

## Conclusioni

L'analisi STFT quindi, oltre alla possibilità di rivelare segnali ampiamente sotto gli 0 dB, offre vantaggi quali la possibilità di ottenere facilmente un analizzatore di spettro non lineare, nel quale il rumore viene completamente eliminato nelle porzioni di spettro in cui non viene rivelata la presenza di segnale; presenta inoltre la possibilità di rivelare segnali entro bande di frequenza di estensione data (nel caso in esame  $B \approx 14.65$  kHz) che non sono vincolate a posizioni fisse sullo spettro entro la banda totale di 30 MHz; inoltre il limite inferiore del range di  $SNR$  dei segnali rivelabili dipende dal numero di sottoblocchi  $N_a$  su cui viene eseguita la media (ad esempio è stato verificato che con  $N_a = 10$  è possibile rivelare segnali fino a  $SNR = 0$  dB e con  $N_a = 100$  segnali fino a  $SNR = -7$  dB). Ma i limiti di questo tipo di analisi sono una down-conversion difficilmente implementabile in quanto la posizione delle bande che contengono i segnali rivelati non è rigidamente fissata a priori, cioè per ogni blocco temporale (nel caso di  $N_i > 1$ ) le bande selezionate non risultano mai esattamente posizionate tutte nello stesso punto dello spettro, e quindi si dovrebbero quindi operare  $N_i$  operazioni di down-conversion per ogni segnale, ma ad ognuna il segnale risulterebbe posizionato in modo diverso entro la banda audio, complicando ogni successiva elaborazione di demodulazione; inoltre si ha l'effetto mascheramento che può verificarsi in corrispondenza di scenari sbilanciati, come è ragionevole attendersi nelle applicazioni pratiche, in cui i segnali più deboli, la cui rivelazione necessita di un elevato numero di sottoblocchi  $N_a$  da mediare, possono essere mascherati da segnali vicini aventi  $SNR$  elevati; infine si ha che nel caso di segnali wideband di durata molto lunga, l'analisi STFT può richiedere un tempo notevolmente esteso.

L'analisi Wavelet invece presenta una down-conversion in banda audio automatica senza dover passare al dominio della frequenza (operazione intrinseca grazie ai sottocampionamenti di fattore 2 nel passaggio da un livello al sottostante); inoltre si ha la possibilità di ottenere facilmente un analizzatore di spettro non lineare, con multirisoluzione, "filtrato" dal rumore nei range frequenziali non interessati dai segnali rivelati; presenta anche una risoluzione temporale che permette di rivelare con buone stime anche segnali tempo-varianti in generale, come ad esempio *frequency-hopping* o di tipo a *burst*; infine lo sviluppo di alberi selettivi consente di indagare direttamente le bande di nostro interesse senza eseguire inutili operazioni su range frequenziali sui quali grava solo rumore, da qui una notevole velocità di analisi. Purtroppo anche questa tecnica presenta limiti quali la presenza inevitabile di artefatti la cui generazione è intrinseca al funzionamento dell'algoritmo

Wavelet-Packet, dovuta alla zona di overlap dei filtri QMF; si ha inoltre un limitato range di  $SNR$  dei segnali rivelabili, che non ci permette di rivelare segnali con valore di  $SNR$  al di sotto di 5 dB; presenta anche una risoluzione frequenziale discretizzata, infatti questa è fissata a priori ed è data dalla banda della foglia  $B_{leaf} \approx 14.65$  kHz, ma questo può comportare errori di rivelazione in corrispondenza di posizioni del generico segnale narrowband nei pressi del limite di foglie.

Si suggerisce quindi il ricorso ad una tecnica di analisi mista, da eseguire in due step: il primo dedicato all'analisi mediante Wavelet per eseguire una detection sui segnali a  $SNR > 8$  dB, il secondo incentrato sull'analisi STFT, con  $N_a$  sottoblocchi per blocco temporale, in grado di rivelare i segnali più deboli. L'unione delle due tecniche, essendo queste caratterizzate da aspetti positivi e negativi in parte complementari, potrebbe inoltre fornire maggiori informazioni riguardo l'effetto mascheramento; infatti, l'analisi Wavelet, rivelando anticipatamente segnali ad alto  $SNR$ , potrebbe fornire una serie di warning sui possibili mascheramenti nel risultato finale, mentre la successiva analisi STFT, rivelando bande di spettro con posizione non vincolata, potrebbe aiutare ad affinare il risultato della precedente analisi Wavelet in corrispondenza di qualche segnale di origine narrowband con posizione prossima al limite di foglia.