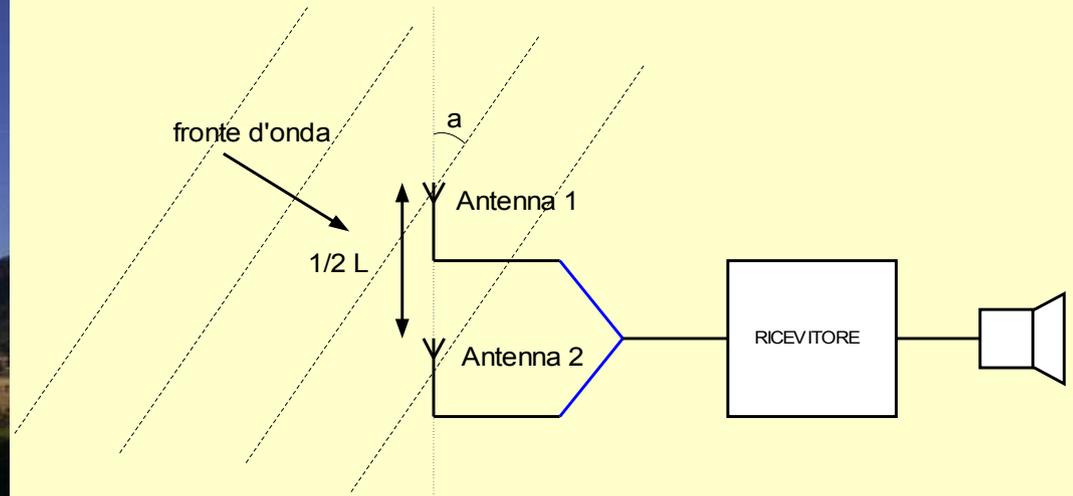


Ricevitori per più antenne

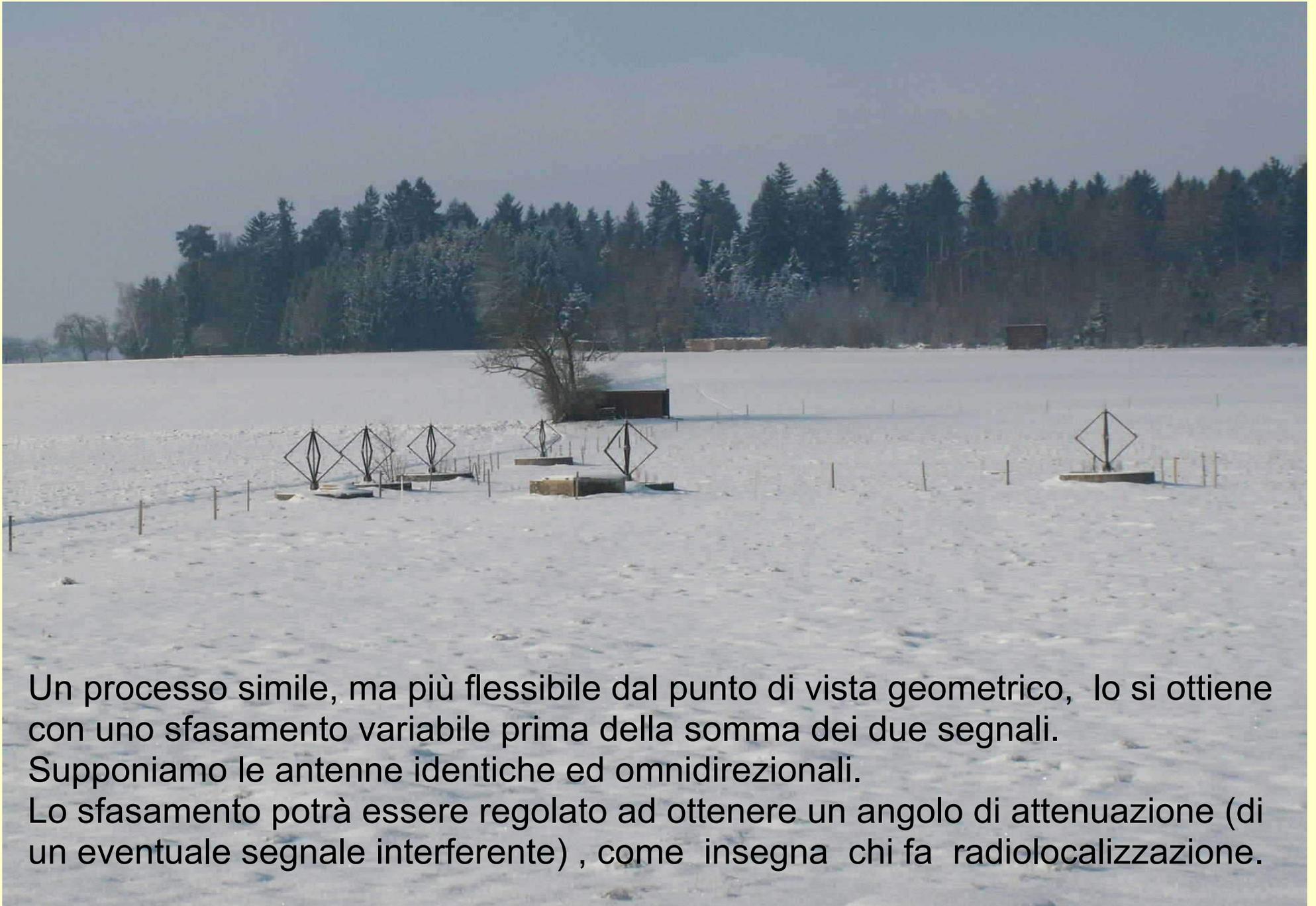
Oscar Steila, IK1XPV

36° Meeting Alpe Adria
Software Defined Radio Forum
Udine, 18 Novembre 2007



I radioamatori hanno da molti anni utilizzato la tecnica e talvolta la fantasia per accoppiare il segnale proveniente da più antenne in modo da migliorare la ricezione di segnali deboli o interferiti.

Il segnale arriva con fasi diverse sulle due antenne. Se si sommano i segnali provenienti dalle due o più antenne all'ingresso di un ricevitore si ottiene un guadagno. Un guadagno si ha nella direzione in cui i segnali ricevuti dalle due antenne si sommano mentre, se hanno fase opposta, si osserva una attenuazione quando si elidono. Si possono ottenere 3 dB di segnale in più sul rumore.



Un processo simile, ma più flessibile dal punto di vista geometrico, lo si ottiene con uno sfasamento variabile prima della somma dei due segnali. Supponiamo le antenne identiche ed omnidirezionali. Lo sfasamento potrà essere regolato ad ottenere un angolo di attenuazione (di un eventuale segnale interferente) , come insegna chi fa radiolocalizzazione.

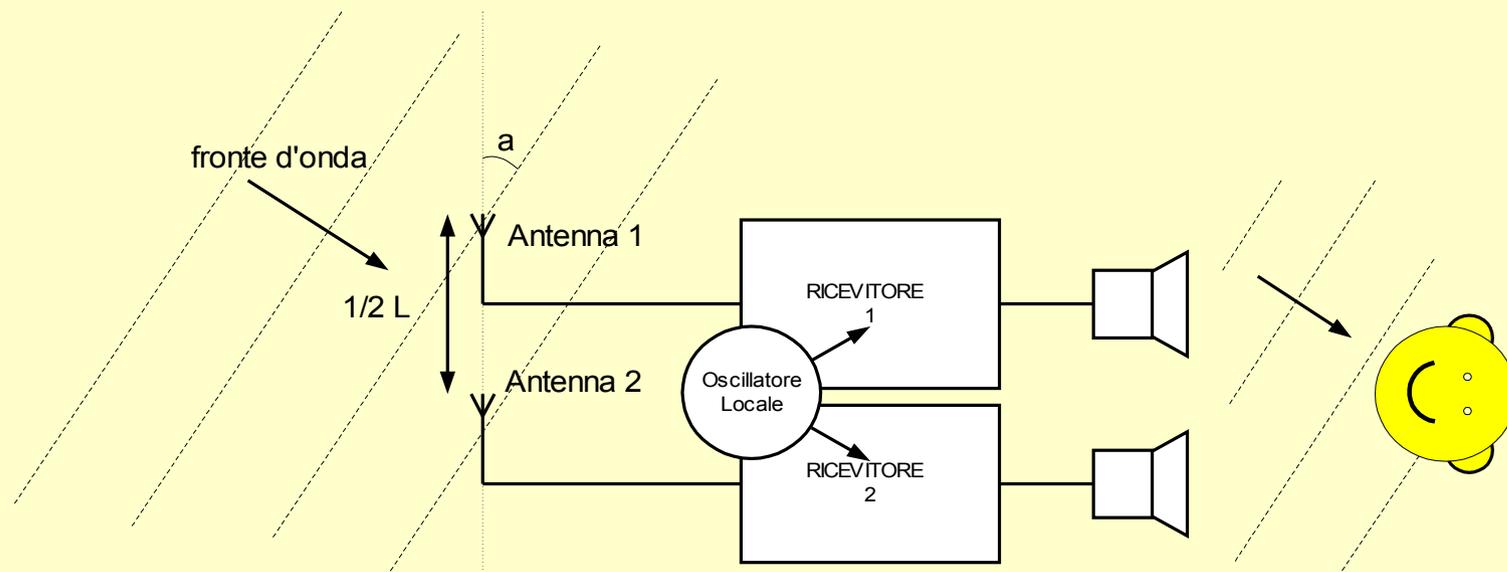
Nel passato alcuni ricevitori sono stati disegnati appositamente per la ricezione in diversity. Lo scopo era quello di ridurre l'effetto del fading nella ricezione di segnali broadcasting in AM.

Hallicrafters DD-1 Dual
Diversity radio receiver.
built circa 1937



Qualcuno di noi ha provato ad impiegare due ricevitori su antenna diverse per ricevere gli stessi segnali in SSB o CW.

Chi lo ha fatto ha subito notato che il processo di sintonia, nel caso di ricevitori non sincronizzati di fase (con l'oscillatore locale), produce effetti acustici di battimento che rendono la tecnica inutile e fastidiosa. A questo si aggiunga che gli agc dei due ricevitori sono diversi tra loro.

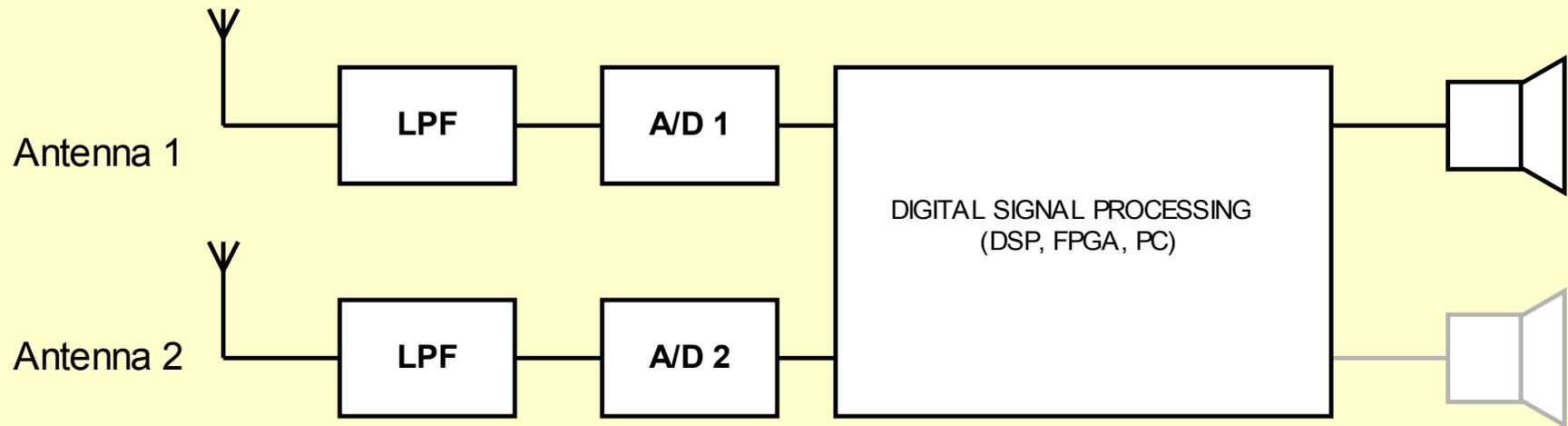


La cosa diventa interessante, quando si utilizza nei due ricevitori (supereterodina o eterodina) lo stesso oscillatore locale. In questo caso, nel caso di demodulazione lineare (SSB, CW), i due segnali demodulati mantengono tra di loro la stessa relazione di fase dei segnali originali.

Questo permette la ricezione “con le due orecchie” di una informazione spaziale di fase, che rappresenta un miglioramento minimo della qualità di ricezione.

Negli ultimi decenni il processamento digitale del segnale permette di guadagnare un poco di più dal fatto di avere più antenne.

L'architettura generica di un siffatto ricevitore può essere del tipo:



Il processamento digitale del segnale proveniente dalle due antenne è coerente: i campionamenti sono sincroni ed in fase così come i processi di sintonia e decimazione.

Gli algoritmi di processamento per discriminare i segnali ricevuti tra di loro e/o dal rumore possono essere implementati a valle della sintonia, a velocità di campionamento sufficientemente basse da essere praticabili sui nostri PC.

Angolo di arrivo del segnale RF.

La relazione di fase viene mantenuta nei diversi passi del processamento, è quindi semplice calcolare la fase relativa di un segnale ricevuto. Se utilizziamo una FFT per fare un'analisi spettrale "panoramica" del segnale ricevuto, possiamo associare l'informazione di fase ad esempio con il colore. Vedremo allora i segnali provenienti da nord/sud di colore blu e quelli da est/ovest verdi.

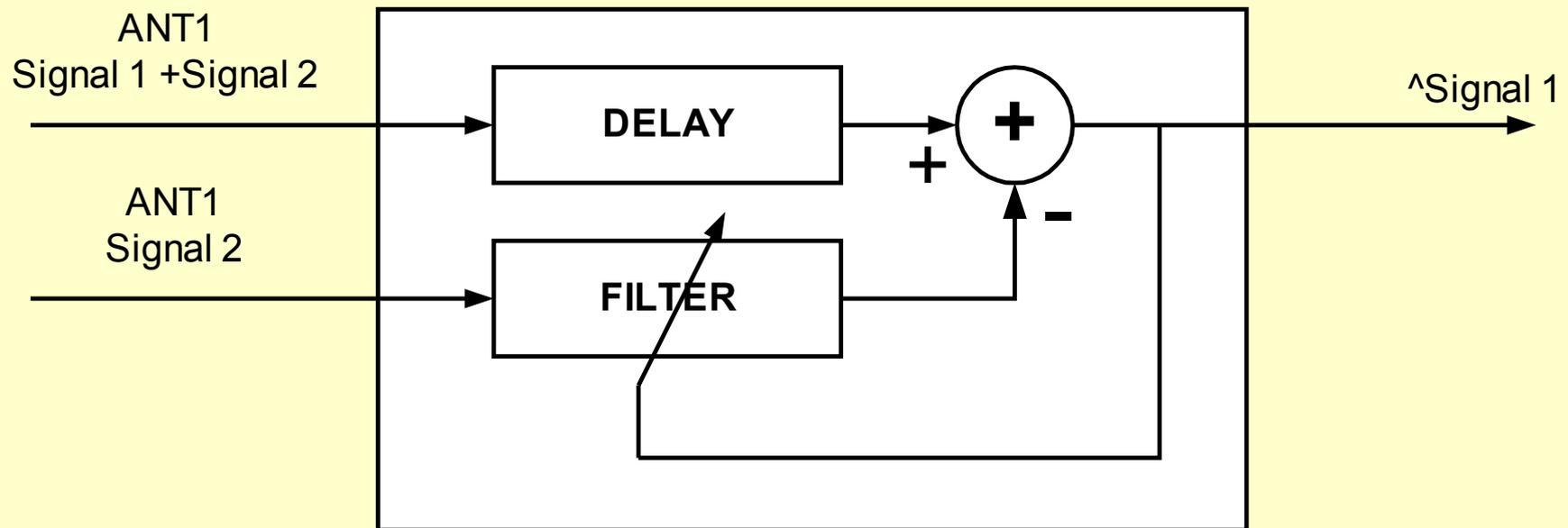
Con due sole antenne non si può raggiungere una risoluzione elevata, ma la stessa geometria si può usare anche per avere :

1) Attenuazione (geometrica) di una stazione interferente.

Possiamo introdurre uno sfasamento variabile tra i due segnali ed ottenere una attenuazione di un segnale interferente purchè sia geometricamente visto dalle due antenne sotto un angolo diverso dal segnale desiderato.

2) Cancellazione di interferenze elettromagnetiche locali.

Possiamo utilizzare in questo caso un'antenna "buona", ANT1, ed una antenna "cattiva", ANT2, che ha lo scopo di catturare una copia del segnale locale interferente. Nel processamento si cercherà di sottrarre il segnale proveniente da ANT2 da quello di ANT1 con l'intenzione di cancellare l'interferenza.



Questo approccio ha successo se il filtro adattativo riesce ad imitare la differenza di percorso del segnale interferente nel raggiungere l'antenna.

Possiamo aspettarci che operi bene se la sorgente interferente è localizzata e il percorso del suo segnale relativamente stabile.

La lunghezza del filtro come numero di campioni deve essere superiore alla differenza di tempo dei vari percorsi.

Tutte le tecniche di miglioramento della qualità soggettiva del segnale (filtri adattativi, correlatori,..) possono essere impiegate sul segnale stereo ottenendo una maggiore efficacia dalla informazione geometrica.

Esistono molti altri approcci alla separazione di sorgenti di segnali.

Nella nostra vita le mescolanze percettive di cui abbiamo esperienza sono molte e varie a partire dalla nostra infanzia. In questo contesto il più ovvio esempio è la sovrapposizione nella percezione del suono.

La percezione del suono che conosciamo è in fin dei conti il risultato di onde di pressione che, emanate da un oggetto che vibra, causano una vibrazione nel nostro timpano.

L'abilità del cervello umano di separare le differenti vibrazioni, che permette la percezione di suoni individuali, è davvero notevole ed è stata studiata in differenti aree dalla scienza.

L'abilità del cervello di separare i suoni individuali è chiamato metaforicamente **“cocktail party problem”** (Cherry, 1953): E' la separazione di voci individuali tra una molteplicità di voci in un ambiente acustico incontrollato come quello di un chiassosa festa.

Noi radioamatori lo conosciamo bene, lo sperimentiamo nei contest..e . nei QSO .!



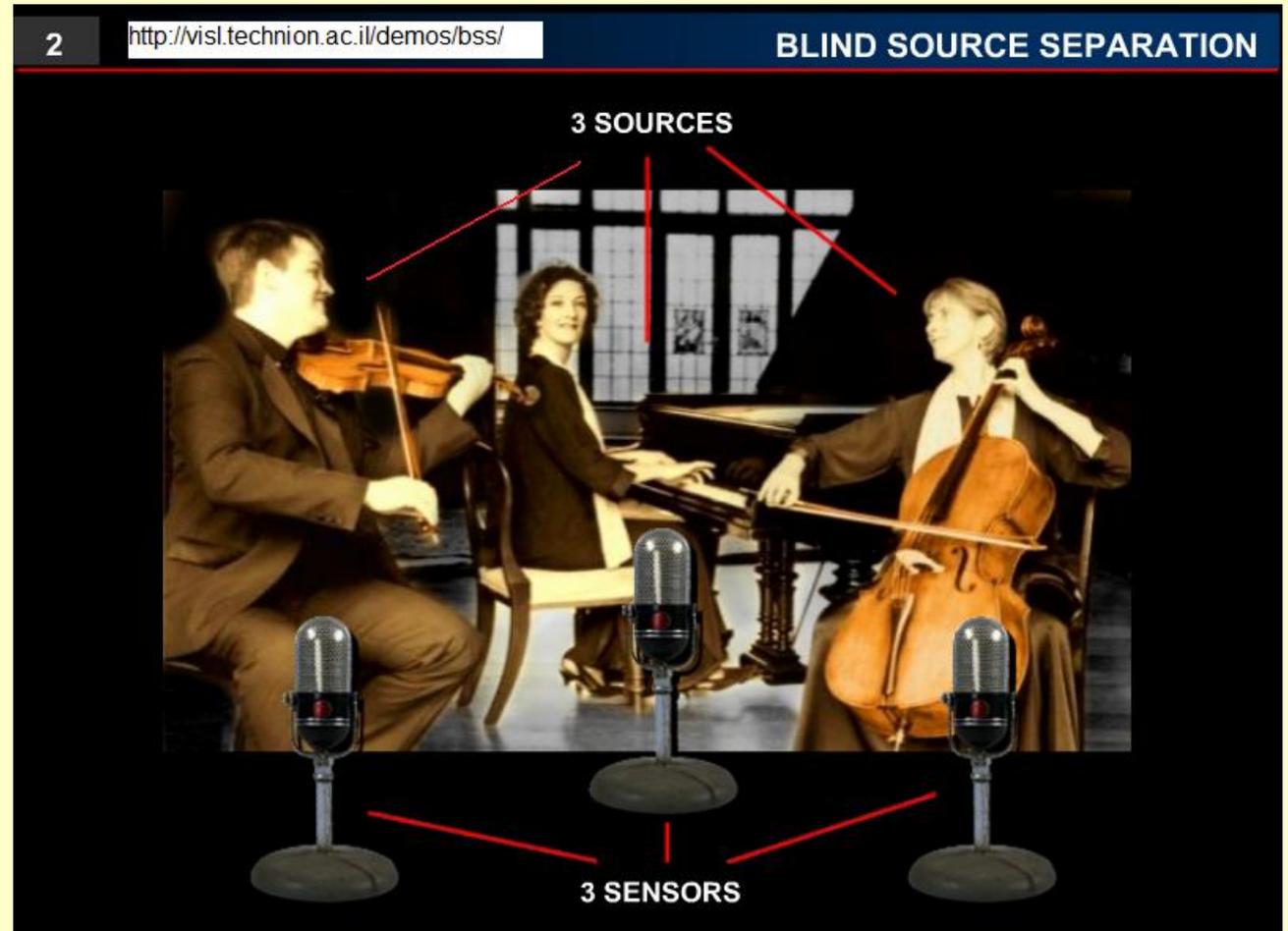
KC7MOD and KD7LGH

La separazione del suono nelle sue sorgenti costituenti ha molte applicazioni: nella scienza dei computer per l'interazione vocale uomo macchina, in medicina nelle ecografie e, se sostituiamo segnali elettrici ai segnali acustici, negli elettroencefalogrammi.

Come è possibile simulare l'abilità del cervello umano nel separare le sorgenti con una macchina?

Sono state inventate diverse strade.

Viene chiamato "Blind Source Separation" (BSS) un meccanismo adattativo in cui vengono separate le sorgenti partendo dalle loro combinazioni lineari ricevute da sensori separati.



VISL: Vision and Image Sciences Laboratory: <http://visl.technion.ac.il/demos/bss/>

Notiamo che non si ha a priori conoscenza di come sono mescolati i segnali che arrivano ai sensori, ma il meccanismo “impara” a separarli.

Il BSS può impiegare diversi algoritmi come Independent Component Analysis (ICA)(Comon, 1994) e Non-Negative Matrix Factorisation (NMF) (Lee and Seung, 2001).

ICA è basato sulla teoria dell'informazione e separa le componenti indipendenti in termini di distribuzioni casuali. Le statistiche di questi processi casuali sono impiegate per caratterizzare ciascuna componente.

Al contrario, NMF applica un procedimento algebrico ai dati. Esso ottiene la separazione con la fattorizzazione di dati non negativi in matrici di dimensioni appropriate.

Attraverso il WEB, partendo ad esempio da Wikipedia, possiamo trovare descrizione ed esempi di applicazione di questi algoritmi.

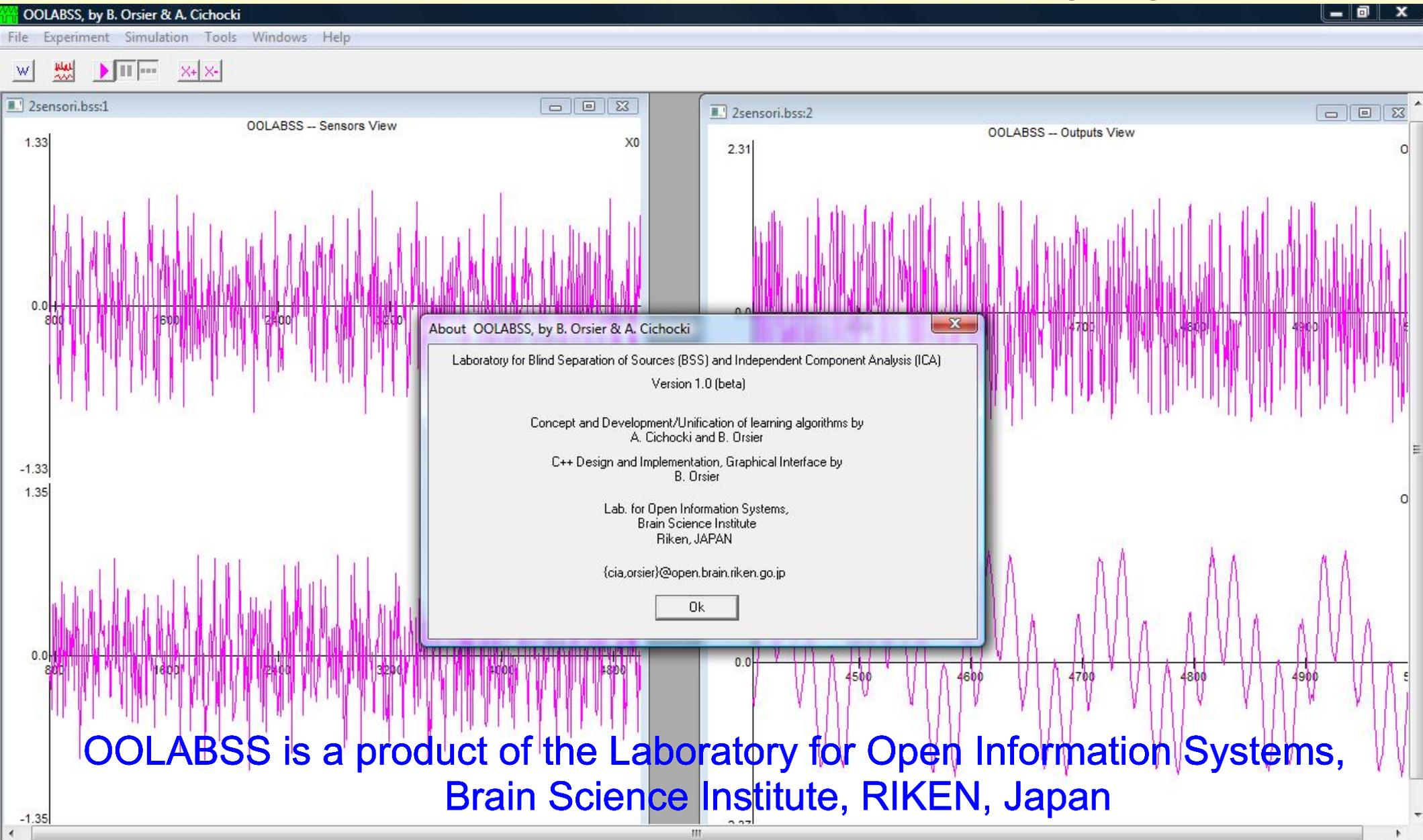
http://en.wikipedia.org/wiki/Blind_source_separation

http://en.wikipedia.org/wiki/Independent_component_analysis

http://en.wikipedia.org/wiki/Non-negative_matrix_factorization



OOLABSS è un esempio di ambiente per lo sviluppo degli algoritmi BSS



OOLABSS is a product of the Laboratory for Open Information Systems,
Brain Science Institute, RIKEN, Japan

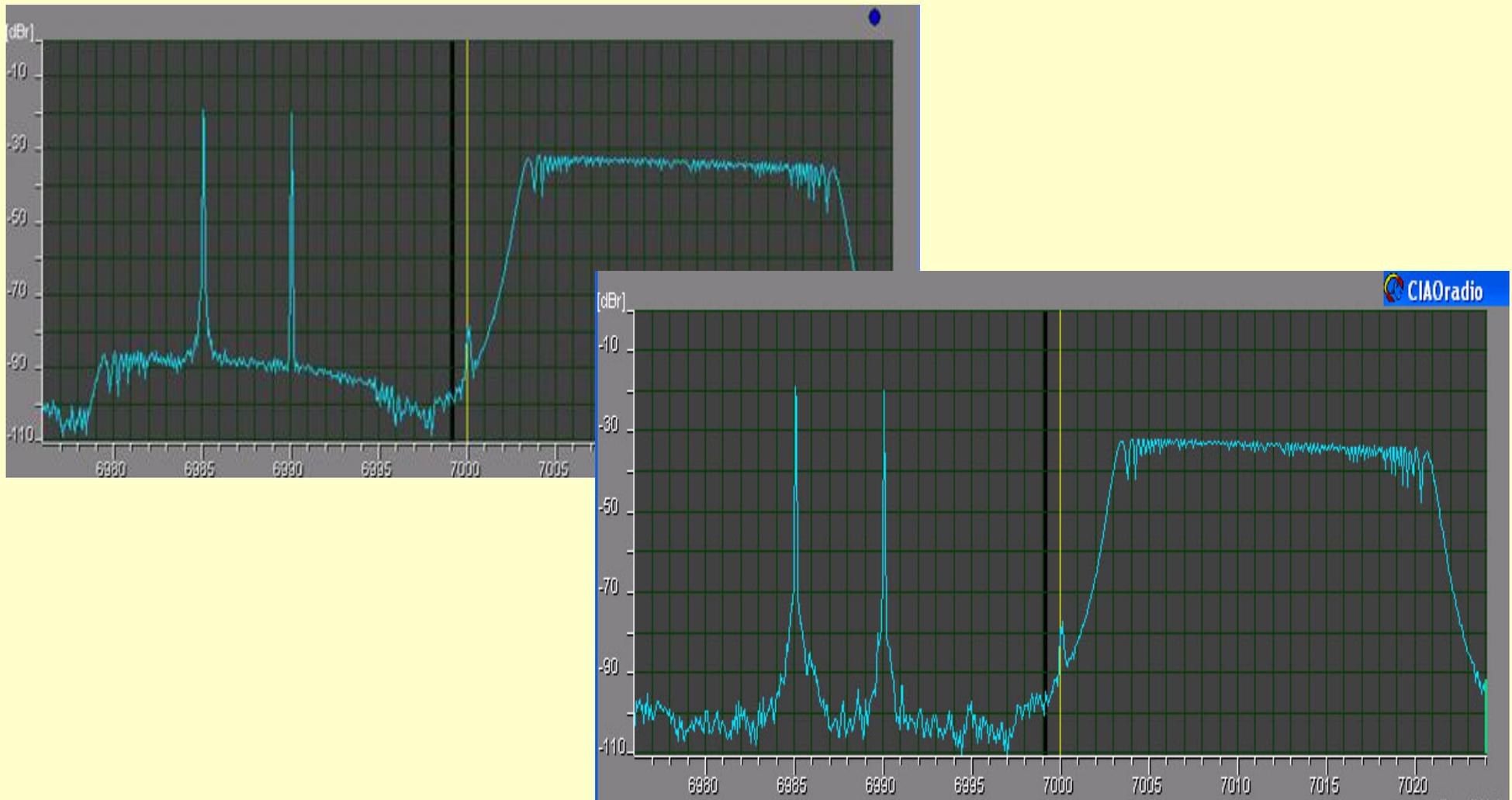
Gli studi di queste tecniche non affrontano subito il difficile scenario reale e fanno degli assunti di semplificazione.

- Il più rudimentale di questi modelli assume che le sorgenti arrivino istantaneamente con diverse intensità ai vari sensori.
- Un passo successivo è quello in cui i ritardi vengono considerati ma si usa ancora un solo percorso (camera anecoica).
- Un modello più complesso e reale tiene conto degli echi e dei percorsi multipli. Quest'ultimo caso si avvicina in parte a quello dei segnali captati da due antenne e modificati dalla propagazione.
- Nel caso del canale radio il fading del canale modifica nel tempo la miscelazione dei segnali, anche molto velocemente , complicando il problema.

Ricordiamo inoltre che alcuni tipi di demodulazione (AM, FM) sono processi non lineari; la separazione delle sorgenti dovrà essere realizzata prima della demodulazione.

Una tecnica statistica simile è stata utilizzata in CIAOradio H101 (SDR I&Q) per cancellare in modo adattativo l'immagine.

<http://www.qsl.net/ik1xpv/dsp/pdf/aiqbta.pdf>

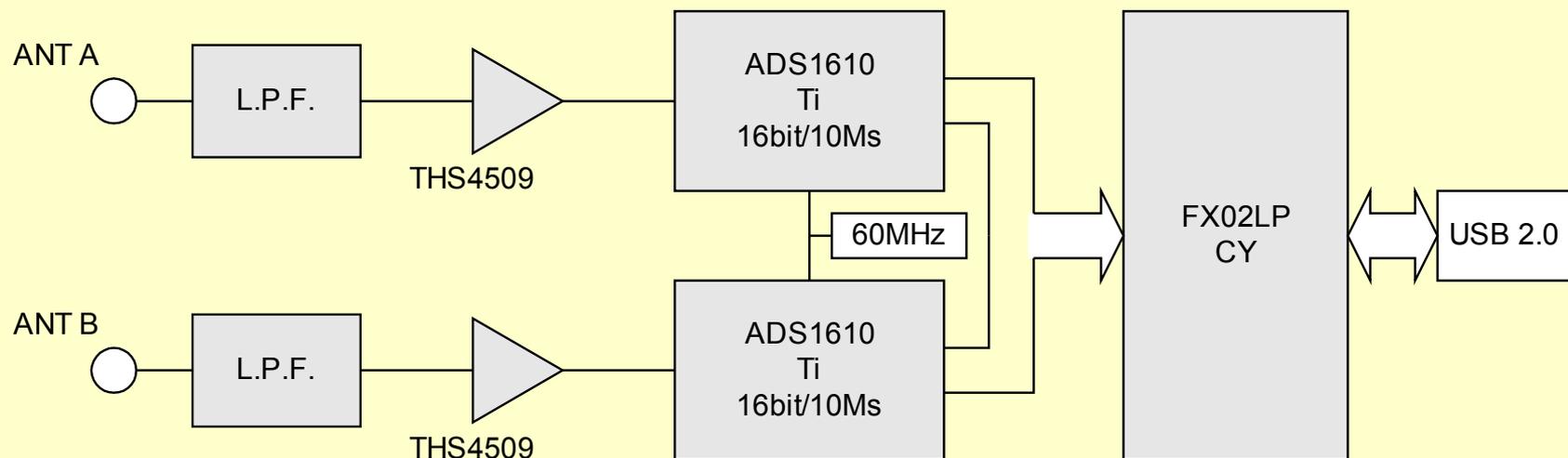


Il desiderio di provare alcuni algoritmi semplificati in un ricevitore stereo reale mi ha spinto, assieme a Claudio Re I1RFQ, a utilizzare il tempo libero nell'ultimo anno per realizzare un prototipo di ricevitore a digitalizzazione diretta stereo con due ingressi di antenna campionati in sincrono.

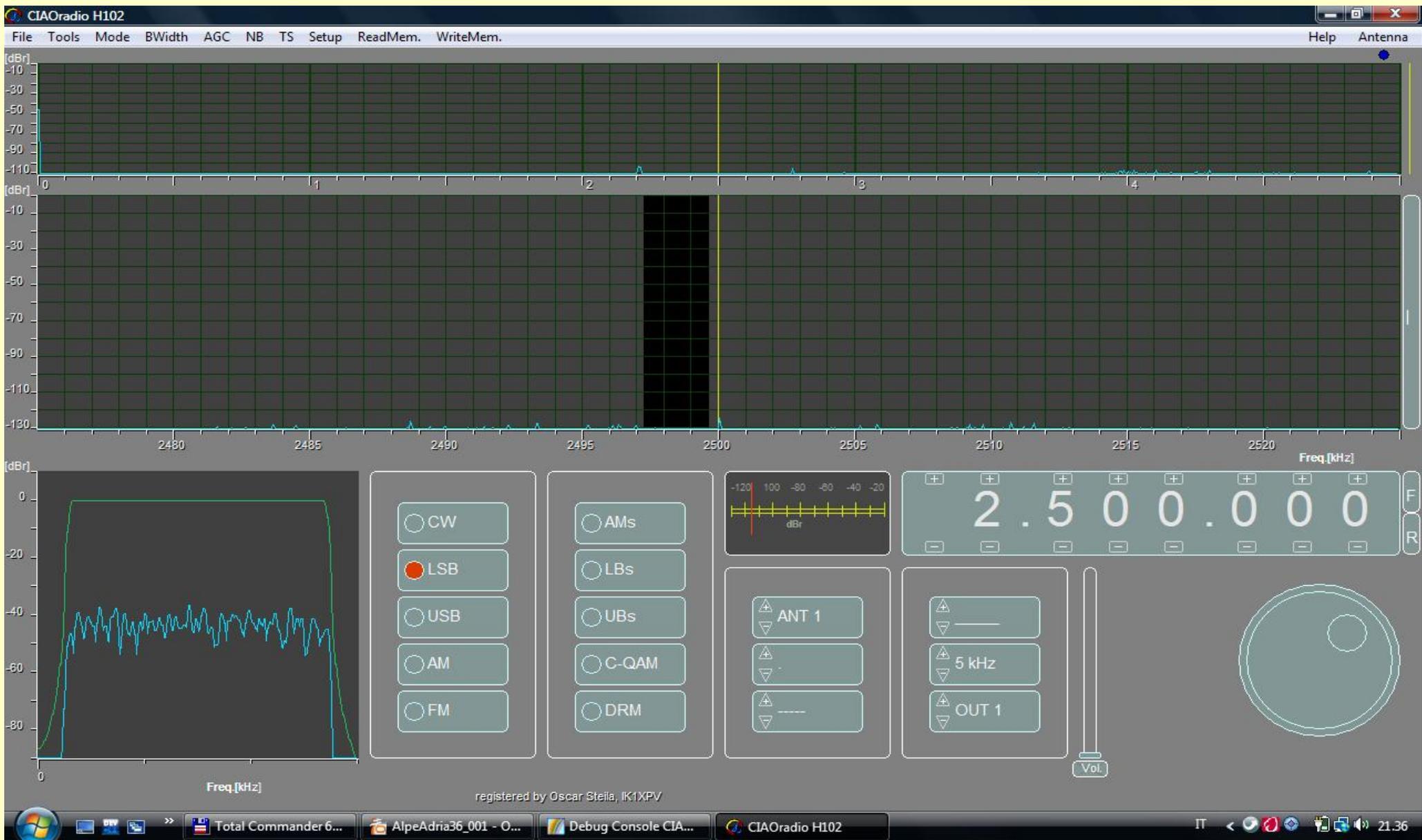
H102 è realizzato attorno a due ADS1610 della TI, (16 bit, 10Msps, Sigma Delta) che operano in sincronismo.

L'interfaccia USB2.0 permette di elaborare nel PC un flusso di 10 Msample a 16 bit (un canale mono di 5 MHz, o due da 2.5 MHz in stereo). Con tecniche di overclocking si possono raggiungere i 7.5 MHz con un canale.

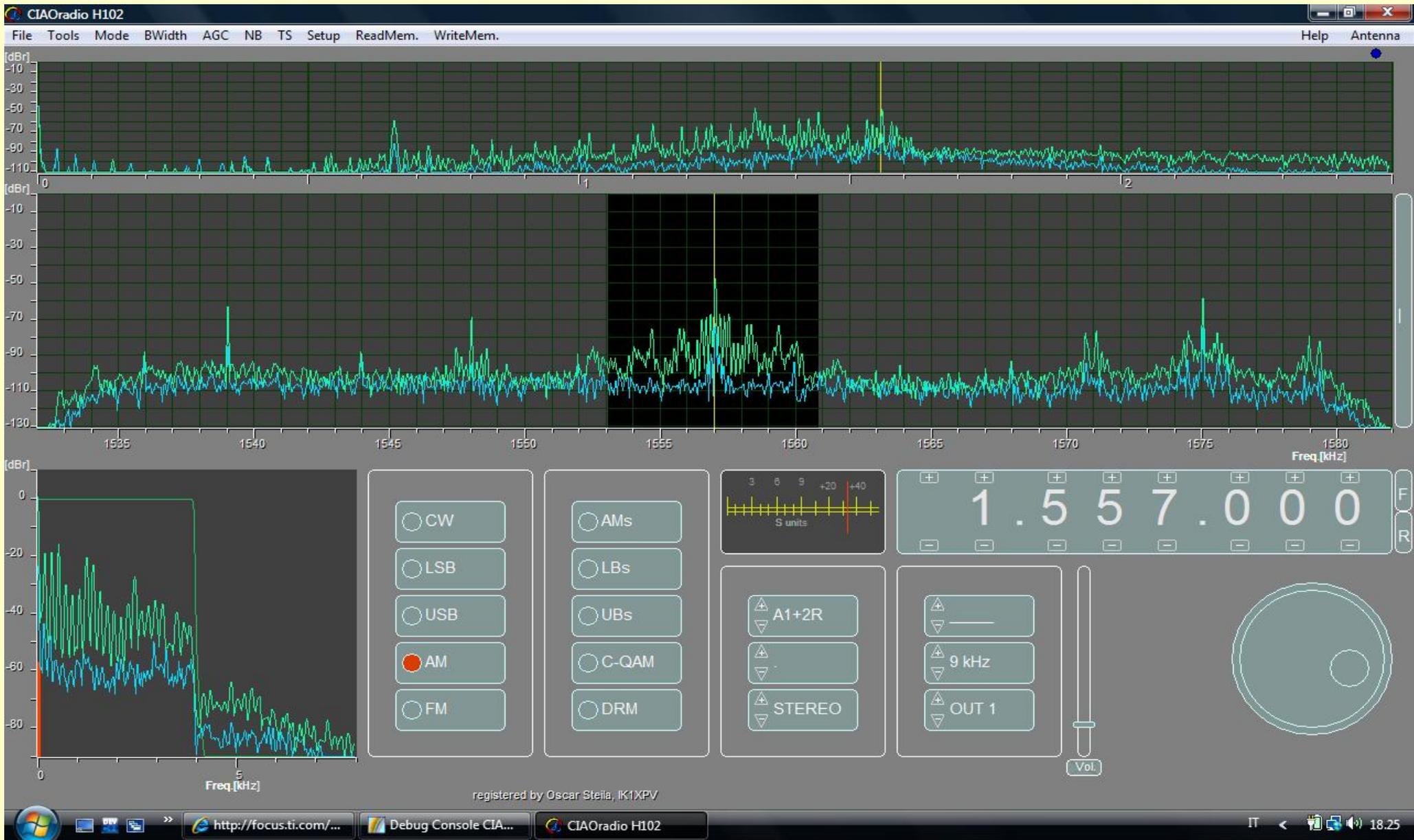
E' quindi possibile ricevere le onde medie o lunghe con due antenne, e stiamo iniziando a sperimentare tecniche ed algoritmi per migliorare la ricezione.



CIAOradio H102 - schema a blocchi



Il programma di controllo ha una finestra panoramica a 5MHz, una a 50kHz, ed una del filtro di demodulazione.



Quando si utilizzano due antenne la banda ricevuta è 2.5MHz

Esistono ricevitori SDR eccellenti, ma anche un circuito eterodina autocostruito è sufficiente per iniziare.

Uno degli aspetti più divertenti è certamente quello di cercare di adattare e talvolta inventare rappresentazioni grafiche e comandi adatti ai nostri scopi. Per fortuna i PC nascono con un audio stereo e un display a colori.

Buon divertimento a tutti.

ik1xpv@gmail.com

<http://www.qsl.net/ik1xpv/>

<http://www.comsistel.com/Ciao%20Radio.htm>