

Dream

Alcune istruzioni per l'uso

di Angelo | **BRUNERO**

Fino a poco tempo fa trovare un apparato ricevente in cui fosse facile individuare la media frequenza a 455 kHz, e in cui fosse facile inserire correttamente un down converter non era cosa così scontata. Personalmente ho fatto prove con diversi ricevitori (anche ricetrasmittitori) e mi è capitato poche volte di trovare i giusti livelli, la corretta impedenza, realizzare cioè una buona accoppiata tra ricevitore e down-converter; nella maggior parte dei casi mi è occorso di poter decodificare con il software Dream (Nota 1) solo i segnali più forti e solo in certe condizioni, situazione che so essere comune a molti lettori.

Fortunatamente oggi con i ricevitori definiti da computer o SDR (Nota 2) le cose si sono oltremodo facilitate; basta installare su un computer, insieme al programma di gestione del ricevitore SDR e il noto programma Dream, un VAC o Virtual Audio Cable (Nota 3) e non ci sono più problemi di accoppiamenti, livelli, impedenze, ecc.

Ci basta prendere familiarità con i comandi di Dream che sono molto semplici; ma è così facile utilizzare Dream? Ci basta fare i 'pigiabottoni' o vogliamo cercare di capire il significato delle diverse sigle, dei vari acronimi, e cosa succede attivando questo e disattivando quello? L'articolo in questione offre una panoramica sulle possibilità di uso e di intervento del programma Dream.

Mi scuso in anticipo con i puristi della lingua italiana se utilizzerò dizioni e notazioni della lingua inglese; l'italiano è sicuramente un'ottima lingua, ma l'inglese è spesso più sintetico e per rendere termini tecnici in inglese, ormai entrati nell'uso comune, mi occorrerebbero giri di parole e frasi intere.

FINESTRA PRINCIPALE

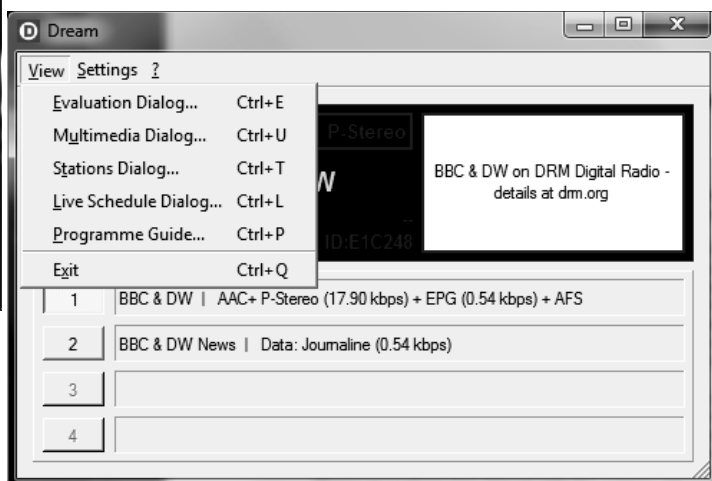


È la schermata che si apre all'avvio del programma. Da questa prima schermata possiamo vedere come il programma tenti (con successo o no) di sincronizzare una trasmissione in standard DRM (Nota 4), il nome della trasmittente acquisita ed altre informazioni:

- **Text Message:** in alto a destra viene evidenziata una etichetta di testo, che può essere fissa o cambiare; se la stazione trasmittente non invia un messaggio testuale questo campo rimane ovviamente vuoto.

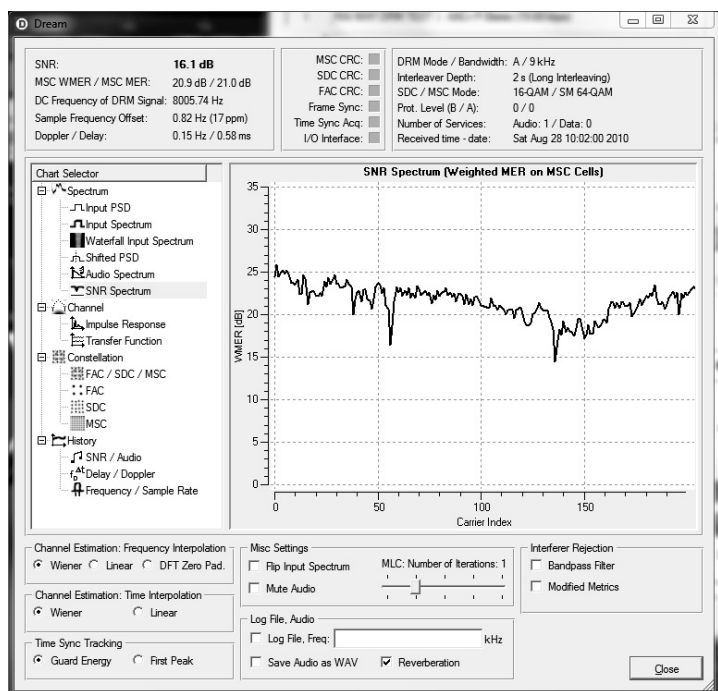
- **Input Level:** viene evidenziato in dB il livello di ingresso relativo del segnale audio. Se la barra da verde diventa rossa significa che il livello è troppo elevato ed occorre mettere mano o sui settaggi del PC riducendo il segnale in ingresso alla scheda sonora ovvero riducendo il segnale in uscita dal down converter.
- **Status LEDs:** i tre led (Nota 5) mostrano lo stato di CRC (Cyclic Redundancy Check) dei tre canali logici dello streaming DRM. Dal basso sono il FAC (Fast Access Channel), l'SDC (Service Description Channel) ed l'MSC (Main Service Channel).
- **Station Label e Info Display:** si tratta della finestra dove appaiono il nome dell'emittente ed altre informazioni di servizio. Si legge il bit-rate (in kbit al secondo); il tipo di protezione dagli errori (EEP=Equal Error Protection, UEP=Unequal Error Protection); il formato di compressione audio o AAC (Nota 6); se viene usato l'SBR (Spectral Band Replication che innalza l'efficienza di compressione nel dominio della frequenza); se il segnale è mono, stereo o LC-stereo (low-complexity o stereo parametrico). Si noti che se viene utilizzato il sistema SBR (Nota 7), la frequenza di campionamento risulta essere due volte quella ottenibile con il sistema AAC (Advanced Audio Coding). Il formato di carattere più grande viene utilizzato per mostrare il nome dell'emittente. Vengono ancora indicate la lingua e di che tipo di programma si tratta, e un numero identificativo o ID number relativo al servizio.
- **Service Selectors:** lo streaming DRM può trasportare fino a 4 servizi contemporaneamente; il tipo di servizio può essere audio, dati, o audio+dati. Appena a destra del bottone di selezione del servizio si può leggere una breve descrizione del servizio trasmesso; se viene veicolato un servizio audio+dati, leggeremo l'indicazione MM; per leggere il servizio di diffusione testi basterà fare click sul bottone e si aprirà una ulteriore finestra di Multimedia Dialog, mentre continuerà a scorrere lo streaming audio.
- **View:** facendo click si può scegliere tra Evaluation Dialog e Multimedia Dialog, Station Dialog, Live Schedule Dialog e Programme Guide.
- **Settings:** di qui si va alle varie scelte e settaggi (la scheda sonora, l'eventuale VAC, modo DRM piuttosto che AM, scelta dei colori e modo di rappresentazione dei grafici).

EVALUATION DIALOG



Questa finestra fornisce informazioni dettagliate sulla ricezione DRM; da questa finestra possono essere effettuati anche altri settaggi.

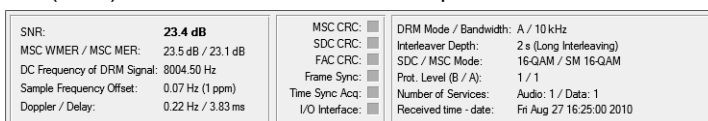
PANNELLO DELLE MISURE



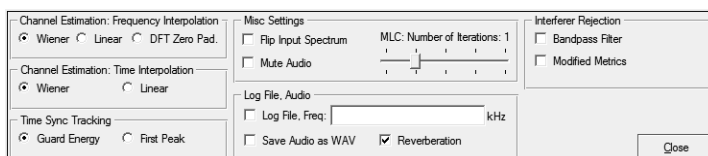
- **SNR:** Signal to Noise Ratio, ovvero il rapporto tra segnale e rumore rilevato dalle celle di FAC (vedi dopo).
- **MSC WMER / MSC MER:** Modulation Error Ratio pesato (Weighted) e non. Viene misurato il vettore di errore rilevato sul punto ideale più prossimo per ogni cella equalizzata del Main Service Channel (e non di altre celle); viene trovata la grandezza quadratica di tale errore e viene fatta una media dell'errore quadratico (Nota 8).
- **DC Frequency Offset:** viene indicata la valutazione dello scostamento della DC. Questo scostamento corrisponde alla stima della frequenza intermedia della scheda audio; occorre prestare attenzione al fatto che lo spettro del segnale DRM deve necessariamente essere compreso nella banda passante della scheda sonora del computer.
- **Sample Frequency Offset:** si tratta della stima dello scostamento tra la frequenza di campionamento della scheda sonora del computer e la frequenza di campionamento del convertitore da digitale ad analogico del trasmettitore. Generalmente questo scostamento è costante per una data scheda sonora. Solitamente non si interviene per alterare questo valore, tuttavia può essere settato (vedi oltre).
- **Doppler/Delay:** la frequenza Doppler del canale viene calcolata per il filtro di Wiener (Nota 9) nel dominio del tempo. Se l'interpolazione lineare è settata per la stima del canale nel dominio del tempo, tale stima non viene aggiornata. La frequenza Doppler è l'indicazione di quanto velocemente varia il canale con il tempo: più alta è la frequenza, più velocemente varia il canale.
- **I / O Interface LED:** questo led mostra lo stato di attività della scheda sonora. Se è giallo significa che l'uscita audio è corretta. Dato che la frequenza di campionamento del trasmettitore e del computer sono differenti, a volte il buffer audio si riempie o si svuota troppo per cui si rende necessaria una correzione; quando questo succede, si ascolta un rumore tipo "click". Se il led è rosso significa che si è perso un buffer nel flusso della scheda sonora; questo succede se una stringa con la massima priorità è al 100% ed il software di Dream non riesce a leggere i blocchi previsti in modo sufficientemente

veloce; in tal caso Dream perderà immediatamente la sincronizzazione e dovrà risincronizzarsi. Il led sarà in condizione rossa anche se il processore del PC è troppo lento.

- **Time Sync Acq LED:** questo led indica lo stato di acquisizione della sincronizzazione temporale, ovvero la ricerca dell'inizio di un simbolo OFDM (Nota 10); se vi è stata acquisizione allora il led è verde.
- **Frame Sync LED:** questo led mostra lo stato di sincronizzazione della struttura DRM.
- **FAC CRC LED:** questo led mostra il Cyclic Redundancy Check del Fast Access Channel. FAC è uno dei tre canali logici ed è sempre modulato in 4-QAM o Quadrature Amplitude Modulation. Se il controllo dei parametri ha avuto successo, il ricevitore si mette in modo tracking ed il led si mostrerà verde se il ricevitore si è sincronizzato, altrimenti sarà rosso.
- **SDC CRC LED:** il led mostra il risultato del controllo sul Service Description Channel, che è uno dei canali logici della trasmissione in DRM. Il dato viene aggiornato approssimativamente ogni secondo e contiene le informazioni sul nome dell'emittente, sul tipo di audio, sul formato dei dati, ecc. La protezione dagli errori è in genere più bassa rispetto al FAC, per cui il led sarà rosso prima del FAC LED.
- **MSC CRC LED:** il led mostra lo stato del Main Service Channel, che contiene le informazioni dell'audio e dei dati; infatti mostra il controllo CRC del decodificatore AAC (Advanced Audio Coding). Se il led si presenta rosso non ci sarà possibilità di ascoltare segnale audio. Nello stato di giallo il led segnala un errore di 40 ms nel controllo della ridondanza ciclica (CRC) e l'audio sarà fortemente compromesso.



PANNELLO DEI SETTAGGI



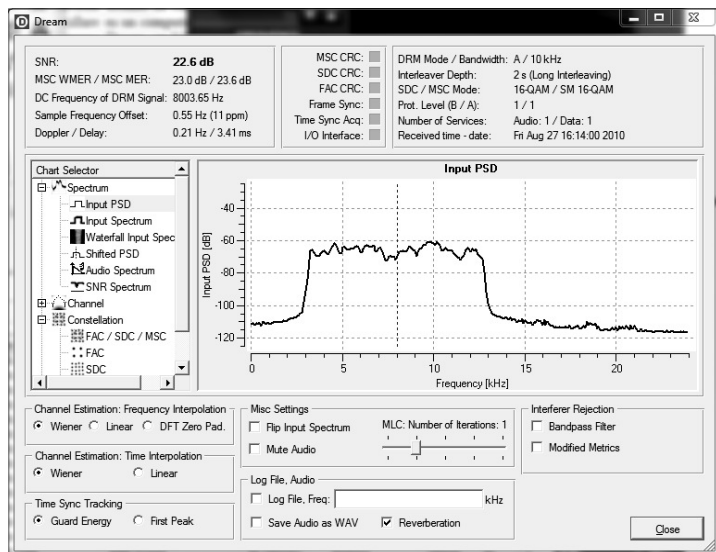
- **MLC, Number of Iterations:** nel DRM viene utilizzato un codificatore multicanale per tramite del quale è possibile replicare il processo di decodifica proprio per poterlo migliorare. Teoricamente più grande è il numero dei processi, migliore sarà il risultato; tuttavia aumentare il numero dei processi di decodifica aumenta considerevolmente il carico della CPU del computer. Ma due iterazioni del processo di decodifica apportano un miglioramento di soli 0.3 dB circa, per cui il numero di iterazioni standard=1 è quello ottimale.
- **Flip Input Spectrum:** tramite questo comando è possibile invertire lo spettro del segnale in ingresso. Regolazione che si rende necessaria allorché il mixer nel front-end usa la modalità LSB (Lower Side Band).
- **Mute Audio:** il comando disattiva l'uscita audio; il tempo di reazione al comando può essere superiore al secondo, ed è comunque il tempo necessario per svuotare il buffer.
- **Log File:** il comando permette a Dream di scrivere un file di log sulla sessione di ascolto corrente. Vengono annotati, ogni minuto, la media dell'SNR (Signal to Noise Ratio), il numero dei FAC e dei blocchi MSC correttamente decodificati, il nome dell'emittente, il bit-rate ed altro. Questo sistema di scrittura del log funziona solo per i servizi audio che usano una codifi-

ca AAC. Durante la scrittura del file di log (tipicamente in formato TXT) non si apre né si muove alcuna altra finestra di Dream; il file di log si troverà nella stessa directory dove si trova il programma ed il nome di default sarà DreamLog.txt

- **Freq:** questo settaggio non interviene affatto sulla sintonia del ricevitore; l'indicazione scritta in questa finestra verrà scritta nel file di log relativo al comando appena visto sopra.
- **Save Audio as WAV:** il segnale audio ricevuto può essere salvato in Stereo a 16 bit, campionato a 48 kHz in pulse code modulation (PCM); una finestra di dialogo chiederà quale nome vorremo dare al file e dove lo vorremo mettere.
- **Reverberation:** se viene apposto il check il programma provvede ad applicare una sorta di riverbero dell'ultima informazione audio prima di un eventuale drop-out, così da coprire eventuali buchi momentanei.
- **Channel Estimation – Frequency e Time Interpolation:** tramite questi comandi possono essere regolati il metodo di stima del canale nel dominio del tempo ed in quello della frequenza. I valori usati di default sono gli algoritmi più potenti.
- **DFT Zero Pad:** il metodo di stima del canale circa la frequenza usa la Trasformata Discreta di Fourier (DFT) per trasformare la stima del canale dal dominio della frequenza a quella del tempo (Nota 11).
- **Guard Energy:** l'algoritmo di controllo della sincronizzazione temporale utilizza la valutazione della risposta a un impulso. È un metodo che cerca di massimizzare l'energia nell'intervallo di guardia per settare la corretta messa in fase.
- **First Peak:** gli algoritmi matematici che abbiamo visto cercano il primo picco nella risposta stimata agli impulsi e muovono questo picco all'inizio dell'intervallo di guardia.

PANNELLO DEI DIAGRAMMI

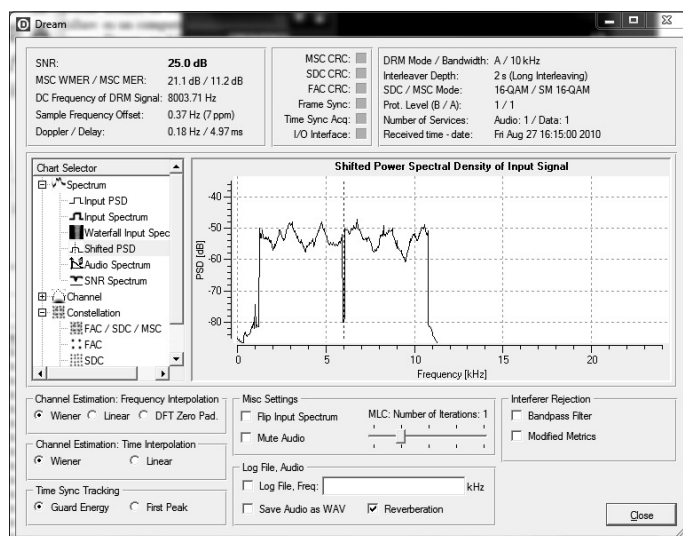
- **Input PSD:** viene indicata la misura della Power Spectral Density in ingresso; la linea verticale tratteggiata mostra la stima della DC.



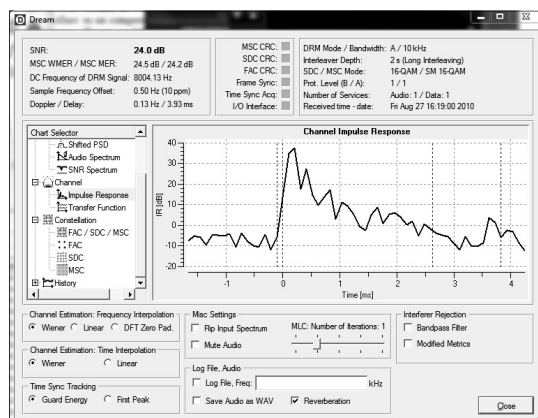
- **Input Spectrum:** il grafico mostra il risultato della FFT sul segnale in ingresso; il grafico è disegnato sia per il modo digitale che per quello analogico; quanto è disegnato nella finestra di Evaluation Dialog è la forma significativa di un segnale DRM (sostanzialmente rettangolare). La linea verticale tratteggiata è la Estimated DC Frequency (vedi più sopra): è una indicazione estremamente importante per le demodulazione

analogica AM; ogni volta che viene acquisita una frequenza portante la linea rossa segnala lo spettro AM selezionato; se vi è più di uno spettro AM nel range di frequenze della scheda sonora verrà scelto il segnale più forte.

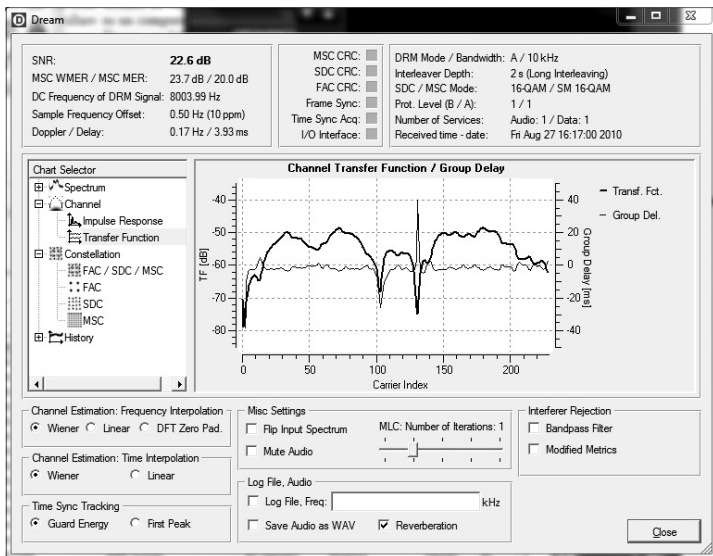
- **Waterfall Input Spectrum:** classica rappresentazione del segnale detto waterfall o cascata; colori differenti rappresentano differenti livelli di segnale.
- **Shifted PSD:** viene rappresentata lo scostamento della PSD del segnale in ingresso. La frequenza della DC viene fissata a 6 kHz. Se ha avuto successo l'acquisizione della frequenza di offset dovrebbe presentarsi una curva dall'andamento rettangolare con una frequenza centrale di 6 kHz. Questa è la rappresentazione dello spettro OFDM sincronizzato nel dominio della frequenza.



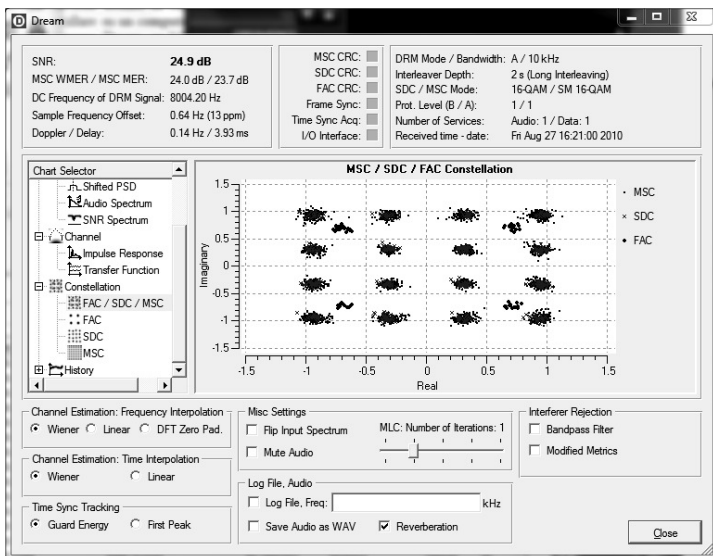
- **Audio Spectrum:** il grafico rappresenta una media dello spettro del segnale audio ricevuto. Si può facilmente controllare tramite questo grafico la larghezza di banda del segnale audio ricevuto. Siccome viene utilizzata una scala lineare per l'asse delle frequenze, la maggior parte dell'energia si visualizza sulla parte sinistra del grafico.
- **SNR Spectrum:** si riferisce alle celle del W-MER sul Main Service Channel per ognuna delle portanti ricevute.
- **Impulse response:** viene mostrata la stima della IR (Impulse Response) del canale basata sulla misura del canale stesso. Le due righe rosse tratteggiate verticali mostrano la stima dell'inizio e della fine dell'intervallo di guardia; le due righe nere tratteggiate mostrano la stima dell'inizio e della fine del PDS del canale (si tratta di una media). Se il First Peak è chiuso, viene disegnato un limite per la stima del picco (una linea rossa orizzontale tratteggiata); per la stima del tempo vengono utilizzati solo picchi sotto questo limite.



- **Transfer Function:** il grafico mostra l'ampiezza quadratica della stima del canale per ogni sotto portante.



- **FAC, SDC, MSC:** vengono disegnate le costellazioni dei canali logici del flusso DRM: Fast Access Channel, Service Description Channel ed Main Service Channel. Dipendentemente dai settaggi del segnale trasmesso, SDC ed MSC possono avere una modulazione di tipo 4-QAM, 16-QAM o 64-QAM.



FINESTRA DEI PARAMETRI DI SISTEMA

DRM Mode / Bandwidth:	A / 10 kHz
Interleaver Depth:	2 s (Long Interleaving)
SDC / MSC Mode:	16-QAM / SM 16-QAM
Prot. Level (B / A):	1 / 1
Number of Services:	Audio: 1 / Data: 1
Received time - date:	Fri Aug 27 16:23:00 2010

- **DRM Mode / Bandwidth:** per adattare la ricezione a tutte le possibili condizioni del canale nel Digital Radio Mondiale esistono quattro modi possibili:

- ◆ **Modo A:** Gaussian Channel (Nota 12), con basso valore di fading

- ◆ **Modo B:** selezione del canale nel dominio del tempo e della frequenza, con la maggiore ampiezza del ritardo (Nota 13)

- ◆ **Modo C:** modalità B con elevata robustezza ma con una maggiore ampiezza dell'effetto Doppler

- ◆ **Modo D:** modalità B con elevata robustezza ma con un rigido controllo del ritardo e dell'effetto Doppler. La larghezza di banda risultante è la larghezza totale effettiva del segnale DRM ricevuto

- **Interleaver Depth:** l'intervento temporale sul symbol interleaving può essere corto (circa 400 ms) o lungo (circa 2 sec). L'adozione di un tempo lungo permette la migliore correzione degli errori se sussiste una fluttuazione lenta del segnale ricevuto; ma può ingenerare la necessità di tante risincronizzazioni, con evidenti problemi audio (Nota 14)

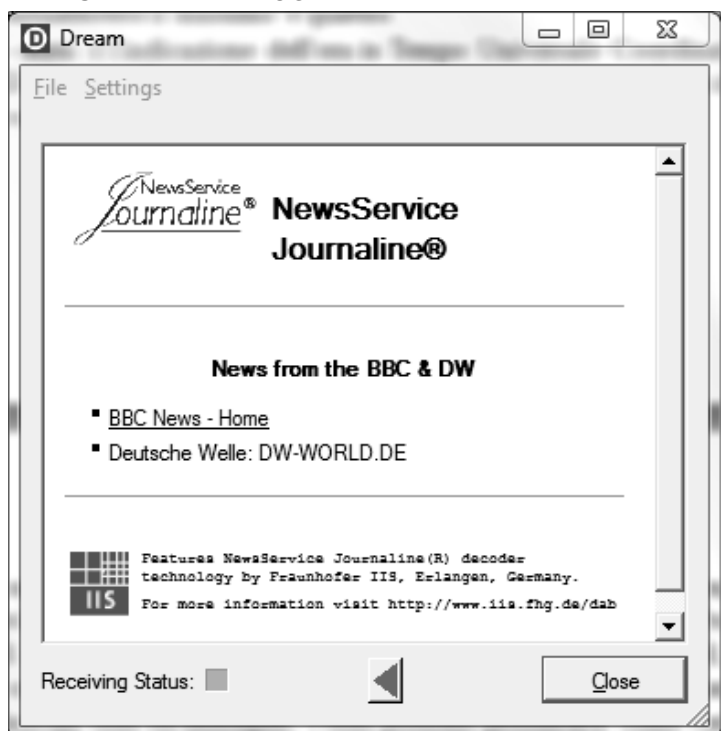
- **SDC / MSC Mode:** viene mostrato il tipo di modulazione dei canali SDC e MSC. Riguardo il canale MSC sono definite delle modalità gerarchiche che permettono una elevata protezione sul canale.

- **Prot. Level (B/A):** il livello di protezione dagli errori nella codifica del canale trasmesso. Per la modulazione 64-QAM sono definiti quattro livelli di protezione relativi alla trasmissione standard del DRM. Il livello di protezione zero individua la protezione più alta, il livello quattro invece la più bassa. Le lettere A e B vengono utilizzate per indicare il livello più alto e più basso di protezione nel DRM quando viene utilizzato il protocollo UEP (Unequal Error Protection). Se viene utilizzato il protocollo EEP (Equal Error Protection) è valido solo il livello di protezione B.

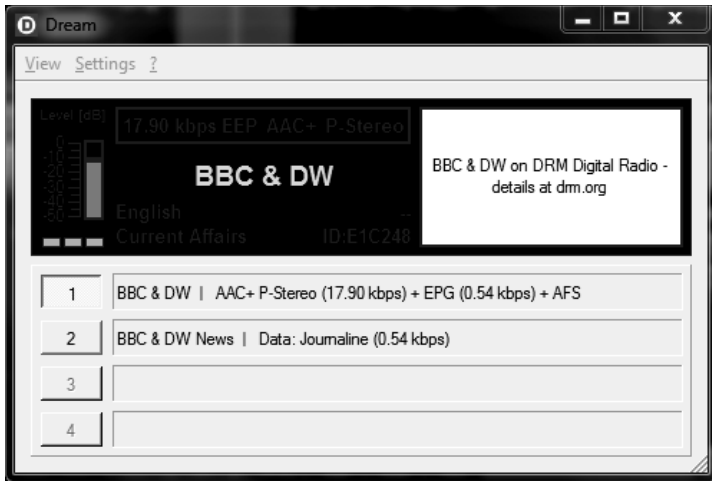
- **Number of Services:** indica il numero dei servizi trasmessi, audio o dati, dello streaming DRM ricevuto. Attualmente il massimo è quattro.

- **Received time - date:** è l'indicazione dell'ora in Tempo Universale Coordinato o UTC (definito anche GMT o ora Zulu). L'informazione non viene dedotta dall'ora impostata sul computer, ma è veicolata dalla trasmissione radio, nel canale SDC.

MULTIMEDIA DIALOG

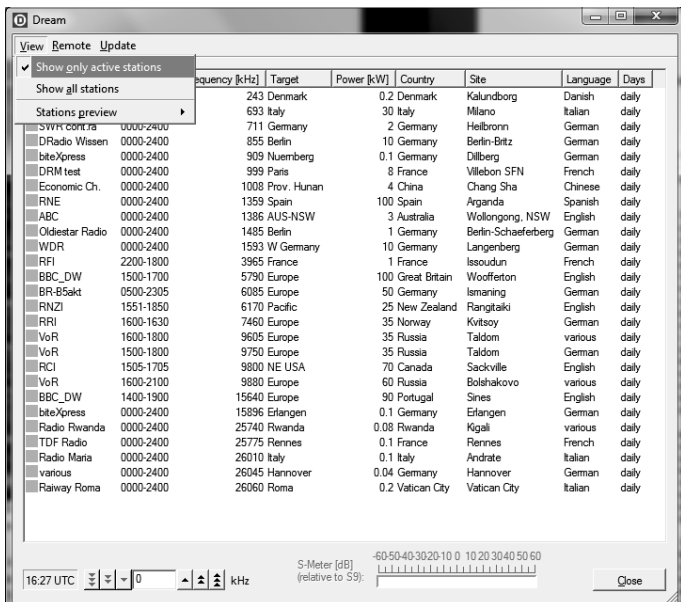


In questa finestra viene mostrato l'applicativo MOT (in Irlanda è lo slang con cui vengono indicate le ragazze, ma non fatevi illusioni, l'acronimo sta per Multimedia Object Transfer Protocol, secondo l'ETSI-Standard EN 301 234), definito come Journaline (Nota 15). Questa è una delle attuali possibilità offerte dal DRM, ed è, direi, entusiasmante: è un po' come ricevere un flusso multimediale dalla Rete, ma qui siamo su un canale radio! Vengono infatti ricevuti testi ed immagini; i testi possono presentarsi come veri e propri contenuti multimediali, quindi selezionabili per arrivare ad altri testi o ad altre immagini. I comandi della finestra MOT sono intuitivi: il led verde indica lo stato, i comandi avanti ed indietro, torna all'inizio e vai alla fine, sono del tutto simili a quelli di un registratore a cassette. Attraverso il menu che si appare facendo click su file è possibile salvare i contenuti ricevuti; le immagini sono salvate nel formato trasmesso, non sarà possibile salvarle cambiando il formato di compressione o il nome, ma sarà possibile scegliere la directory di salvataggio. Attenzione: alcune vecchie versioni della QT runtime library non sono in grado di decodificare le immagini in formato JPG, sarà necessario salvare le immagini per poterle vedere successivamente.



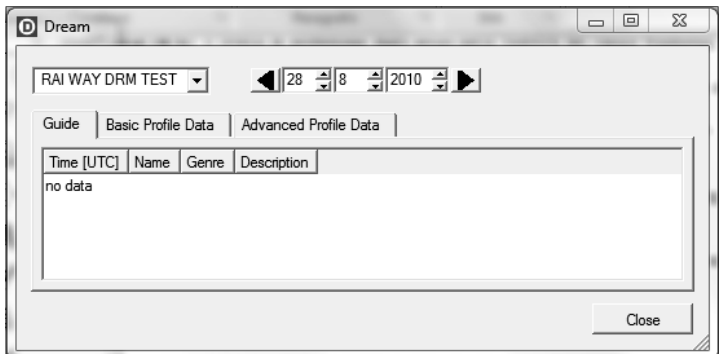
Il baud-rate è molto basso, occorrerà quindi un po' di tempo per vedere qualche cosa nella finestra di Multimedia Dialog; e se per caso si perde la sincronizzazione del segnale, si perdono tutti i bit faticosamente raccolti, e l'acquisizione di testi ed immagini riparte da capo.

STATION DIALOG



In questa finestra appare l'elenco delle stazioni che trasmettono in modalità DRM; i dati sono presi dal file DRMSchedule.ini che può essere aggiornato se si ha una connessione alla rete (basterà fare click su Update). Possono essere visualizzate tutte le stazioni o solo le stazioni che è possibile ricevere nel momento dell'ascolto (si notino i colori rosso e verde dei led; il led giallo indica trasmissioni di prova). Le stazioni possono essere ordinate secondo tutte le etichette presenti in testa alle varie colonne (basterà fare click con il mouse)

Live Schedule Dialog: in questa finestra vengono mostrate le informazioni di AFS o Alternative Frequency Signalling veicolate dalla stazione che si sta ascoltando. Viene utilizzato lo stesso sistema di led rossi e verdi come per la lista delle emittenti; un led arancione mostra le stazioni che saranno attive. Anche qui sarà possibile intervenire sull'ordinamento della lista.

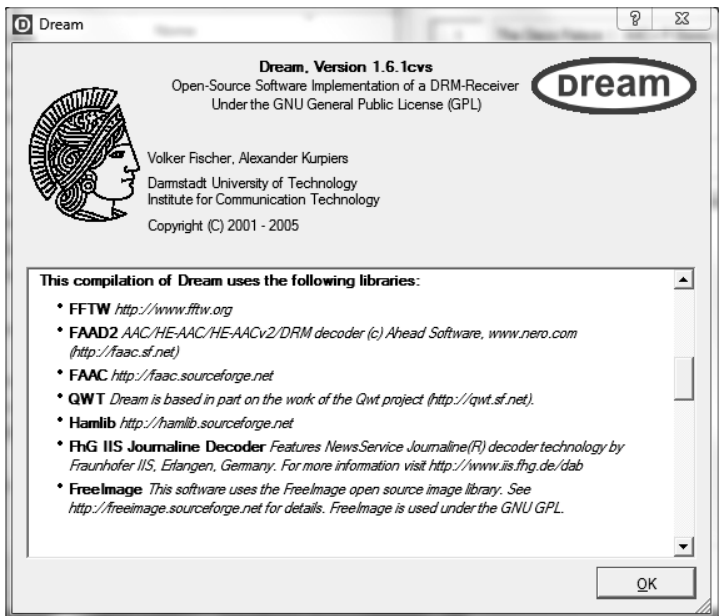


PROGRAMME GUIDE

Il servizio non mi sembra ancora attivo, dovrebbe mostrare una guida ai programmi per l'emittente sintonizzata, quando e se questa lo trasmette.

CONCLUSIONI

Non tutti i comandi sono stati analizzati, ci vorrebbe un vero e proprio manuale di istruzioni, e non è lo scopo di questo articolo. Per esempio non mi sono soffermato su quello che riesce a fare Dream nella ricezione della AM analogica e dei suoi casi particolari (LSB, USB, CW), della FM, dei filtri riduttori di rumore, del controllo dell'AGC ed altro; lascio ai lettori la scoperta di questa interessantissima parte di Dream.



NOTE

- 1) Sul software Dream si è scritto parecchio. Io ho fatto riferimento alla versione 1.6 allo sviluppo della quale ha concorso, tra gli altri, il noto Andrea Russo. Non volendo abusare della pazienza dei lettori rimando volentieri a quanto è scritto su MediaWiki all'indirizzo http://sourceforge.net/apps/mediawiki/drm/index.php?title=Main_Page.
- 2) Radiorama è da tempo la sede di elezione per articoli tecnici e divulgativi sulle Software Defined Radio. Una veloce trattazione è su Wikipedia all'indirizzo http://it.wikipedia.org/wiki/Software_defined_radio I miei articoli sull'argomento sono apparsi sia su Radiorama che su Radio Kit; possono essere letti su: <http://www.air-radio.it/link.html>
- 3) È tipicamente impossibile immettere nella scheda sonora di un computer un segnale da dentro il computer stesso, e nello stesso tempo utilizzarlo. Per tale ragione occorre utilizzare un sistema che permetta di trasferire dei flussi audio da un applicativo ad un altro. Anche per questo argomento invito alla lettura di una pagina su MediWiki, http://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_Audio_Cable
- 4) DRM o Digital Radio Mondiale. Si vedano gli articoli dell'autore ("DRM questo sconosciuto" e "DRM un po' più da vicino") su <http://www.air-radio.it/link.html>
- 5) Sia qui che nel corso dell'articolo non si tratta di dispositivi veri e propri, ma della rappresentazione degli stessi sul monitor
- 6) Sull'Advanced Audio Coding si veda http://it.wikipedia.org/wiki/Advanced_Audio_Coding
- 7) SBR è un algoritmo per la compressione delle frequenze più alte. Su di esso si hanno poche informazioni, poiché le sue specifiche sono custodite dalle due aziende che ne detengono i diritti, ovvero la Thomson e la Fraunhofer. I pochi dati disponibili su questa tecnologia di compressione fanno comunque capire come avviene, a grandi linee, il risparmio di spazio occupato dal file, soprattutto relativamente alle alte frequenze. In pratica, la maggior parte delle informazioni relative ai suoni con frequenze maggiori di 7KHz non vengono scritte all'interno del file stesso, ma in fase di riproduzione della traccia audio vengono ricostruite quasi totalmente dal software che riproduce il suono sulla base delle frequenze più basse
- 8) Si vedano le specifiche dello standard ETSI TS 102 349 su <http://www.etsi.org> o su Includipedia http://www.includipedia.com/wiki/Digital_Radio_Mondiale
- 9) Il Filtro di Wiener è un filtro digitale per l'elaborazione numerica dei segnali proposto da Norbert Wiener negli anni 1940 e pubblicato nel 1949, usato di frequente nel processo di deconvoluzione. Si veda al proposito quanto si legge su WikiPedia alla pagina http://it.wikipedia.org/wiki/Filtro_di_Wiener
- 10) Su OFDM o Orthogonal Frequency Division Multiplexing si veda quanto già scritto dall'autore su <http://www.air-radio.it/pdf/brunero/DRM-Brunero.pdf>
- 11) In matematica, la Trasformata Discreta di Fourier (abbreviata in DFT, Discrete Fourier Transform) è un particolare tipo di trasformata di Fourier, usata nell'analisi di Fourier. La trasformata di Fourier trasforma una funzione in un'altra, detta rappresentazione nel dominio delle frequenze - o semplicemente trasformata di Fourier - della funzione originaria (che nel nostro caso è una funzione nel dominio del tempo). Diversamente dalla trasformata di Fourier la DFT richiede in ingresso una funzione discreta, ovvero non continua in ogni punto, e i cui valori non nulli abbiano una durata limitata (finita). Tali valori in ingresso sono spesso ottenuti per campionamento di una funzione continua, nel nostro caso voce e suoni. Usare la trasformata discreta di Fourier implica che il frammento limitato che si analizza è un periodo di un segnale periodico infinitamente esteso; se questo non è vero è necessario utilizzare una funzione finestra sul risultato della trasformata per ridurne gli artefatti. Per lo stesso motivo l'inverso della trasformata discreta di Fourier può riprodurre l'intero dominio del tempo solo se la funzione originariamente in ingresso è periodica. La trasformata discreta di Fourier è quindi una trasformata per l'analisi di Fourier di funzioni su un dominio limitato e discreto. L'ingresso della trasformata discreta di Fourier è una sequenza finita di numeri reali o complessi (con alcune generalizzazioni), che rendono la DFT ideale per l'elaborazione di informazioni su un computer. In particolare la trasformata discreta di Fourier è ampiamente utilizzata nel campo dell'elaborazione numerica dei segnali e nei campi correlati per analizzare le frequenze contenute in un segnale, per risolvere equazioni differenziali alle derivate parziali e per compiere altre operazioni come la convoluzione o moltiplicare numeri interi molto grandi. Alla base di questi utilizzi c'è la possibilità di calcolare in modo efficiente la DFT usando gli algoritmi per la Trasformata Veloce di Fourier o FFT
- 12) Viene definito "Gaussian channel" un canale radio che ha la proprietà di avere una densità spettrale del rumore distribuito a larga banda in modo uniforme, tale da offrire una distribuzione casuale degli errori in tutto il canale RF. Sulla rete, tra tanti siti, consiglio la lettura della tesi di laurea di Emanuele Grossi, discussa presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Cassino, all'URL <http://www.tesionline.it/default/tesi.asp?id=27167>
- 13) Nelle comunicazioni radio, il segnale irradiato può arrivare a destinazione attraverso diversi percorsi propagativi, ognuno dei quali ha un ritardo suo proprio, così come un'ampiezza sua propria. Si tratta dell'effetto multipath: parti del segnale trasmesso sono attenuate diversamente e diversamente sono ricevute. Appare chiaro che sussistono problemi di ricezione, sommandosi effetti distruttivi nel dominio del tempo e nel dominio della frequenza
- 14) Si veda <http://www.air-radio.it/pdf/Morello020408B.pdf> un interessante documento a firma di Alberto Morello, direttore del Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica della RAI
- 15) Journaline, marchio registrato di proprietà del Fraunhofer Institute for Integrated Circuits, è definito come a text-based information service designed for digital broadcasting systems. It provides up-to-date text-based information similar to that offered by an electronic magazine or newspaper. The information is structured in the form of topics and sub-topics that are easily accessible via a menu structure. The type and amount of program-related and program-independent information is defined by the broadcaster. Journaline is designed to support all types of receivers, including a digital radio receiver with simple text screens or graphical screens, mobile devices, in-car receivers with connected navigation systems, etc. Maggiori informazioni su <http://www.journaline.info>

