

ANALISI DEL RUMORE AMBIENTALE E GESTIONE DEL MASCHERAMENTO SU STRUMENTI IOS

Lorenzo Rizzi (1), Nadir Bertolasi (2), Gabriele Ghelfi (1)

1) Suono e Vita Ingegneria Acustica, Lecco, rizzi@suonoevita.it, ghelfi@suonoevita.it

2) Politecnico di Milano, Milano, nadir.bertolasi@gmail.com

SOMMARIO

Scopo della ricerca è comprendere i limiti e le capacità di analisi offerti da strumenti iOS per studiare il rumore ambientale e se è possibile generare con gli stessi dispositivi, suoni di mascheramento opportunamente equalizzati per intervenire sul rumore analizzato. A tale fine sono state condotte una ricerca bibliografica e una sperimentazione autonoma, volte a investigare le potenzialità di questi strumenti. A partire da questi studi è stata sviluppata un'applicazione iOS ottimizzata per lavorare in tempi brevi entro i limiti tecnologici individuati e raggiungere la migliore piacevolezza di ascolto possibile.

1. Introduzione

La ricerca ha l'obiettivo di sviluppare un'applicazione volta all'analisi del rumore ambientale e al suo mascheramento, generando suoni rilassanti e piacevoli per l'ascoltatore.

Al fine di approfondire ed espandere gli studi presenti in letteratura, è stato condotto un esperimento autonomo, volto a valutare il comportamento in frequenza di due microfoni esterni e del microfono integrato su iPhone 5s (in relazione al rumore elettrico, risposta in frequenza e sensibilità).

I dati raccolti da questi microfoni sono stati posti a confronto con un fonometro professionale, e si è osservato come reagissero alle variazioni in energia di un rumore generato artificialmente. Si è così definito in quali frequenze si riescono ad osservare i risultati di analisi più attendibili e avere a disposizione dati funzionali. Per generare sullo stesso dispositivo di analisi, suoni di mascheramento del rumore ambientale è stato implementato un metodo basato su un modello psicoacustico. È stata ricercata la migliore ottimizzazione dell'algoritmo che consenta l'analisi del segnale in ingresso e la sua elaborazione per ottenere le metriche di sintesi in tempi ragionevoli. Il tutto è stato implementato in maniera nativa su iOS, sfruttando le Core Audio API per ottenere un controllo più diretto e ottimizzato dell'hardware del dispositivo. Il risultato dell'elaborazione è un'equalizzazione di un suono naturale scelto fra molti proposti che, riprodotto attraverso cuffie o altoparlanti, mascheri il disturbo acustico osservato. La qualità del segnale generato viene migliorata in modo da non snaturarlo e mantenerlo percettivamente piacevole, pur non compromettendo le sue proprietà mascheranti. A tal fine si usano due metodi, uno basato sulla tonalità del segnale disturbante che comanda un filtro in fase di equalizzazione, l'altro sul rapporto in guadagno tra livelli contigui che consente di mantenere la natura del suono. In conclusione si sono eseguiti dei test su un campione di 11 persone per valutare l'efficacia dell'applicazione.

2. Capacità di analisi degli smartphone

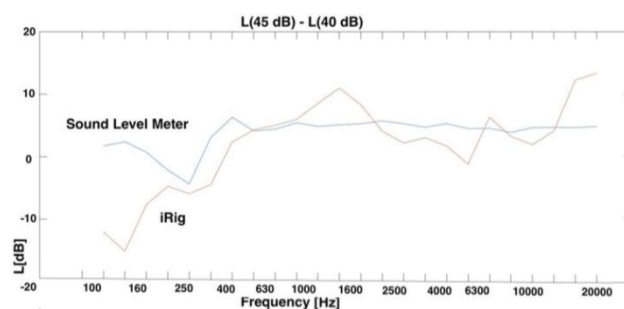
Lo studio delle potenzialità offerte dall'hardware degli smartphone è importante per comprendere in quali ambiti di applicazione possono essere attesi dei risultati consistenti. La bibliografia riporta studi che pongono a confronto smartphone e fonometri professionali per la misurazione della pressione sonora. L'articolo [1], riporta dati di analisi svolte nel 2015 su un campione di 100 smartphone, di cui 65 iOS e 35 Android. I risultati mostrano grosse imprecisioni per la misurazione di

rumori sotto i 27 dB(A), che vengono sovrastimati mediamente di 5,33 dB(A) e sopra i 90 dB(A), dove possono essere osservate deviazioni medie di -3,57 dB(A).

Gli smartphone Android mostrano una maggiore varianza nella misurazione: questo è dovuto alla grande varietà di produttori che montano MEMS differenti. In generale è osservata una maggiore precisione di misurazione sui dispositivi iOS.

Al fine di approfondire i risultati di questi studi è stato condotto uno studio autonomo con il duplice fine di comprendere le capacità di stima energetica poste in relazione alle frequenze e investigare le potenzialità offerte da due microfoni esterni per smartphone presenti sul mercato (IK Multimedia iRig e micW i436) contro uno integrato in un iPhone 5s.

L'esperimento è stato impostato in modo da generare artificialmente un rumore bianco ai seguenti LAeq: 30 dB(A), 35 dB(A), 40 dB(A) e 45 dB(A). Per ciascuno di questi è stata operata una misurazione usando un fonometro professionale (Larson and Davis 831) e le rispettive registrazioni con ciascuno dei microfoni esterni e quello integrato. Ogni misurazione è durata 2 minuti, in un ambiente con rumore di fondo non stazionario di circa 27 dB(A). Ciascuna traccia è stata elaborata riportando in frequenza in terze di ottava i valori di pressione sonora e calcolando le differenze in deciBel lungo l'asse delle frequenze fra livelli contigui.



I risultati di questa sperimentazione confermano che è possibile aspettarsi misurazioni consistenti per LAeq ≥ 35 dB(A). L'analisi ha consentito di comprendere il range in frequenza dove questi dispositivi riportano risultati coerenti a quelli del fonometro, ossia fra i 300 Hz e i 7000 Hz. I microfoni esterni, sebbene consentano di ottenere stime più stazionarie rispetto all'integrato e di abbassare a 150-200 Hz il limite in frequenza, non migliorano le capacità di stima per bassi livelli energetici.

3. Implementazione algoritmo mascheramento

A seguito dell'indagine fatta, per l'applicazione si è posto l'obiettivo di avere a che fare con il mascheramento di rumori disturbanti superiori ai 35dB(A) e l'ottenimento della privacy di conversazioni. Il fine è di aiutare lo studio e la concentrazione degli utenti, e ottenere una diminuzione dello stress.

Si è scelto dunque di adottare un algoritmo che lavorasse su un modello psicoacustico, procedendo a operare delle ottimizzazioni in modo da alleggerire il carico computazionale ed elaborare risultati nel range di analisi individuato.

Il segnale in ingresso viene campionato in un buffer da 1024 campioni, sul quale viene operata una FFT. Successivamente ciascun risultato viene mappato sulla scala di Bark con lo scopo di riportare il segnale in ingresso su modello psicoacustico diviso su 25 bande. In breve, la trasformazione consente di mappare le frequenze su distanze in cui l'orecchio presenta eguale percezione. Per ogni banda viene calcolata l'energia Z_v , come segue

$$Z_v = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m Z(k)$$

dove v è l'indice di Bark, e $Z(k)$ è l'energia parziale per il frame con indice m .

Per emulare e consentire di tenere in considerazione l'effetto del mascheramento fra bande critiche contigue è stata applicata una funzione di estensione (Spreading) calcolata come definito da Schroeder [2]. In seguito viene operata una convoluzione fra il risultato ottenuto S_{ij} e l'energia della banda Z_v :

$$C_i = S_{ij} * Z_v$$

Al fine di ottenere questo risultato in tempo celere, senza imporre attese all'utente, si è deciso di tenere in memoria i dati di analisi pre-calcolati dei segnali mascheranti.

A questa analisi segue il calcolo della threshold di mascheramento, ossia il livello minimo di un disturbo che è udibile in presenza di un suono mascherante. I valori trovati devono essere rimappati nel dominio di Bark. Al posto della deconvoluzione, che si è dimostrata operazione instabile si applica un metodo ottimale: la rinormalizzazione. Ciascun livello di threshold per ogni banda viene moltiplicato per l'inverso del Gain applicato dalla funzione di spreading.

I livelli stimati vengono usati per istruire un equalizzatore, che va ad applicare un guadagno coerente al range di frequenze che devono operare il mascheramento.

4. Suoni naturali e piacevolezza dell'ascolto

Un secondo aspetto che si è voluto curare è la piacevolezza dei suoni generati che devono indurre nell'ascoltatore un senso di piacevolezza e relax, oltre a rimuovere i disturbi ambientali.

Da una ricerca nella bibliografia nell'ambito della Psicologia è emerso che i suoni naturali (come il vento, la pioggia, le onde etc) hanno grandi benefici sull'ascoltatore e sono in grado sia di aumentare la sua concentrazione, che di tranquillizzarlo in ambienti stressanti e affollati [3,4]. Il set di suoni proposti all'utente comprende solo tracce di questo tipo.

Si è cercato poi di operare in fase di equalizzazione del suono in modo da mantenere la struttura in frequenza dei suoni elaborati per il mascheramento, migliorando la loro piacevolezza in fase di ascolto.

La prima delle due metodologie impiegate è basata sul calcolo del Gain Ratio. Il fattore è stato calcolato nel seguente modo:

$$G_i = M_i / \frac{1}{24} \sum_{j=1}^{24} M_j$$

con M_i modulo del segnale per la i -esima banda. Questa metrica consente di individuare le bande in cui il segnale porta meno energia: l'equalizzazione tiene conto di questo valore per non applicare guadagni su punti in frequenza che possono snaturare il suono originale.

La seconda metodologia viene abilitata dalla misura di tonalità di un segnale: se questa è alta ci si aspetta di avere come risultato dalla fase di analisi un valore di gain molto più alto in una banda, rispetto alle altre. Se questo valore fosse applicato direttamente in fase di equalizzazione, il segnale riprodotto sarebbe snaturato in maniera evidente. È per questo che se il livello di tonalità fosse riscontrato come alto, in fase di equalizzazione viene applicato un filtro mediano che rende più gentili i cambi di livelli di guadagno con le bande contigue.

5. Test e sondaggio

L'applicazione realizzata è stata sottoposta ad un primo test su un campione di 11 persone fra i 20 e i 50 anni. Ai soggetti è stato richiesto di valutare le capacità mascheranti e la piacevolezza dei suoni generati in due situazioni: una con un rumore ambientale disturbante (stufa a pellet) e una con del parlato. I voti dati riportano alti gradi di soddisfazione (4,2 su 5) per quanto riguarda l'efficacia del mascheramento in entrambi gli scopi.

Nel giudizio della piacevolezza di ascolto dei suoni generati, si sono incontrate opinioni diverse, mai completamente negative, che evidenziano un alto grado di soggettività. Esiste infatti un pregiudizio legato alle abitudini e alla cultura, che porta gli utenti a considerare come 'strano' un ascolto che prescinde dall'ambito musicale. Tuttavia i risultati sono discreti (3,6 su 5): evidenziano l'efficacia anche dei metodi applicati per il mantenimento della naturalezza dei suoni proposti.

6. Conclusioni

Lo studio dei dispositivi iOS ha consentito di individuare le limitazioni legate all'hardware che fanno riconsiderare il dominio in frequenza e le possibilità di riconoscimento di disturbi con LAeq inferiori a 35 dBA. Di conseguenza sono stati decisi gli ambiti di analisi e d'uso in cui l'applicazione può trovare massima efficacia.

Lo sviluppo dell'algoritmo ha tenuto presente di tali limitazioni hardware per poter trovare un buon rapporto fra tempi di computazione ed efficienza nel mascheramento. Il sondaggio proposto a 11 utenti riporta valutazioni in generale positive. Futuri migliorie potranno essere applicate rendendo l'algoritmo adattivo e migliorando la piacevolezza per ascolti molto lunghi.

7. Bibliografia

- [1] Enda Murphy Eoin A. King. Testing the accuracy of smartphones and sound level meter applications for measuring environmental noise. Applied Acoustics, 106(16), 2015.
- [2] B. M. R. Schroeder B. Atal and J. L. Hall. Optimizing digital speech coders by exploiting masking properties of the human ear. J. Acoust. Soc. Am., 66(6):1647-1652, Dec 1979.
- [3] Elliott Salamon Minsun Kim John Beaulieu George B Stefano. Sound therapy induced relaxation: down regulating stress processes and pathologies. Med Sci Monit, 9(5)(RA96-0), 2003
- [4] Laura J. Loewen Peter Suedfeld. Cognitive and arousal effects of masking office noise. Sage, 24(3), 1992. Laboratory Number: 602