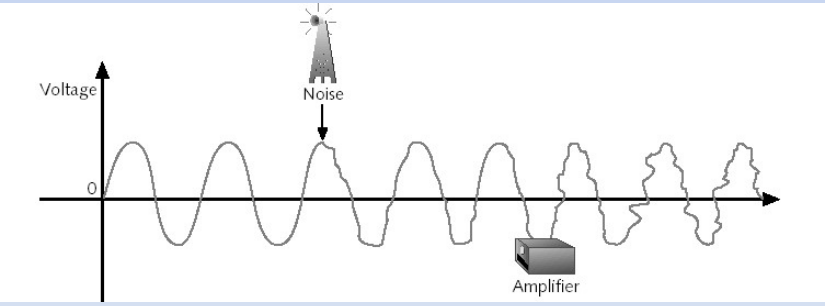
Comunicazioni con segnali deboli

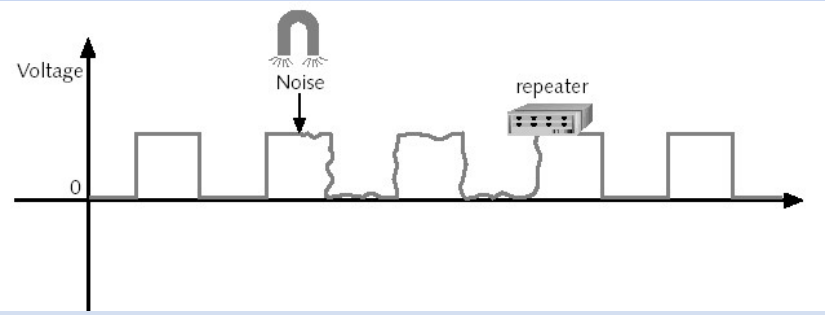
Digitale verso analogico

Nelle comunicazioni radio, e non solo in quelle con segnali deboli, il digitale sta prendendo prepotentemente il sopravvento grazie alla enorme capacita' di calcolo dei moderni processori che consentono di manipolare molto efficacemente i segnali.



Esempio di manipolazione (ripristino) di un segnale analogico e di un segnale digitale





Nelle comunicazioni digitali, quindi, non viene trasmesso un segnale analogico, ma una serie di informazioni codificate secondo certe metodologie (algoritmi) che, ricostruite alla stazione ricevente, restituiscono il segnale originale.

Comunicazioni con segnali deboli

I modi digitali .....

I modi digitali si implementano , quindi, manipolando il segnale in ingresso (che puo' essere gia' di tipo digitale !) con un PC od un microprocessore.

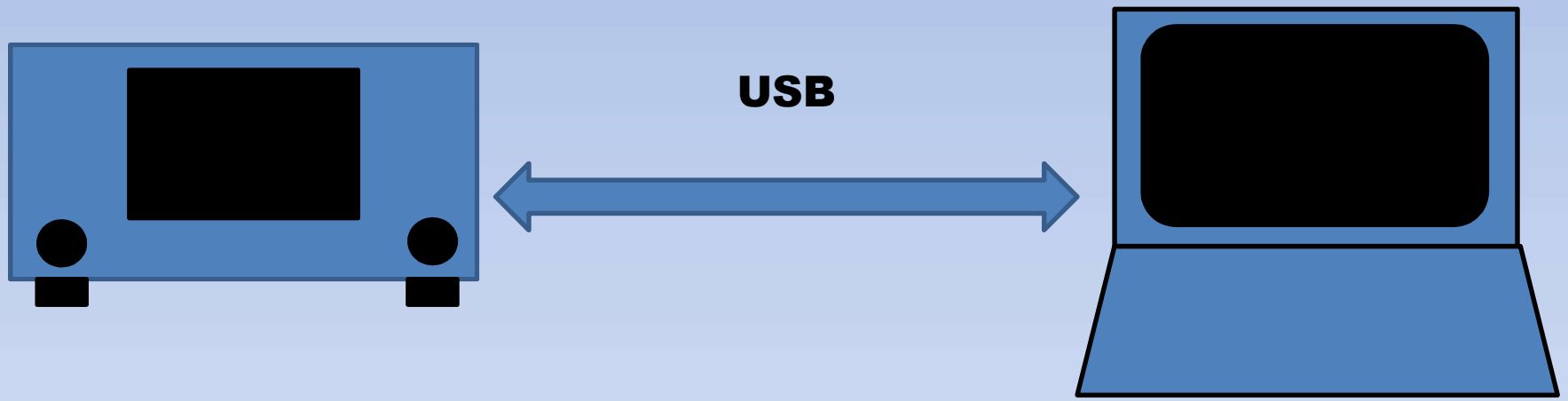
Una piccola lista di sicuro non esaustiva .....

CW, PSK, SSTV, HD SSTV, RTTY, MFSK16, MFSK32, MT63, Hellschreiber, Olivia, Packet, Pactor, Throb, Cotestia, Ham DRM, D-STAR, C4FM, Domino, DominoEX, DominoF, ROS, Sitor, Sitor-A ,Sitor-B, Swedish ARQ, Clover, CHIP, ALE, PAX, PAX-2, STANA, HFDL, NAVTEX, Synop, Coquelet, AOR, WiDRM, FT8, JT4, JT9, JT65, QRA64, ISCAT, MSK144, WSPR..... etc. etc. etc.

Noi ci focalizzeremo, pero', sugli ultimi della lista che sono stati disegnati con particolare attenzione al rapporto S/N e quindi sono molto validi per le comunicazioni con segnali deboli .

Comunicazioni con segnali deboli

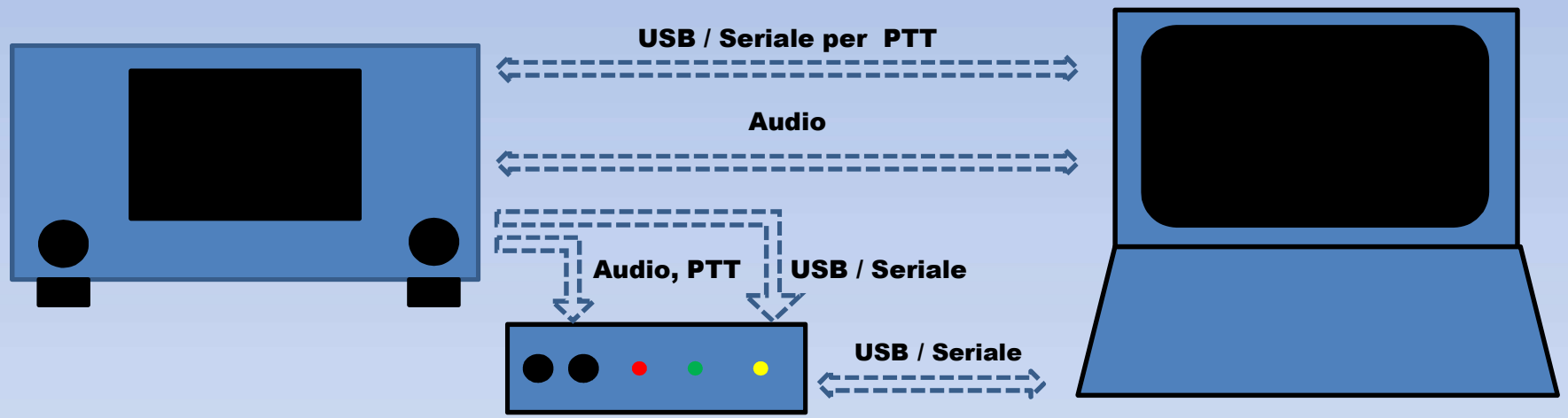
Come usare il PC con la radio



La connessione fra RTX e PC e' semplicissima con i piu' moderni transceivers che sono dotati di "scheda audio" integrata e CAT / PTT accessibili attraverso la USB.

Comunicazioni con segnali deboli

Come usare il PC con la radio



La connessione e' anche possibile con transceivers non di ultima generazione usando connessioni dirette (meglio se isolate galvanicamente) o interfacce dedicate (SignaLink, MicroHAM, RigExpert, RigBlaster , ...) .

Comunicazioni con segnali deboli

Digitale verso analogico : i limiti

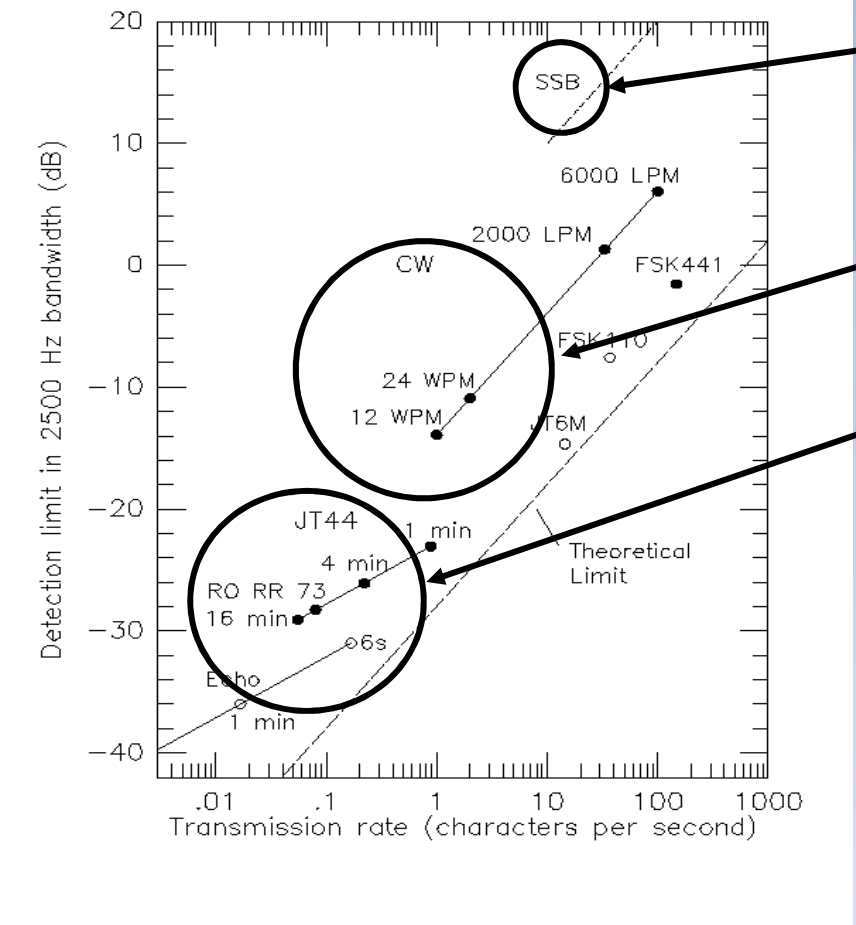
Parameters of Slow Modes					
Mode	Modulation type	Keying rate (Baud)	Bandwidth (Hz)	Tx Duration (s)	S/N Threshold (dB)
JT4A	4-FSK	4.375	17.5	47.1	-23
JT9A	9-FSK	1.736	15.6	49.0	-27
JT65A	65-FSK	2.692	177.6	46.8	-25
QRA64A	64-FSK	1.736	111.1	48.4	-26
WSPR	4-FSK	1.465	5.9	110.6	-29

Il nuovo modo FT8 e' di diversi dB meno sensibile rispetto ai modi tradizionale, ma ma consente il completamento dei QSO in ¼ del tempo rispetto al JT65 e di ½ rispetto al QRA64.

https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjtx-doc/wsjtx-main-1.7.0.html#PROTOCOLS

Comunicazioni con segnali deboli

Digitale verso analogico : i limiti



Voce

Telegrafia

Modi digitali

I modi digitali ci permettono, *unitamente ad una velocita' di trasmissione piu' bassa*, di incrementare enormemente le probabilita' di successo di un collegamento radio.

SOGLIA S/N NEGATIVA NON SIGNIFICA CHE IL RUMORE E' SUPERIORE AL SEGNALE !!

Comunicazioni con segnali deboli

Che programmi utilizzare ...

La soluzione piu' veloce per iniziare e' quella di usare il programma WSJT-X creato da Joe Taylor che aggrega ben 8 modi digitali per comunicazione con segnali deboli !

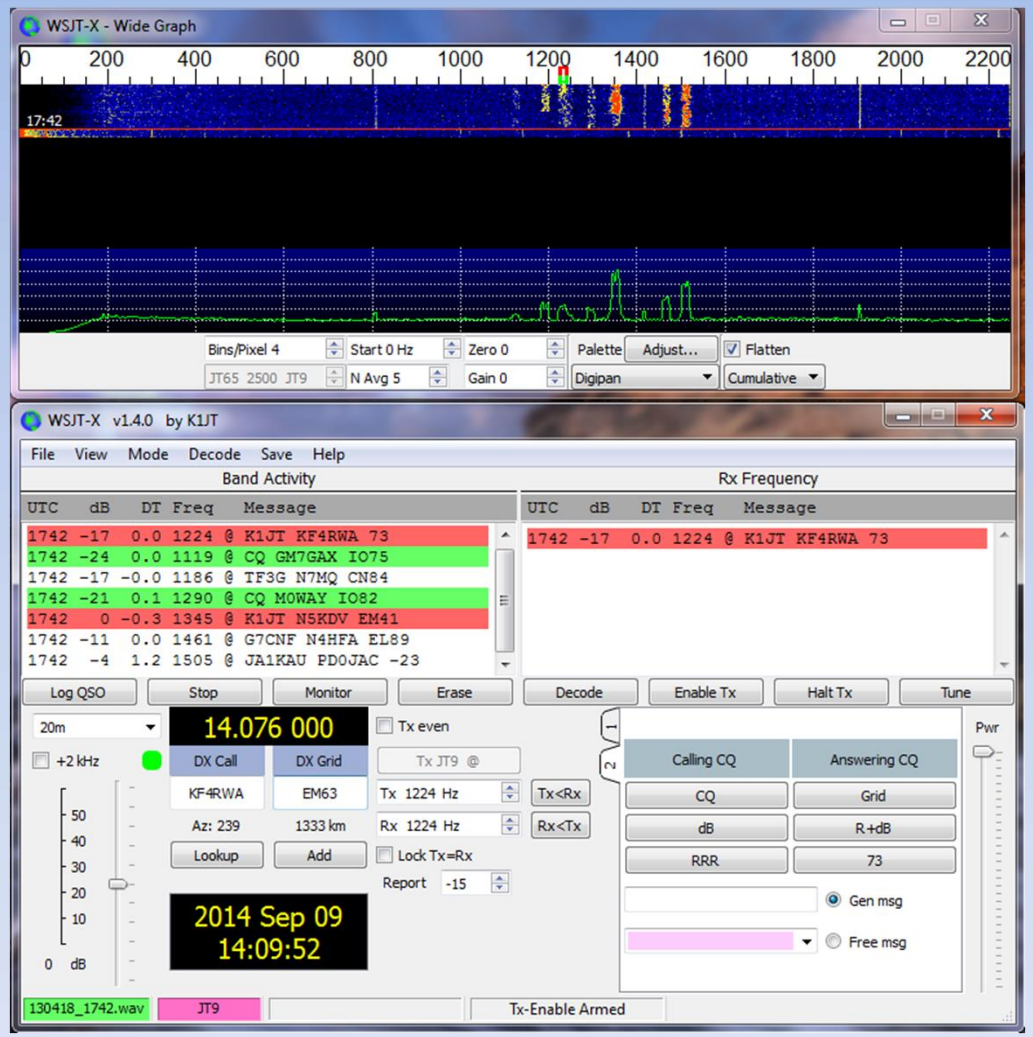
"Ten years of fascination with amateur radio in the 1950s and early 1960s led me to a professional life in basic research and university teaching. Over the next forty years, my research in radio astronomy taught me a great deal about extracting extremely weak signals from noise, and analyzing their content. In 2001, back on the air as an active radio amateur, I began thinking about ways to apply techniques learned and developed in the research world to the problems of weaksignal communication on our VHF and UHF bands"

Dr. Joe Taylor, K1JT

http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/EME_Florence_2008.pdf

Comunicazioni con segnali deboli

WSJT-X



WSJT-X aggrega ben 8 modi digitali per comunicazioni con segnali deboli :

- **FT8**
- **JT4**
- **JT9**
- **JT65**
- **QRA64**
- **ISCAT**
- **MSK144**
- **WSPR**

Il programma, di libero uso, e' disponibile per Windows, Linux e Mc OS !

https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjtx.html

Comunicazioni con segnali deboli

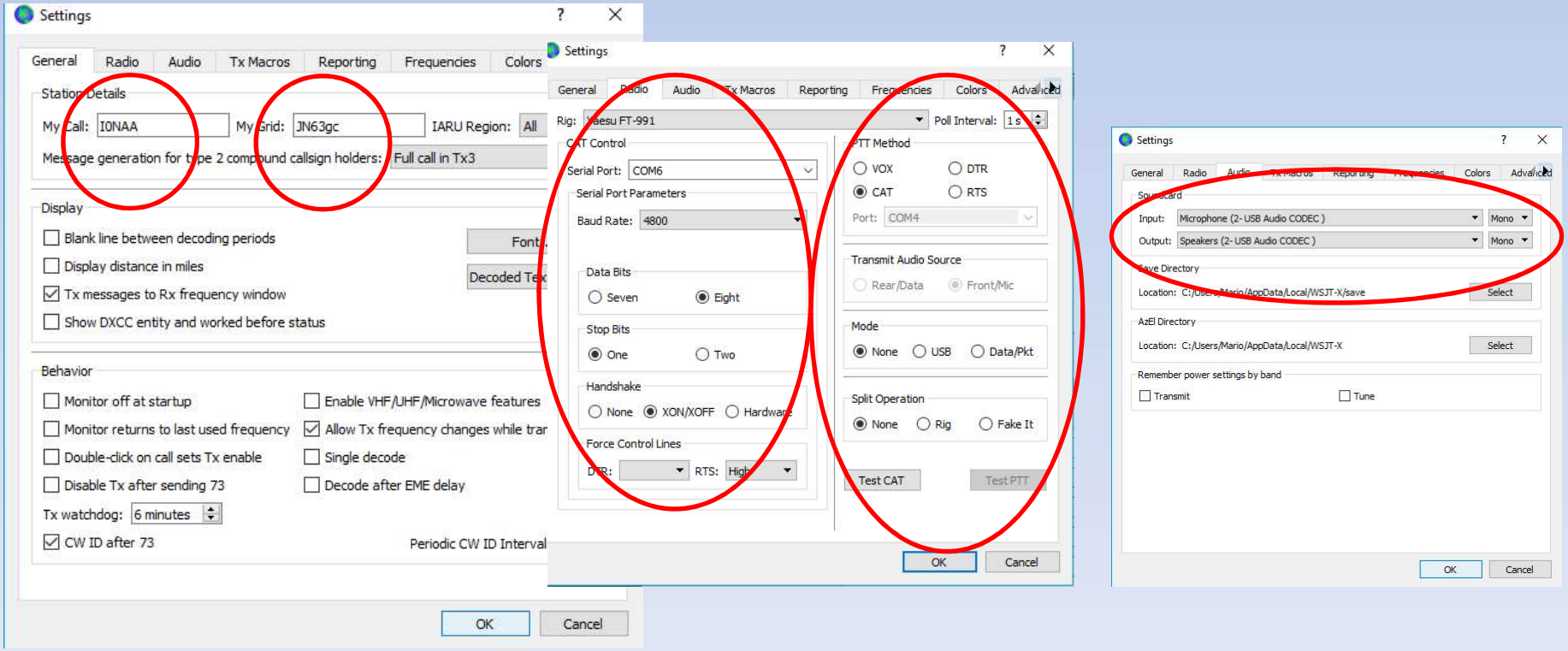
WSJT-X : installazione

Si effettua il download dal sito

https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjtx.html

Si collega Il ricetrasmettitore al PC secondo uno degli schemi visti in precedenza.

Si configura il programma dal pannello «Settings»



Comunicazioni con segnali deboli

WSJT-X : installazione

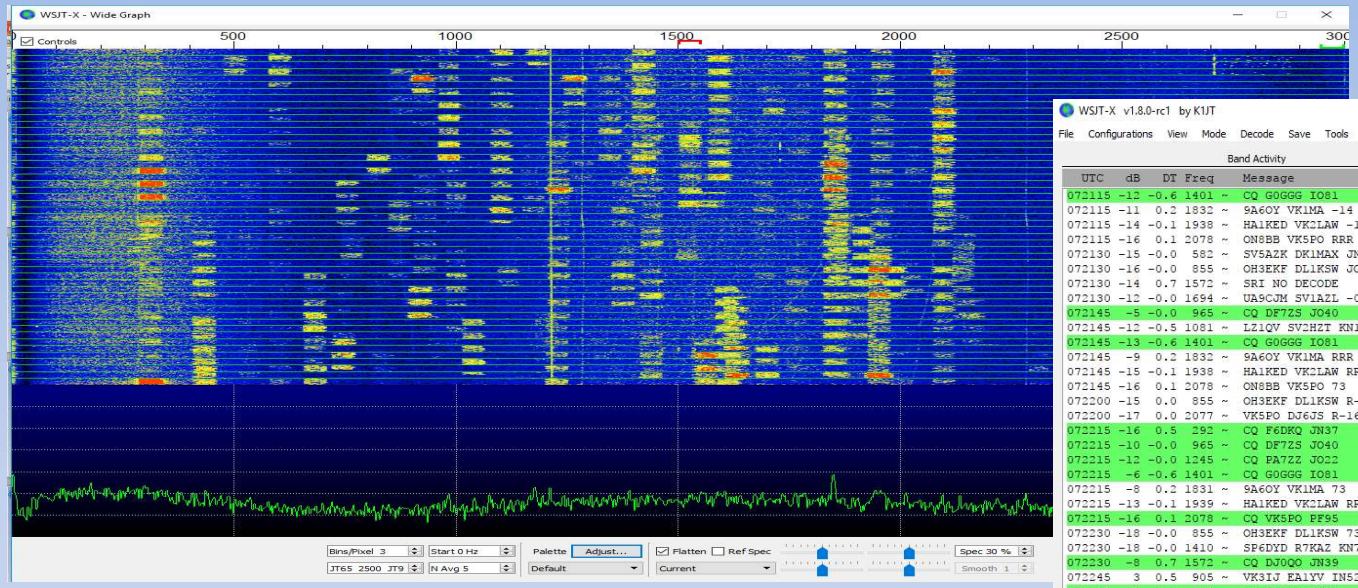
Se l'installazione e' andata a buon fine si potra' subito decidere il modo da utilizzare ed iniziare l'attivita'.

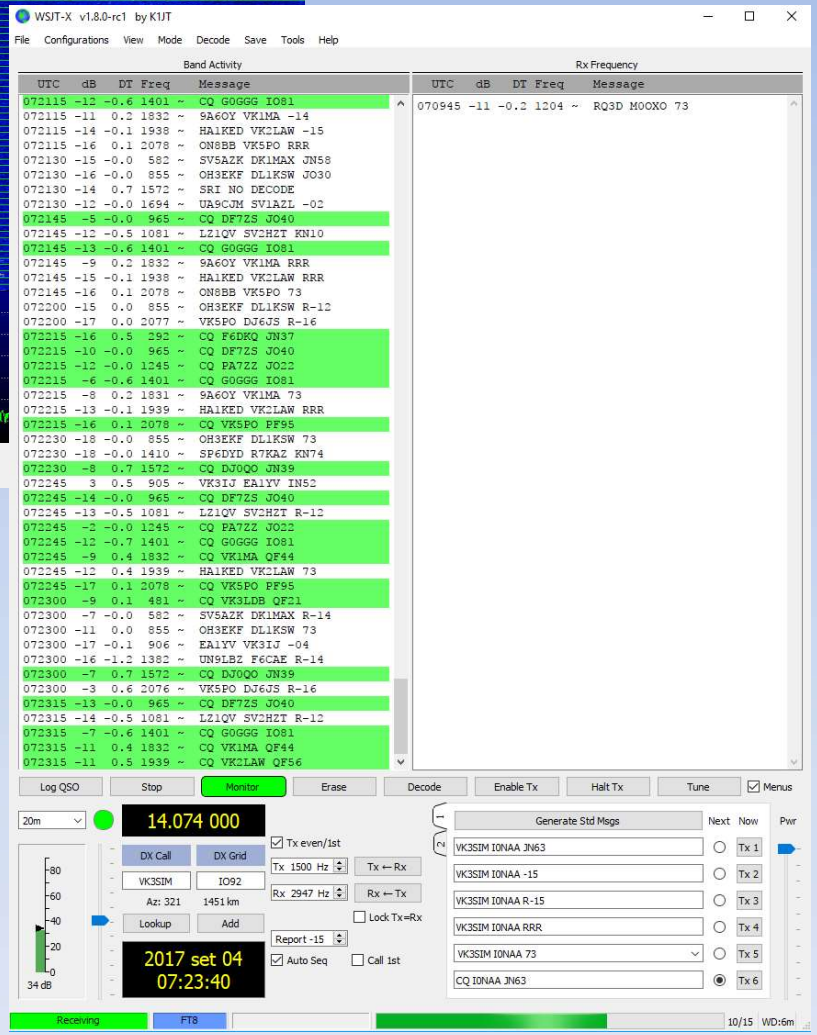
La procedura del QSO a segnali deboli e' un po' piu' strutturata ripetto a quella dei normali modi digitali del tipo PSK, RTTY, etc. e si dovra' prestare un po' di attenzione all'inizio per evitare di non ottenere risposte o conferme !

Sequenza minima QSO in JT65		
MINUTO	**MESSAGGIO**	**DESCRIZIONE**
1	CQ I0NAA JN63	Chiamata generale; questa viene ripetuta automaticamente ogni minuto pari (1st) o dispari (2nd)
2	I0NAA I0KBL JN63	I0KBL mi risponde da JN63
3	I0KBL I0NAA R-7	Rispondo di aver ricevuto la sua chiamata dandogli il rapporto -7 (che leggo sulla decodifica di WSJT-X) oppure gli confermo soltanto la ricezione con il convenzionale "OOO"
	I0KBL I0NAA OOO	
4	I0NAA I0KBL R-5	I0KBL mi conferma il QSO fornendomi il rapporto
5	I0KBL I0NAA RRR	Confermo a I0KBL la ricezione
6	I0NAA I0KBL 73	I0KBL mi saluta
7	I0KBL I0NAA 73	Saluto I0KBL

Comunicazioni con segnali deboli

FT8



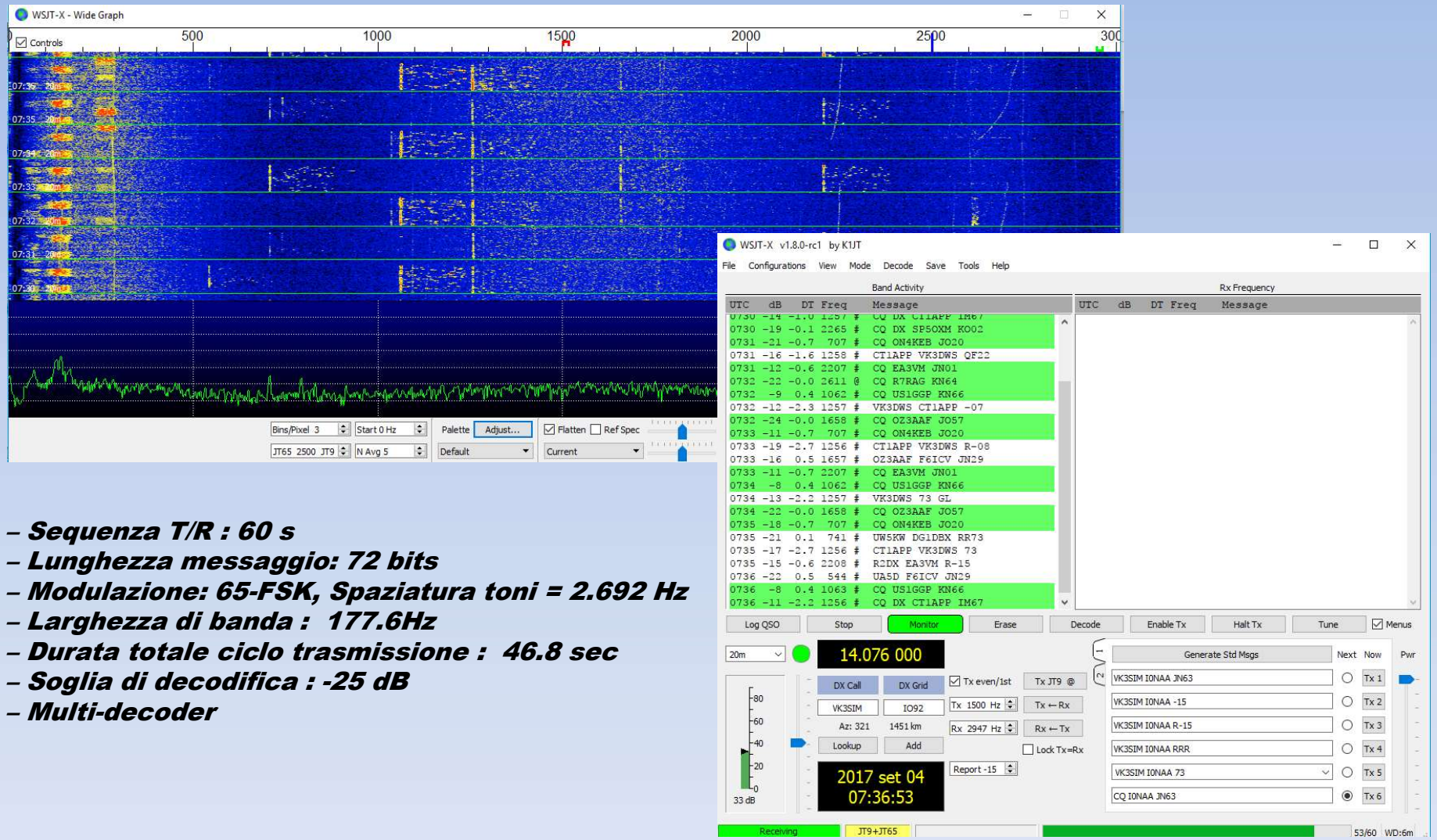


- ***Sequenza T/R : 15 s***
- ***Lunghezza messaggio: 75 bits + 12-bit CRC***
- ***Modulazione: 8-FSK, Spaziatura toni = 5.86 Hz***
- ***Largehezza di banda : 47 Hz***
- ***Durata totale ciclo trasmissione : 13.48 s***
- ***Soglia di decodifica : -20 dB***
- ***Multi-decoder***

https://w5fc.org/2017/07/15/new-digital-mode-from-k1jt-ft8/

Comunicazioni con segnali deboli

JT65(A)

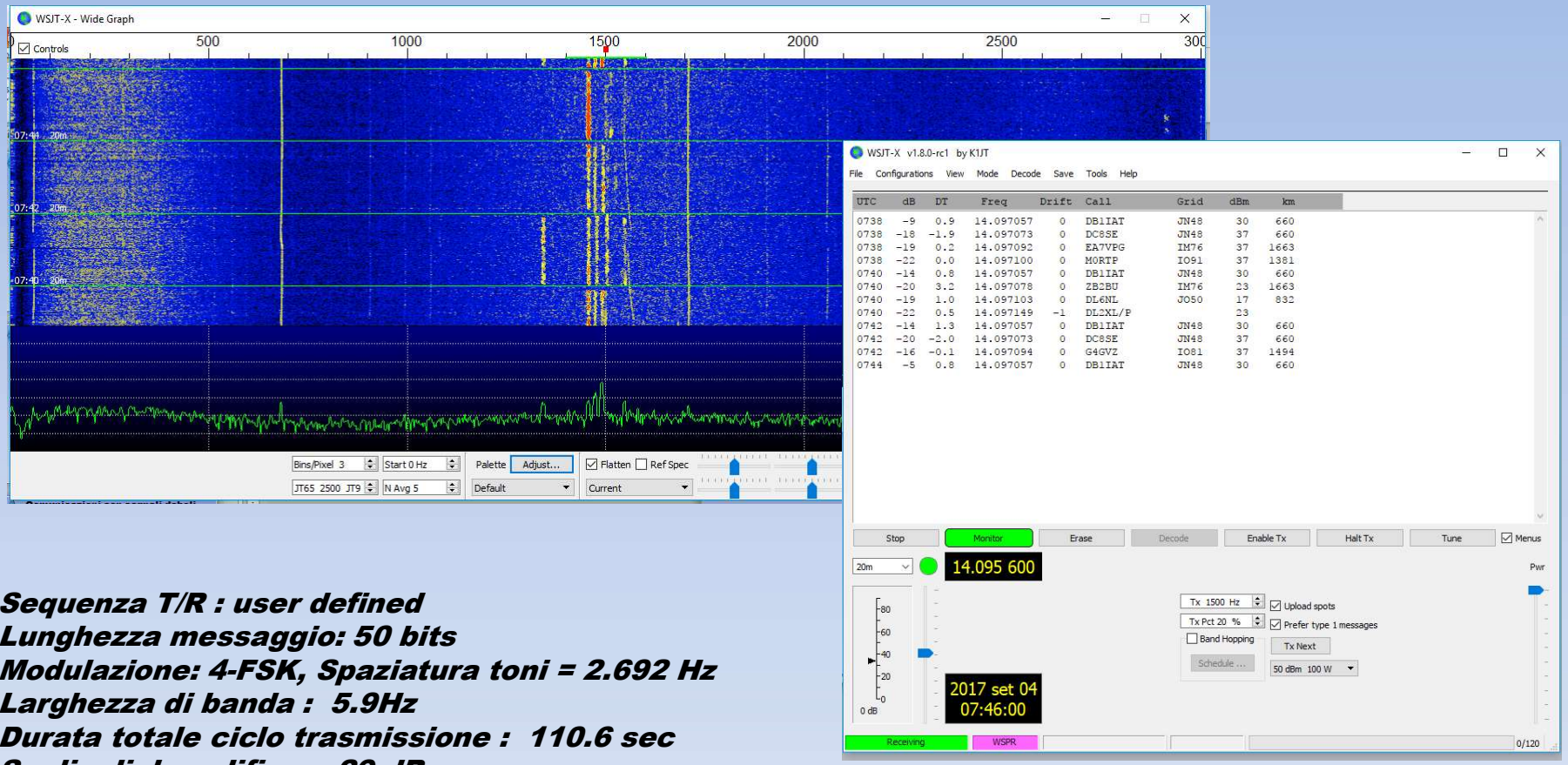


- ***Sequenza T/R : 60 s***
- ***Lunghezza messaggio: 72 bits***
- ***Modulazione: 65-FSK, Spaziatura toni = 2.692 Hz***
- ***Larghezza di banda : 177.6Hz***
- ***Durata totale ciclo trasmissione : 46.8 sec***
- ***Soglia di decodifica : -25 dB***
- ***Multi-decoder***

https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjtx-doc/wsjtx-main-1.7.0.html#PROTOCOLS

Comunicazioni con segnali deboli

WSPR



- ***Sequenza T/R : user defined***
- ***Lunghezza messaggio: 50 bits***
- ***Modulazione: 4-FSK, Spaziatura toni = 2.692 Hz***
- ***Larghezza di banda : 5.9Hz***
- ***Durata totale ciclo trasmissione : 110.6 sec***
- ***Soglia di decodifica : -29 dB***
- ***Multi-decoder***

https://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/WSPR_2.0_User.pdf

JT65

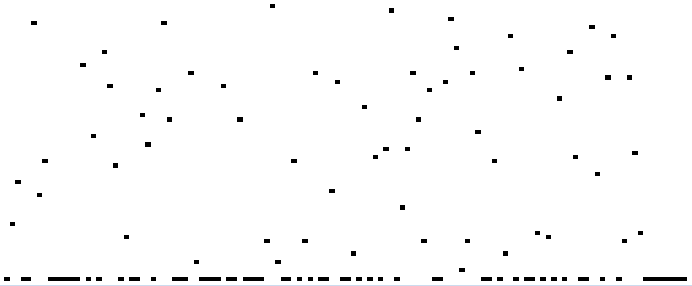
Comunicazioni con segnali deboli

JT65

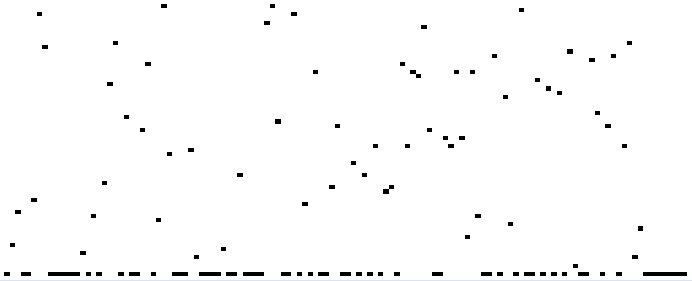
Un messaggio standard consiste di 72 bit di informazione utente, 15 bit di locatore ed un bit che indica il tipo di messaggio.

Un algoritmo di compressione a correzione di errore trasforma il messaggio in 63 toni (+ reference) che vengono trasmessi insieme al segnale di sincronismo in 126 slot temporali di 0.372 sec : totale 46.8 secondi. La larghezza di banda e' di 355 Hz.

Come visto il ciclo T/R e' di 60 secondi e quindi SONO DISPONIBILI 12 SECONDI PER PRENDERE UNA DECISIONE !



VK7MO K1JT FN20



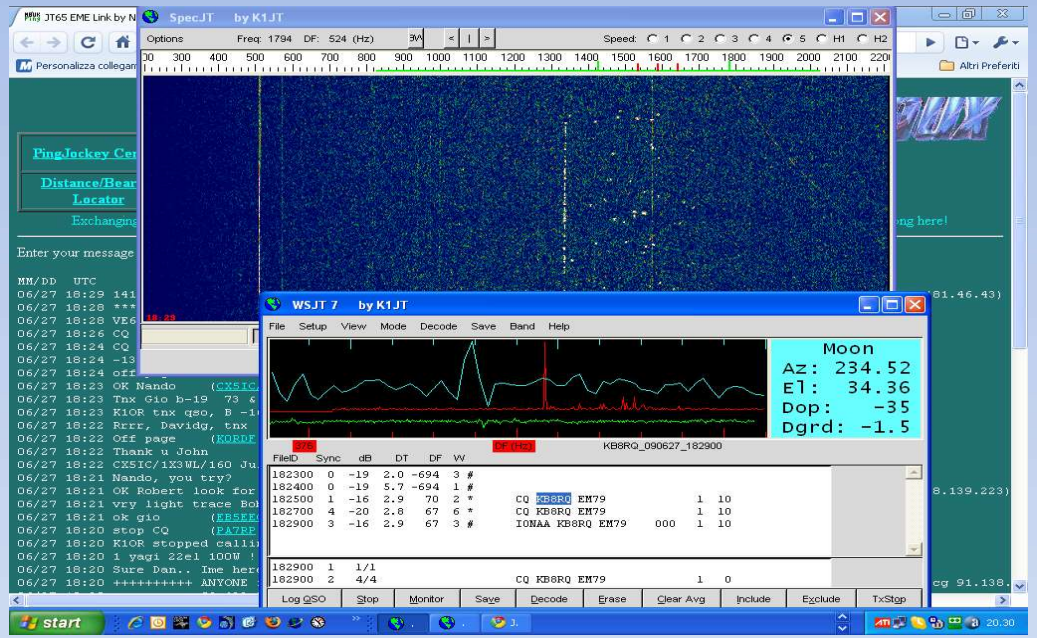
VK7MP K1JT FN20

La codifica, basata su un algritmo di Forward Error Correction (FEC) e' estremamente complessa e piccole variazioni producono segnali totalmente differenti

Comunicazioni con segnali deboli

JT65 in 144 Mhz

E' il modo piu' utilizzato per EME e consente di effettuare collegamenti con stazioni QRP !



144 I0NAA 2X9 WIMO 100W

144 9A4QV 3el Quad 300W

144Mhz

1. **RTX da 100W**
2. **Pre a bassa cifra di rumore (senza esagerare ...)**
3. **Un sequenziatore (.. Per evitare di bruciare il pre ..)**
4. **Una Yagi da 6-10 elementi**
5. **Un rotore altazimutale (ma si puo' iniziare senza !!!)**
6. **Un PC con WSJT ed un programmino per l'ora esatta !**
7. ***La chat @ http://www.chris.org/cgi-bin/jt65emeA***

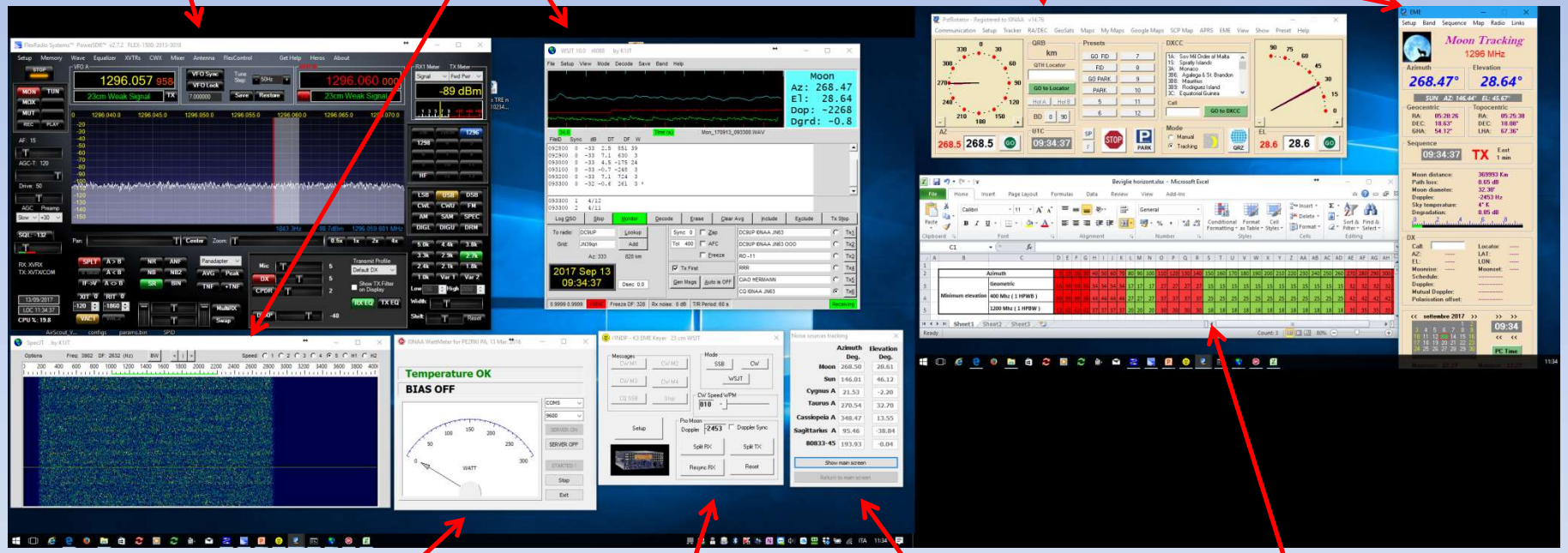
Comunicazioni con segnali deboli

JT65 in 1290 Mhz

PowerSDR

WSJT10

PstRotator



I0NAA PA Server

I1NDP doppler correction

Murmur

I0NAA Horizon

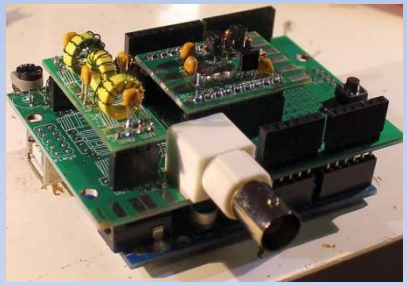
WSPR

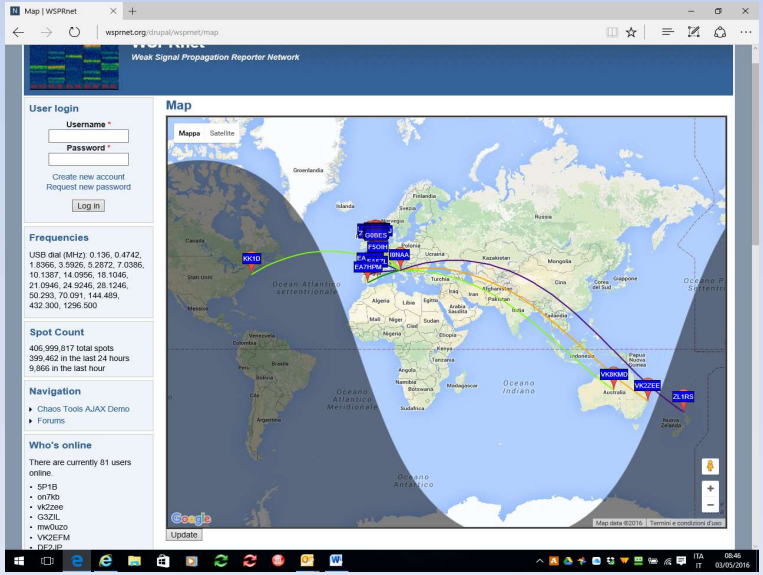
Comunicazioni con segnali deboli

WSPR

Il modo di trasmissione WSPR (pronuncia “whisper”, cioè “sussurro”) che significa “Indicatore della Propagazione con Segnali Deboli” (Weak Signal Propagation Reporter) e’ un modo di trasmissione implementato, oltre che sui programmi di K1JT, su molte altre piattaforme .

Si trasmette nominativo, locatore (in formato corto) e potenza (in dBm), usando un formato compresso dei dati ed un codice di correzione errore mediante la modulazione a banda stretta 4-FSK (4 toni).
....se lo ascoltate udirete solo una nota che sembra fissa poiche’ la separazione dei toni e’ di solo 1.4648 Hz.





Una semplicissima implementazione con il kit Ultimate 3S di QRP-labs (http://www.qrp-labs.com/) che fornisce circa 200 mW e con un dipolo orientato N-S ha permesso collegamenti eccezionali dal mio QTH .....

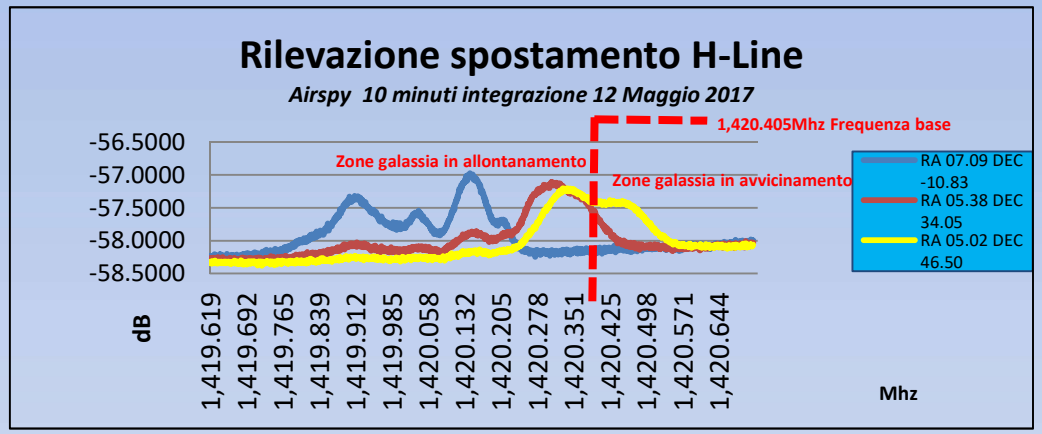
CONCLUSIONI

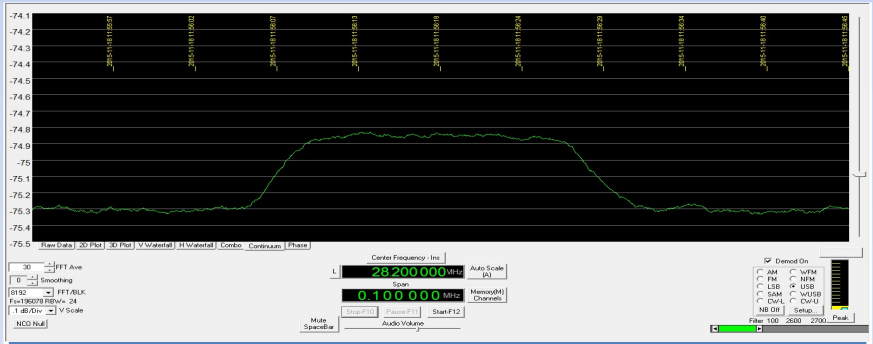
Comunicazioni con segnali deboli

CONCLUSIONI

Una stazione che affina le capacita' di ricevere i segnali deboli si puo' anche avvicinare con successo alla radioastronomia con numerose possibilita' di sperimentazione avanzata.

Misura velocita' relativa di alcune zone della galassia





Cigno – A @ 1290 Mhz

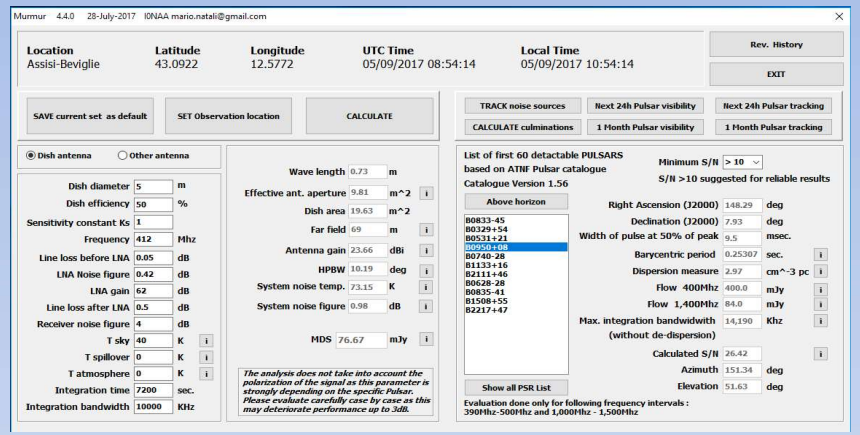
Rilevamento della radiosorgente Cygnus-A

..... Ma l'obiettivo finale sono le PULSARS !!!!

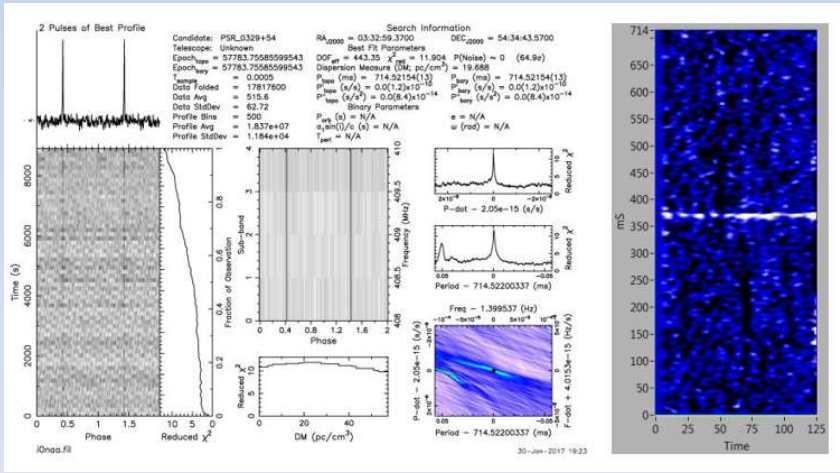
Comunicazioni con segnali deboli

CONCLUSIONI

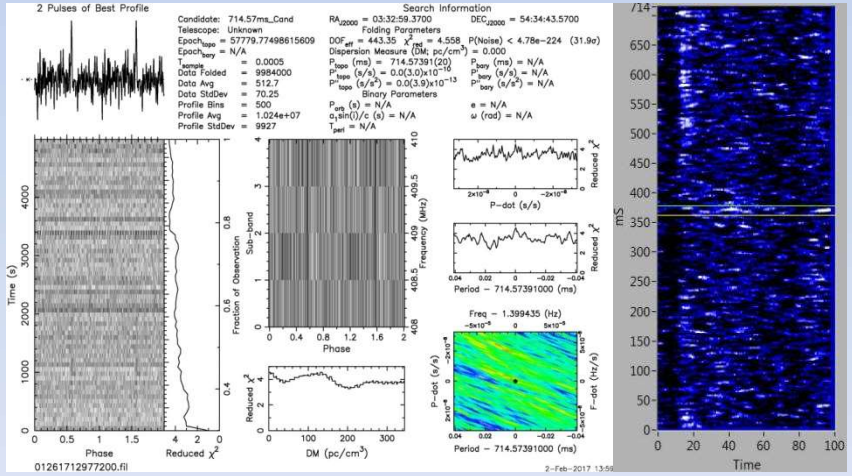
Il rilevamento delle PULSARS e' uno dei piu' ambiti obiettivi di chi si occupa di segnali deboli e costituisce la prova del perfetto allineamento di tutti gli elementi della stazione !



Programma MURMUR



Rilevamento B0329+54 @ 409 Mhz



Rilevamento B0329+54 @ 1300 Mhz

GRAZIE !