

LA REGISTRAZIONE AUDIO NEI SISTEMI DI MONITORAGGIO DEL RUMORE BASATI SU RETE INTERNET

Alberto Armani (1), Gianpaolo Poletti (2)

1) SPECTRA S.r.l., Arcore

2) Lake view software, Mandello del Lario

1. Premessa

Dopo gli eccellenti risultati ottenuti con l'utilizzo dell'algoritmo di compressione audio Ogg Vorbis, integrato sia nel software 'Noise & Vibration Works' sia nell'analizzatore multicanale SoundBook, si è pensato ad un ulteriore impiego in cui le caratteristiche di compressione potessero essere utilizzate nella loro espressione di massima efficienza.

Per i sistemi di monitoraggio del rumore la funzione di registrazione audio è sempre stata una delle richieste più attese, che però si bloccava subito di fronte alla gestione dell'enorme dimensione rappresentata da questo tipo di file. Come conseguenza la soluzione di compromesso è stata trovata ad oggi con la sola registrazione audio per gli eventi sonori di livello più elevato.

Ma anche registrando l'audio per i soli eventi, la dimensione dei file può diventare comunque troppo grande per essere trasmessa utilizzando la comunicazione su rete internet o utilizzando i tradizionali messaggi di posta elettronica.

L'impiego di un efficiente algoritmo di compressione audio, diventa quindi la soluzione più logica e quasi obbligatoria per la gestione delle registrazioni audio associate alle stazioni di monitoraggio del rumore.

2. La registrazione audio nei sistemi di monitoraggio.

L'evoluzione dei sistemi di monitoraggio del rumore ha consentito di passare da una semplice verifica periodica del rispetto dei limiti richiesti dalle normative comunitarie o dalle leggi e regolamenti locali, alla possibilità di poter osservare in real-time su pagine web direttamente l'andamento dei livelli di rumore completi del loro contenuto in bande di 1/3 d'ottava.

Le informazioni disponibili sono ora molto dettagliate e consentono facilmente di poter individuare a distanza, sia i fenomeni sonori più importanti sia tutti quegli artefatti non pertinenti alla specificità del ambiente sonoro in cui è localizzata la singola stazione di monitoraggio. Eventi sonori quali il transito di una ambulanza, la sirena di un allarme, un temporale con forti tuoni, una giornata particolarmente ventosa o con pioggia battente, il sorvolo di un aereo a bassa quota o ancora situazioni molto comuni

in aree residenziali quali il taglio dei prati o le pulizie dei giardini con i terribili soffiatori, sono solo alcune delle numerose situazioni che dovrebbero essere individuate con certezza e mascherate per la valutazione dei descrittori del rumore ambientale quali l'Ldn e l'Lden.

Per dare certezza al riconoscimento di ogni tipo di fenomeno sonoro esiste una sola soluzione che consiste nel riascolto della corrispondente registrazione audio, acquisita in contemporanea durante la misura del rumore.

Molti fonometri di ultima generazione sono infatti provvisti di questa capacità e possono registrare il segnale audio sia al verificarsi di un evento sonoro con livello superiore ad una prefissata soglia, sia in modalità continua.

Purtroppo l'impiego della registrazione audio comporta come noto, la necessità di avere a disposizione una ampia memoria dati e sebbene questo ora non sia un grosso problema dato la disponibilità di schede di memoria che possono superare i 128 GB, rimane il problema della gestione dei file con una tale dimensione. Qualunque hardware o software operativo in ambiente Windows, che si trovi a gestire file con dimensioni di vari GigaByte, può generare situazioni di criticità con conseguenti rallentamenti non solo nelle funzioni di elaborazione, ma anche delle normali funzioni operative del PC utilizzato.

Se consideriamo un rilievo fonometrico, con parallela memorizzazione audio, campionata con un sampling di 51.2kHz a 24 bit, occuperemo per il solo file audio, 540 MByte di memoria per ogni ora di registrazione a fronte di non più di 600 kByte per i rilievi fonometrici completi di analisi in frequenza con spettri in bande di 1/3 d'ottava ad ogni secondo; un rapporto di 900/1; avremo bisogno di quasi 13 GB di memoria per ogni giorno di registrazione audio, operazione palesemente di poco buon senso!

Ogni altra soluzione basata sulla riduzione della frequenza di sampling con codifica ad 8 piuttosto che a 16 o 24 bit non fa che peggiorare in maniera eccessiva sia la dinamica sia la risposta in frequenza della registrazione, senza una riduzione a dimensioni ragionevoli del file audio.

La stessa questione si ripropone anche se la scelta della registrazione del segnale audio è solo per gli eventi sonori più importanti; appena la durata del monitoraggio si estende su più giorni oppure il numero degli eventi si infittisce, le dimensioni dei corrispondenti file audio possono di nuovo assumere dimensioni importanti.

Per ultimo non dobbiamo dimenticare un'altra esigenza che sta diventando ora sempre più importante nella gestione delle reti di monitoraggio del rumore e che riguarda la richiesta di trasferimento di tutte le informazioni su un server remoto via rete internet, in modalità automatica o su richiesta da operatore o anche per gestire un ascolto diretto con lo scarico da una pagine web dedicata.

Per le ragioni esposte e per soddisfare in modo efficiente il trasferimento dei file audio acquisiti dalle stazioni di monitoraggio, tramite il supporto della rete internet, diventa assolutamente necessario provvedere ad una drastica riduzione della loro dimensione.

La sola soluzione consiste quindi in una adeguata **compressione del segnale audio.**

3. La scelta dell'algoritmo di compressione.

Tra gli algoritmi di compressione studiati per ridurre la dimensione del file audio, il più noto è sicuramente l'MP3 ma non è il solo e soprattutto ne esistono alcuni più indicati per le nostre esigenze metrologiche.

L'algoritmo di compressione audio che dopo varie sperimentazioni, si è dimostrato più adatto, è risultato l' Ogg Vorbis; per avere maggiori dettagli sullo specifico codice, suggeriamo di visitare il sito <http://it.wikipedia.org/wiki/Vorbis>.

Il formato standard .wav di Windows, memorizza i dati in modo diretto nel formato digitale PCM (Pulse Code Modulation), senza nessun tipo di compressione (lossless) e con conseguenti file di grosse dimensioni che però non richiedono elevata potenza di calcolo per il loro riascolto.

Il formato compresso Ogg Vorbis è invece di tipo Lossy, analogo al più noto formato MP3 ovvero con l'eliminazione di alcune informazioni non uditive, elaborate per ottenere il miglior tasso di compressione possibile, mantenendo però sempre una qualità di riascolto praticamente indistinguibile da quella originale.

Un paragone significativo per il formato di compressione lossless è il noto sistema ZIP utilizzato per ridurre la dimensione dei file tradizionali; la dimensione del file viene ridotta ma nessun dato ovviamente viene perduto.

Diversamente il paragone per un compressore di tipo Lossy è il formato JPEG comunemente utilizzato per la compressione delle immagini fotografiche ed è esperienza comune il riscontro visivo dell'efficienza di questo algoritmo.

Formati di compressione di tipo Lossy raggiungono ovviamente capacità di compressione molto superiori a quelle fornite dai compressori Lossless.

La scelta del codec di compressione audio Vorbis è stata condizionata da numerosi fattori tutti scaturiti da prove di confronto e legati alle seguenti ragioni:

- Possibilità di ottenere valori di compressione molto alti ed ottimizzati per ogni tipo di segnale.
- Possibilità di poter comprimere file provenienti da analizzatori multicanali.
- Possibilità di comprimere file con singoli eventi audio registrati in sequenze arbitrarie.
- Massima accuratezza nei risultati delle analisi in 1/3 d'ottava prima e dopo la compressione.
- Massima precisione per il trattamento dei valori di picco.
- Velocità di codifica.
- Formato dati in virgola mobile (floating point) per segnali codificati a 8, 16, 24 o 32 bit.
- Capacità di compressione anche per frequenze di campionamento fino a 200 kHz.

L'operatore che desidera comprimere il segnale con il codec Vorbis ha solo una semplice scelta tra valori compresi tra $q=0$ e $q=10$, che corrispondono alla qualità della codifica; verrà scelto un valore $q=10$ per ottenere la massima qualità disponibile ed un valore $q=0$ per ottenere la massima compressione disponibile.

4. La compressione audio nel sistema di monitoraggio Noise Tutor.

A seguito degli eccellenti risultati mostrati nell'impiego come compressore real-time delle registrazioni audio nell'analizzatore SoundBook, il codice di compressione Ogg Vorbis è stato integrato sia nel software 'Noise & Vibration Works' sia nel software del sistema di monitoraggio 'Noise Tutor'.

Per sfruttarne a pieno tutte le potenzialità di questo codice di compressione, poiché il sistema Noise Tutor si basa sull'impiego locale di un PC compatto, dotato quindi di una sua scheda audio, si è pensato di comprimere direttamente il segnale audio che viene

prelevato dall'uscita AC del fonometro; questa soluzione consente di rendere compatibile la funzione di compressione con qualunque tipo di fonometro oltre che rendere separate la gestione delle procedure di misura da quelle per la registrazione audio.

La realizzazione pratica risulta molto semplice e consiste in un cavetto tipo jack stereo che preleva il segnale audio dall'uscita AC del fonometro e lo invia nel corrispondente ingresso diretto o microfonico presente sulla scheda audio del mini PC del sistema Noise Tutor; sarà necessaria poi una regolazione dei livelli di ingresso, controllabile tramite le funzioni usuali di Windows dedicate alla gestione della sezione registrazione audio.

Nelle impostazioni di Noise Tutor viene offerta l'opzione che abilita la registrazione audio in modo compresso con la scelta della frequenza di campionamento e della qualità di compressione. Abilitando l'opzione di registrazione audio non sarà più consentito l'impiego delle funzioni di risparmio energetico poiché sarà appunto il mini PC a gestire l'algoritmo di compressione.

Il risultato è un sistema di registrazione audio digitale capace di una autonomia non eguagliabile con nessun altro dispositivo. Circa 13.2 MB per ogni ora di registrazione, 316 MB per giorno, circa 10 GB ogni mese, 120 GB per ogni anno!! Una dimensione di 30 - 40 volte inferiore alle corrispondenti registrazioni non compresse!

Per comodità operativa, l'operatore può decidere la durata degli intervalli di registrazione per cui se dovesse risultare utile il riascolto di un particolare periodo della giornata sarà possibile procedere allo scarico diretto anche via rete wireless 3G dei files audio orari corrispondenti solo al periodo interessato. Tutti i file sono archiviati in una cartella dedicata e facilmente individuabili in base alla data ed all'ora; le cartelle dei file audio sono poi suddivise in base ai mesi ed è possibile attivare la cancellazione automatica per lasciare disponibili solo i file dell'ultima settimana o dell'ultimo mese.

Qualora fosse necessario procedere all'ascolto per il riconoscimento certo di un particolare fenomeno sonoro, individuato come una possibile anomalia dalla lettura dello spettrogramma, l'operatore può stabilire una connessione con l'unità remota e tramite applicativi tipo 'Teamviewer' o 'Desktop remoto' scaricare il file audio .ogg corrispondente all'ora contenete l'evento ricercato.

E' prevista anche una funzione di 'snap-shot' sonoro, abilitando la quale, viene immediatamente inviata dall'unità remota richiamata, un messaggio via e-mail contenete il file audio degli ultimi 10 minuti.

La funzione audio può integrare la funzione eventi, associando al riconoscimento automatico di ogni evento di rumore, la corrispondente registrazione audio perfettamente sincronizzata; se la funzione eventi viene pubblicata su una pagina web, sarà possibile con un semplice click riascoltare la registrazione audio di ciascun evento, direttamente dalla pagina web.

Considerando che in questo tipo di applicazioni risulta sempre conveniente utilizzare la massima capacità di compressione, l'algoritmo di 'Ogg Vorbis' viene impostato con il più basso fattore di qualità: $q=0$, a cui corrisponde comunque una banda passante audio estesa sin oltre i 17 kHz e senza alcuna alterazione del livello dei picchi massimi di pressione sonora.

5. La registrazione audio nel riconoscimento degli eventi di rumore.

In 'Noise Tutor', l'opzione 'eventi', è prevista tipicamente per il riconoscimento automatico di eventi di rumore tipici, quali quelli riconducibili al transito di un veicolo ferroviario oppure al sorvolo di un aeroplano ma l'esperienza fornita dall'impiego del sistema Noise Tutor, suggerisce l'utilizzo di questa opzione anche in tutte le altre

campagne di monitoraggio poiché con una appropriata impostazione del livello di soglia e della durata minima, possono essere catturati tutti quegli eventi particolarmente rumorosi che è sempre opportuno saper identificare per eventualmente valutarne il loro specifico contributo sui valori globali. Ad ogni misura generata dalla funzione di riconoscimento degli eventi può essere associata anche la registrazione audio per garantirne la massima certezza di riconoscimento.

Per ogni evento rilevato il sistema genera automaticamente uno specifico report che viene inviato per posta elettronica con la stesse modalità dei report periodici; nel caso sia abilitata la registrazione audio, nel report oltre ai grafici della time history e dello spettrogramma dell'evento che può essere acquisito con una velocità di 10 misure per secondo, viene allegato il file audio debitamente compresso utilizzando sempre l'algoritmo Ogg Vorbis.

Qualora sia attivata l'opzione per la pubblicazione web real time, ogni evento riconosciuto viene immediatamente inviato alla sua specifica pagina completo dei dati di data, ora, minuti secondi dell'evento, durata in secondi, L_{Amax}, L_{Aeq}, L_{Aeq}(-10dB), L_{AE} (oppure SEL) e SEL(-10dB). Nel caso sia attiva la registrazione audio, sarà possibile ottenere l'ascolto cliccando direttamente sull'apposito pulsante previsto nella stessa pagina web di visualizzazione degli eventi. Il file audio può essere anche utilizzato per una successiva analisi in frequenza più selettiva, tipo FFT, come è riportato in Figura 2 in relazione al rumore della sirena di una autopompa dei pompieri in transito.

trasmissione e-mail eventi sonori

Nome= Ufficio Spectra

Ora= 24/05/2012 14.18.35

Durata= 36.000 s

L_{Max}= 95.6 dB

L_{Aeq}= 84.3 dB

L_{Aeq}(-10)= 93.9 dB

SEL= 99.9 dB

SEL(-10)= 99.3 dB

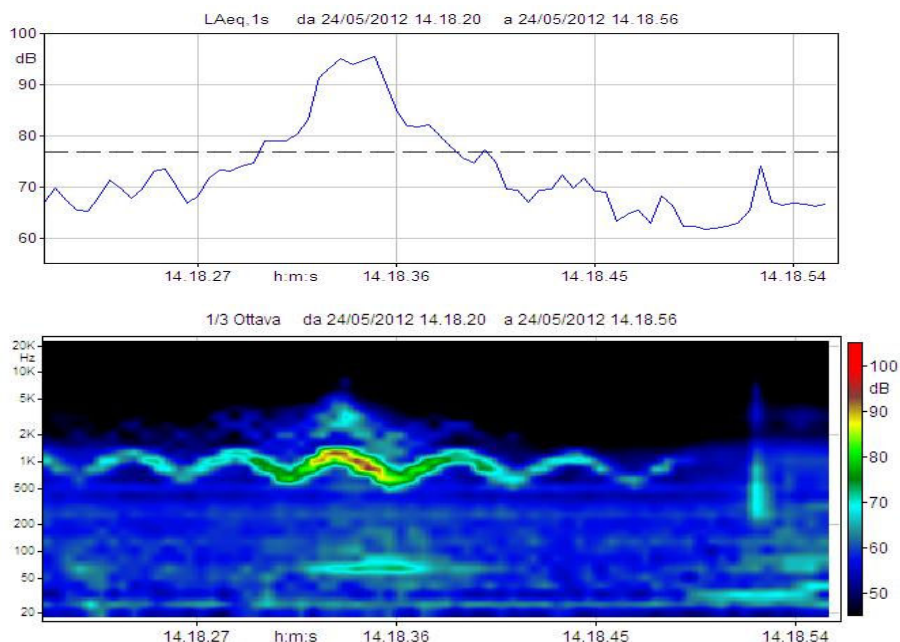


Figura 1 – Report inviato al riconoscimento di un evento sonoro

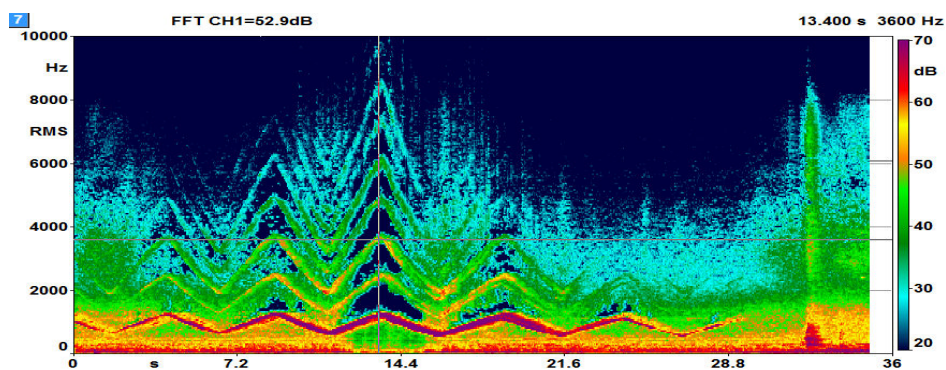


Figura 2 – Post-analisi FFT su segnale audio evento sonoro sirena pompieri.

6. La compressione audio in post-elaborazione con N&VW

Tutti i file audio memorizzati nelle stazioni di monitoraggio di ‘Noise Tutor’ possono essere concatenati tra loro ed importati nel software di post-elaborazione ‘Noise & Vibration Works’ per essere sincronizzati con i file delle corrispondenti misure di rumore.

Si ottengono così file con valori fonometrici e spettri in bande di 1/3 d’ottava acquisiti con cadenza di un dato per secondo, sincronizzati con la rispettiva registrazione audio e con dimensioni pari a circa 330 MB al giorno e 2.3 GB a settimana.

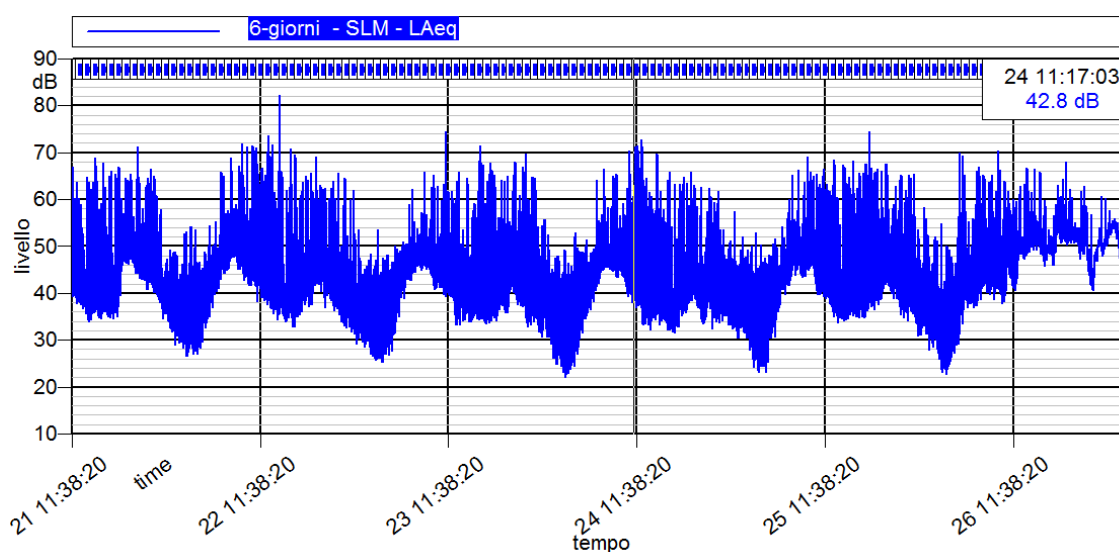


Figura 3 – Sei giorni di misura; time history LAeq da 1 secondo con files concatenati in N&VW, completi di registrazione audio continua.

Questo tipo di file risulta ora di dimensioni trattabili ed il software N&VW è in grado di fornire una rappresentazione grafica di time history e corrispondente spettrogramma con tempi di lavoro dell’ordine di qualche decina di secondi per la prima rappresentazione e con immediatezza per ogni successiva visualizzazione; lo spettrogramma consente ora di osservare tutti gli istanti in cui possono essersi verificati fenomeni acustici inattesi o di difficile interpretazione; uno zoom sull’intervallo di interesse è fornito da N&VW all’istante ed il posizionamento del cursore seguito da un semplice click, avvierà la restituzione audio a partire da quel particolare istante,

consentendo facilmente la comprensione del fenomeno acustico avvenuto nell'intervallo di tempo selezionato.

Si ottiene così uno strumento di indagine molto potente, versatile, comprensibile e facilmente utilizzabile; uno strumento che fornisce all'operatore la pressoché assoluta certezza delle sue diagnosi e che consente di procedere alle eventuali operazioni di mascheramento senza l'arbitrio o l'approssimazione spesso utilizzata in questo tipo di post-elaborazioni.

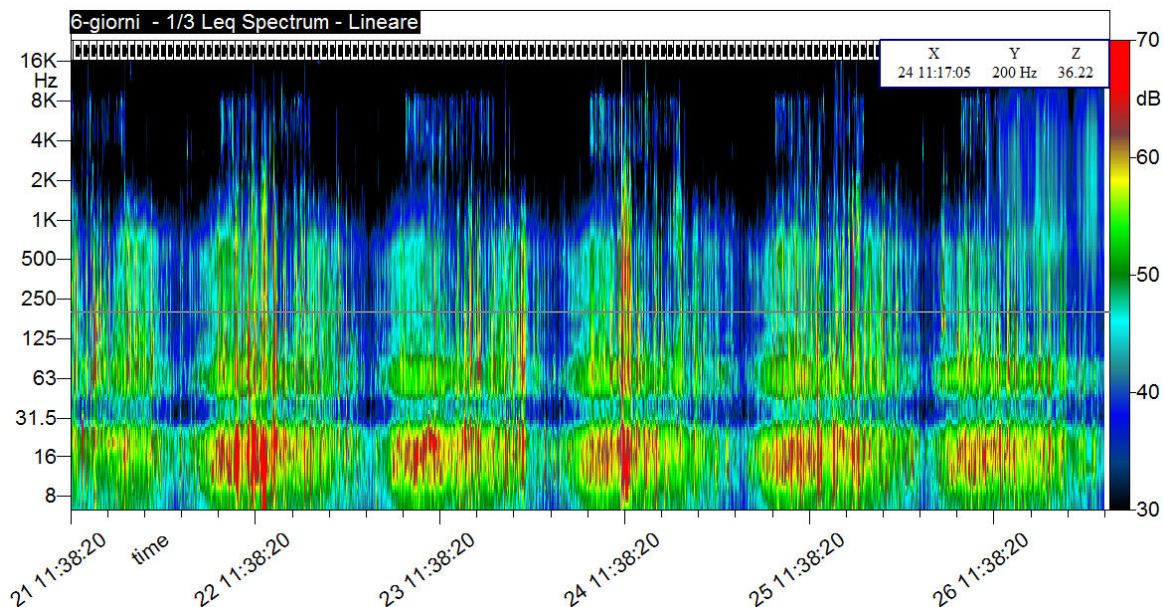


Figura 4 – Spettrogramma di sei giorni di misura con spettri a 1/3 d'ottava da 6.3Hz a 20kHz, acquisiti con cadenza di uno spettro per secondo (518400 spettri); posizionando il cursore in qualunque istante dello spettrogramma, è possibile avviare all'istante il riascolto audio corrispondente.