

REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA DI MONITORAGGIO DEL RUMORE A BASSO COSTO ATTRAVERSO LA NUOVA APP ANDROID “OPENOISE”

IMPLEMENTATION OF A LOW-COST NOISE MEASUREMENT SYSTEM THROUGH THE NEW ANDROID APP “OPENOISE”

Stefano Masera (1), Jacopo Fogola (1) *, Giovanni Malnati (2), Antonio Lotito (3), Enrico Gallo (4)

- 1) Arpa Piemonte, Dipartimento di Torino
- 2) Politecnico di Torino
- 3) Istituto Superiore Mario Boella - Torino
- 4) Città di Torino

* Indirizzo dell'autore di riferimento - Corresponding author's address:
Via Pio VII, 9 – 10135, Torino, Italia
e-mail: j.fogola@arpa.piemonte.it

(Ricevuto il 07/07/2016, accettato il 05/09/2016)

RIASSUNTO

Nel presente lavoro si propone di utilizzare i più comuni dispositivi per le telecomunicazioni, quali smartphone e tablet, come alternativa a basso costo attendibile per l'esecuzione di misure di rumore. A tal fine è stata sviluppata una nuova applicazione con codice open-source, denominata OpeNoise, scaricabile gratuitamente dal Market Android Google Play. Per verificarne l'attendibilità sono stati effettuati opportuni test in laboratorio e sul campo. I risultati sono estremamente incoraggianti e lasciano intravedere un possibile futuro per questo settore di sviluppo.

ABSTRACT

In this paper it has been investigated the possibility of using the most common ICT devices, like smartphones and tablet, as a low-cost alternative for noise measuring. In particular, it has been developed a new free and open-source application, called OpeNoise, downloadable in the Android Market Google Play. To verify the reliability of OpeNoise, a series of laboratory and in-field tests has been carried out. The results are really encouraging and open a path toward new developments in this field.

parole chiave: smartphone; tablet; fonometro; low-cost; monitoraggio.

keywords: smartphone; tablet; sound level meter; low-cost; monitoring.

1. Premesse

Prima di procedere allo sviluppo e alla realizzazione di un'applicazione specifica per la misurazione del rumore, sono state condotte alcune ricerche circa le diverse possibilità offerte dal mercato, in termini di tipologia di sistema operativo e di software disponibili [1, 2].

A partire da tali ricerche sono state condotte alcune verifiche strumentali sulla bontà delle misurazioni utilizzando un telefono Android, attraverso un'applicazione gratuita chiamata Noise Meter, scaricabile dal Market Android Google Play. In particolare, è stato utilizzato un telefono di fascia medio-bassa (Samsung Advance GT-I9070P - costo inferiore ai 200 euro) con sistema operativo Android v.2.3.6, nel quale è stata installata la versione 2.4 di Noise Meter (attualmente aggiornata alla versione 3.8.2).

I risultati conseguiti [3] hanno permesso di affermare che l'utilizzo degli smartphone come misuratori del rumore ambientale in alternativa ai fonometri tradizionali, almeno entro un certo range di livelli sonori, sia un'ipotesi concreta e fattibile.

Tuttavia è stato evidenziato un peggioramento nell'accuratezza del dato acustico misurato dai telefoni a seguito dell'aggiornamento del sistema operativo Android alla versione 4 o superiore. Tale aggiornamento ha inserito, infatti, un controllo sul segnale acustico rilevato (il cosiddetto Automatic Gain Control - AGC), in grado di ottimizzare la ricezione e riproduzione della voce umana. Per contro, la misurazione dei livelli sonori risultava sfalsata.

Ulteriori test hanno indagato la possibilità di utilizzare una scheda integrata in alternativa agli smartphone, per la quale non ci fossero problemi di AGC. Per tali prove è stata utilizzata la scheda RADXA PRO (ARM Cortex A9 quad core @ 1.6 Ghz, 2 GB DDR, 8 GB Nand Flash + SD) con installato il sistema operativo Android, collegando attraverso la porta USB un microfono MEMS integrato su una scheda in grado di realizzare la conversione analogico-digitale del segnale (modello STEVAL-MKI116V1). Tuttavia tale sistema ha presentato diverse problematiche circa la conversione analogico-digitale e i buffer di analisi del segnale, portando ad abbandonare questa possibilità.

Si è così scelto di sviluppare un'applicazione originale, da utilizzare con smartphone e tablet, in modo da poter conoscere e governare nel dettaglio il processo di misurazione, elaborazione e produzione dei livelli sonori.

2. L'applicazione OpeNoise

OpeNoise è un'applicazione Android che consente la misurazione del livello equivalente di pressione sonora ponderato A.

Tra le caratteristiche dell'applicazione: valutazione livello minimo e massimo, analisi in terzi di ottava e FFT, possibilità di memorizzare i dati in log file, tempo di campionamento impostabile dall'utente, impostazione di un guadagno.

L'interfaccia (Fig. 1) presenta una parte superiore fissa, in cui si possono visualizzare il valore minimo e massimo, il L_{Aeq} , con tempo di campionamento fissato dall'utente, e il running L_{Aeq} . I valori sono azzerabili con un apposito tasto "Reset".

La parte inferiore presenta i grafici, selezionabili a rotazione. È possibile rappresentare la time-history dei dati, una barra con il livello minimo, massimo e medio, lo spettro non pesato in bande di terzi di ottava e infine lo spettro (pesato A e non pesato) risultante dalla FFT. Al centro della schermata è presente un tasto che permette di iniziare la memorizzazione dei dati attraverso un file di testo, con un tempo di campionamento impostabile dall'utente.

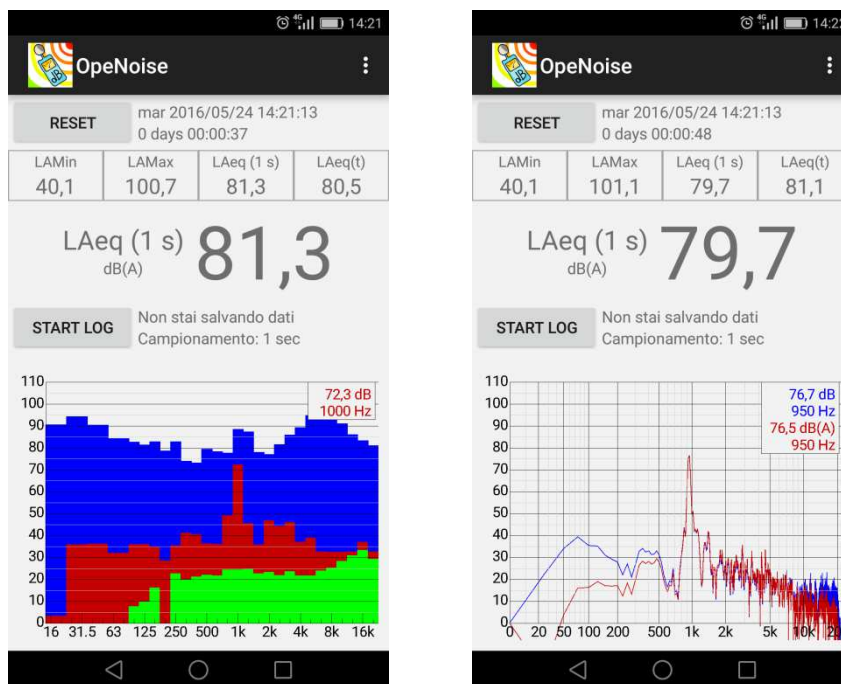


Figura 1 – Schermate della app OpeNoise - OpeNoise screenshots.

La misurazione del rumore può avvenire attraverso il microfono interno del telefono oppure mediante un microfono esterno, quando inserito attraverso l'apposito mini jack da 3,5 mm.

Nelle impostazioni è possibile inserire un guadagno, ovverosia un numero in dB che consenta di eseguire una calibrazione del dispositivo. Tale operazione, da eseguire attraverso una misura di un livello di pressione sonora noto, può rappresentare un punto di criticità per l'utilizzo dell'applicazione, in quanto non è al momento possibile definire una procedura standard e ripetibile (considerati il numero e la varietà di dispositivi e di microfoni utilizzabili). Misurazioni senza una corretta impostazione del guadagno possono essere affette da errori rilevanti.

Per realizzare l'analisi in frequenza viene effettuata una FFT (Fast Fourier Transform) con le seguenti impostazioni:

- campionamento a 44100 Hertz;
- finestra di Hanning, per limitare l'effetto di aliasing;
- aggregazione in bande da 24 Hertz.

L'applicazione è scaricabile gratuitamente dal Market Android Google Play, per sistemi operativi Android 4.1 o superiori. Il codice è disponibile sulla piattaforma github e rilasciato con licenza open-source.

3. Verifiche strumentali in laboratorio

Le verifiche strumentali in laboratorio sono state eseguite utilizzando una scatola allestita in modo da simulare una camera anecoica (Figura 2).

La scatola è di forma pressoché cubica, con dimensioni 52x52x53 cm, ed è rivestita di materiale fonoassorbente (poliuretano espanso con base di poliesteri a celle aperte, densità 26 Kg/m³). Al suo interno è collocata una cassa da 30 Watt con impedenza di 8 Ohm, collegata ad un amplificatore di segnale per poter variare l'intensità sonora.

Il segnale d’ingresso è un rumore bianco generato con un fonometro Brüel & Kjær modello 2260 regolarmente tarato. I microfoni vengono posizionati affiancati, con i centri delle capsule posti ad una distanza dell’ordine di 1.5-2 cm.



Figura 2 – Scatola per simulare una camera anecoica - Box to simulate an anechoic room.

Considerata la distanza tra i microfoni, alle frequenze più alte (> 5000 Hz) si potrebbero rilevare differenze non trascurabili di campo acustico, determinate dalla presenza di eventuali onde stazionarie. Ulteriore criticità è legata al fatto che i microfoni si trovano in condizioni di campo vicino per la quasi totalità delle bande di frequenza indagate, con la presenza di una componente reattiva del campo acustico non trascurabile. Tali aspetti non sono stati valutati nello specifico in questo studio, ma potranno essere oggetto di futuri approfondimenti.

Durante le prove sono stati testati alcuni telefoni di diversi modelli: Samsung chat GT-B5330, Samsung Galaxy SI Advance GT-I9070P, DOOGEE VOYAGER2 DG310, HUAWEY Y330-U01, HTC 601, HONOR 7.

Oltre al microfono interno e agli auricolari in dotazione, sono stati provati i seguenti microfoni esterni a basso costo: BOYA BY-LM10 Lavalier e JOYO iMic Mini (Fig. 3 e Tab. 1).



Figura 3 – Microfoni esterni testati - External microphones tested.

Tabella 1 – Caratteristiche microfoni esterni External microphones specifications.

Modello	Sensibilità		Signal to Noise Ratio	Impedenza	Costo
	dB	mV/Pa	dB	kOhm	€
BOYA BY-LM10	-30	32	74	-	19
JOYO I-MIC	-43	7	>60	2,2	13

Nelle Figure 4 e 5 si riportano le prove effettuate con i telefoni DOOGEE e HTC, inviando un rumore bianco a differenti livelli, in parallelo con un fonometro professionale di classe 1 (modello 01dB Symphonie, regolarmente tarato, calibrato prima e dopo i rilievi con Brüel & Kjær 4231). Con il termine “cavo” si intende una prolunga in dotazione con il microfono I-MIC. Con il termine “incrociato” si intende un adattatore in grado di invertire la polarità dei connettori nel mini jack.

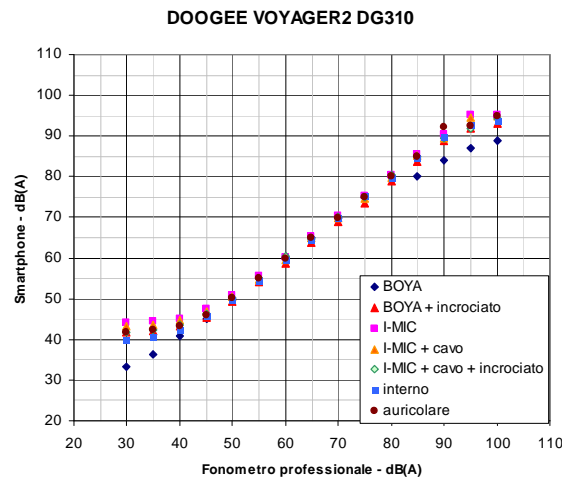


Figura 4 – Prove di laboratorio con telefono DOOGEE VOYAGER2 DG310 - Laboratory tests with DOOGEE VOYAGER2 DG310 smartphone.

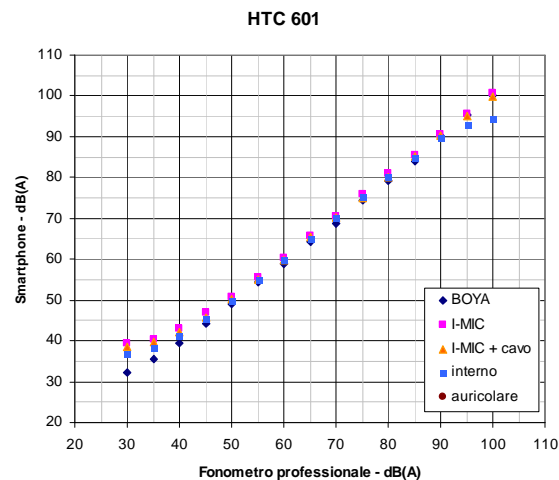


Figura 5 – Prove di laboratorio con telefono HTC 601 - Laboratory tests with HTC 601 smartphone.

Attraverso un’ulteriore prova è stato verificato il comportamento dei telefoni nella misurazione degli spettri in bande di terzi di ottava. Nelle Figure 6 e 7 sono mostrate le differenze tra quanto rilevato dallo smartphone e da un fonometro professionale di classe 1 (modello di cui sopra), inviando un segnale di rumore bianco a livelli crescenti.

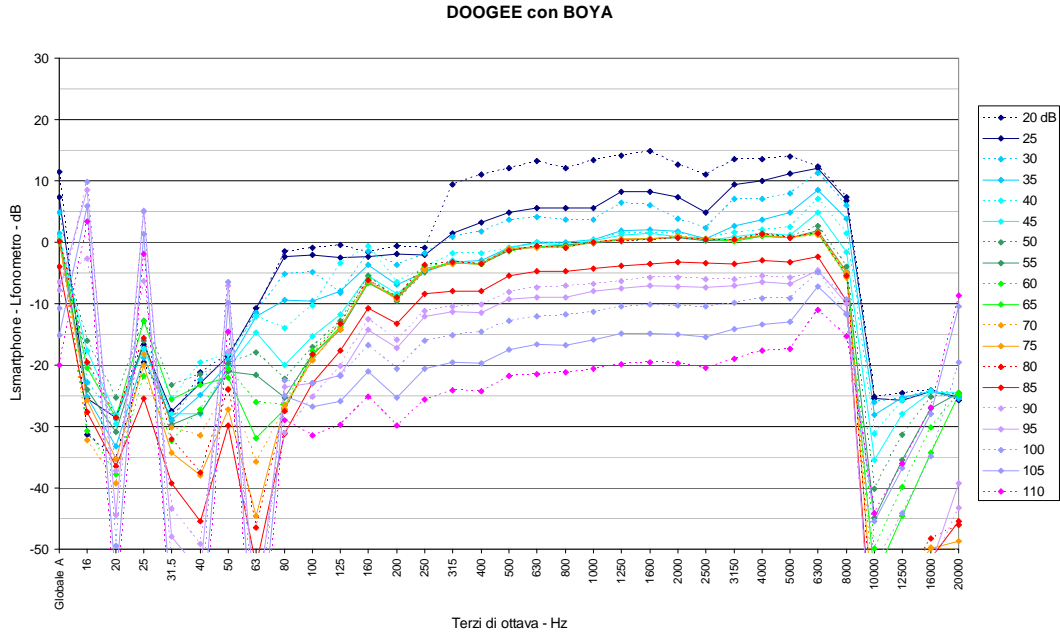


Figura 6 – Prove di laboratorio con telefono DOOGEE VOYAGER2 DG310 e microfono BOYA - Laboratory tests with DOOGEE VOYAGER2 DG310 smartphone and BOYA microphone.

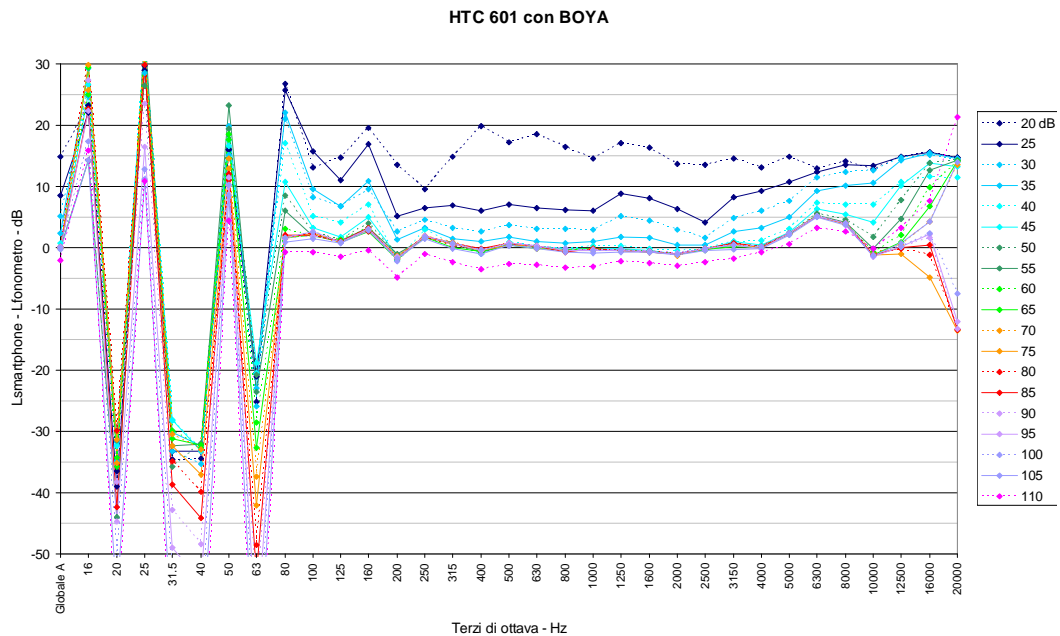


Figura 7 – Prove di laboratorio con telefono HTC 601 e microfono BOYA - Laboratory tests with HTC 601 smartphone and BOYA microphone.

I risultati indicano un differente comportamento dei due telefoni, evidenziato principalmente sui livelli alti: il DOOGEE presenta una limitazione raggiunti i 90 dB con microfono interno e I-MIC e gli 80 dB con microfono BOYA, mentre il telefono HTC può raggiungere anche i 105 dB (con BOYA e I-MIC). Relativamente ai microfoni, si apprezza un migliore comportamento ai livelli bassi del BOYA.

In queste analisi viene anche evidenziato un problema legato alla metodologia di calcolo delle bande di terzi di ottava basato su FFT (con distanza pari a 25 Hz). Le bande più basse, fino a 80-100 Hz, non possono essere calcolate correttamente a causa dei pochi punti contenuti in ognuna di esse (inferiori a 3). Tali dati quindi non sono rappresentativi e non devono essere presi in considerazione.

Nelle Tabelle 2 e 3 vengono riportati i risultati di una analisi statistica descrittiva sulle differenze di livello sonoro tra i due smartphone testati ed il fonometro professionale, calcolate nel range di livello sonoro 40-80 dB(A). I dati evidenziano il buon comportamento nella misura del livello globale, mentre rivelano scostamenti significativi alle basse e alle alte frequenze, con scarti comunque differenti a seconda del tipo di telefono.

Le misurazioni confermano comunque che gli smartphone, utilizzando la app OpeNoise, consentono una misurazione attendibile del rumore entro determinati livelli caratteristici di ogni singolo dispositivo.

Tabella 2 – Statistica descrittiva delle differenze tra livelli sonori misurati con smartphone DOOGEE VOYAGER2 DG310 e fonometro professionale nel range 40-80 dB(A) - Descriptive statistic of the differences between sound levels measured by DOOGEE VOYAGER2 DG310 smartphone and professional sound level meter in the range 40-80 dB(A).

Frequenza (Hz)	Smartphone – Fonometro professionale (dB)			
	Minimo	Media	Massimo	Deviazione standard
Globale A	0.1	0.2	0.9	0.3
125	-14.2	-12.3	-3.4	3.4
160	-6.6	-5.5	-0.6	1.9
200	-9.5	-8.8	-6.4	0.9
250	-4.8	-4.3	-3.7	0.4
315	-3.5	-3.2	-1.7	0.6
400	-3.6	-3.3	-1.8	0.6
500	-1.4	-1.2	-0.9	0.2
630	-0.9	-0.6	0.0	0.3
800	-0.9	-0.7	-0.3	0.2
1000	-0.1	0.1	0.5	0.2
1250	0.2	0.6	1.5	0.5
1600	0.4	0.7	1.4	0.4
2000	0.8	0.9	1.5	0.2
2500	0.3	0.5	0.6	0.1
3150	0.2	0.6	1.6	0.4
4000	1.1	1.4	2.1	0.3
5000	0.8	1.0	2.5	0.6
6300	1.2	2.6	7.1	2.0
8000	-5.7	-4.0	1.4	2.4

Tabella 3 – Statistica descrittiva delle differenze tra i livelli sonori misurati con smartphone HTC 601 e fonometro professionale nel range 40-80 dB(A) - Descriptive statistic of the differences between sound levels measured with HTC 601 smartphone and professional sound level meter in the range 40-80 dB(A).

Frequenza (Hz)	Smartphone – Fonometro professionale (dB)			
	Minimo	Media	Massimo	Deviazione standard
Globale A	0.0	0.1	0.8	0.3
125	0.9	1.5	4.1	1.0
160	2.7	3.7	7.1	1.5
200	-2.0	-1.6	-1.1	0.3
250	1.6	1.8	2.9	0.4
315	0.0	0.5	0.9	0.3
400	-1.0	-0.7	-0.4	0.2
500	0.4	0.6	0.9	0.2
630	-0.1	0.1	0.3	0.2
800	-0.6	-0.4	-0.1	0.2
1000	-0.4	-0.2	0.3	0.2
1250	-0.4	-0.3	0.3	0.2
1600	-0.8	-0.6	-0.2	0.2
2000	-1.3	-1.0	-0.5	0.2
2500	-0.4	-0.3	-0.1	0.1
3150	0.2	0.6	1.1	0.3
4000	0.0	0.2	1.2	0.4
5000	2.2	2.4	3.1	0.3
6300	5.1	5.6	7.4	0.8
8000	3.8	4.5	7.1	1.1

4. Verifiche strumentali sul campo

Alla luce del buon esito dei test in laboratorio, sono state eseguite misure di rumore del traffico stradale per periodi più lunghi, in contemporanea tra smartphone e un fonometro in classe 1 (modello Larson Davis n. 824, regolarmente tarato, verificato prima e dopo i rilievi attraverso il calibratore Brüel & Kjær n. 4231).

I microfoni sono stati posizionati su un balcone posto ad un'altezza di circa 13 metri dal piano strada; gli smartphone sono stati alloggiati in appositi kit per esterni, realizzati grazie alla collaborazione del centro di ricerca CSP - Innovazione nelle ICT [4].

Nelle Figure 8 e 9 si può vedere il buon allineamento delle misurazioni nei dati accorpate su base oraria e nei periodi di riferimento diurni (06-22) e notturni (22-06).

Per questa prova sono stati utilizzati il fonometro professionale citato in precedenza (denominato FONO) e 6 smartphone DOOGEE con microfono BOYA (D2, D3, D5, D6, D7, D8), con diversi tempi di acquisizione dei dati (1, 5 e 60 s).

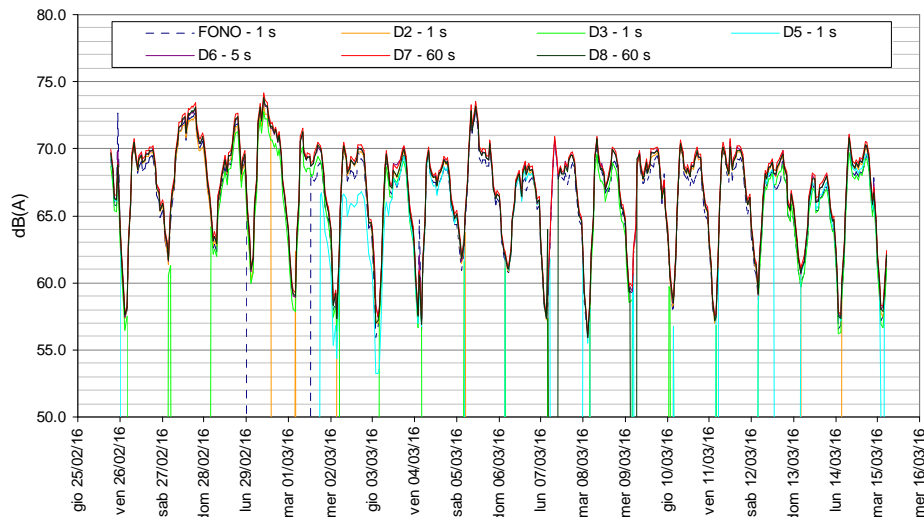


Figura 8 – Livelli sonori orari - Hourly sound levels.

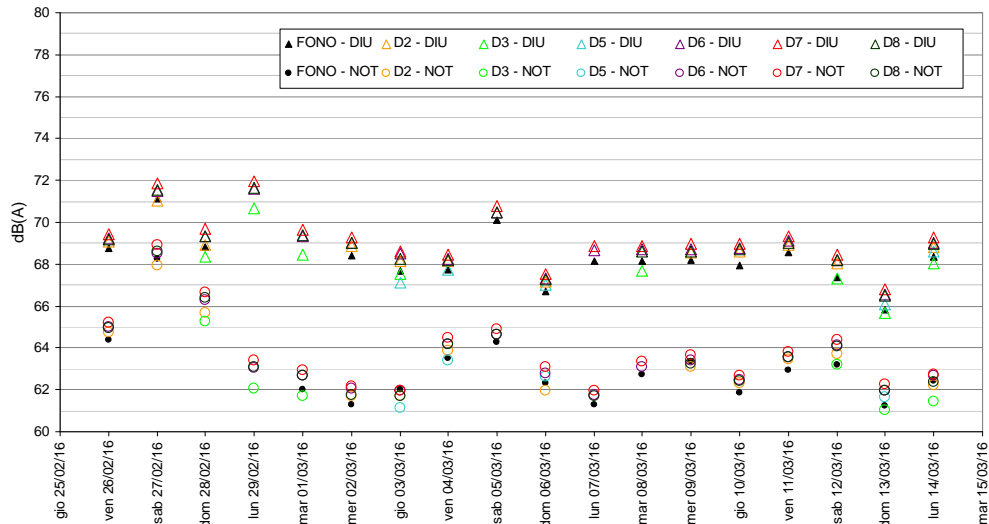


Figura 9 – Livelli sonori nei periodi diurni e notturni - Sound levels in the day and night periods.

5. Sviluppo di una rete di monitoraggio a basso costo

Una possibile applicazione di OpeNoise è quella di creare una rete di monitoraggio del rumore a basso costo.

Con il contributo del CSP è stata predisposta una versione avanzata dell’applicativo, attualmente ad uso di Arpa Piemonte e non disponibile sul Market Android, in modo da trasmettere i dati acquisiti in tempo reale dal telefono alla piattaforma Smart Data Platform (SDP) [5], il nuovo ecosistema della Regione Piemonte che dà accesso a dati pubblici e consente ampia circolazione delle informazioni, il cui gestore è CSI Piemonte [6].

Se nel telefono è presente un collegamento internet (via Wi-fi oppure GPRS), l’applicazione così modificata trasmette i dati alla piattaforma (inviando i dati globali e i dati in frequenza); in caso di assenza di connessione, scrive un file di testo (con i soli dati globali). Utilizzando OpeNoise con tale opzione, sono state installate 6 postazioni di monitoraggio, con il kit illustrato in Figura 10, in un quartiere della Città di Torino. I

siti di installazione sono uffici pubblici, pali della rete di illuminazione e paline del servizio di bike sharing [7] (Figure 11 e 12).

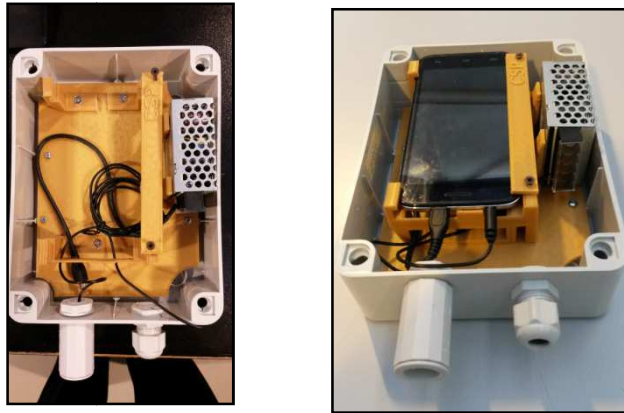


Figura 10 – Kit per esterni - Kit for outdoor measurement



Figura 11 – Installazione postazione in edificio pubblico - Installation of the monitoring station in a public building.



Figura 12 – Installazione postazione su palina bike sarin - Installation of the monitoring station in a bike-sharing totem.

I dati sono acquisiti con un tempo di campionamento pari ad 1 secondo e inviati in tempo reale alla piattaforma SDP. Per garantire l'accuratezza dei dati raccolti dalla rete di monitoraggio, tutti i sensori vengono sottoposti a calibrazioni periodiche e, a campione, sono condotte misure per più giorni in parallelo con fonometri professionali.

Conclusioni

I numerosi test, confronti e misurazioni condotti nell'ambito del presente studio indicano che attraverso l'applicazione OpeNoise è possibile utilizzare, in determinate condizioni, uno smartphone o un tablet per la misurazione conoscitiva (non fiscale) del rumore ambientale.

Per quanto si possano riscontrare differenti risposte nella precisione del dato rilevato a seconda del modello utilizzato, tutti i telefoni testati hanno fornito un'ottima risposta in un range dinamico compreso tra i 45 e gli 80 dB(A).

Rimane comunque da verificare l'affidabilità di tali apparecchi per periodi di tempo più significativi ed in condizioni climatiche avverse.

Conclusions

The many tests carried out in this study suggest that OpeNoise can be used with a smartphone or tablet to provide, in certain conditions, informative (but not legally binding) environmental noise measurements.

However, considering that the accuracy of a measure depends on the specific device used, all the tested smartphones have given optimum results in the dynamic range between 45 and 80 dB(A).

In any case further studies will have to be conducted to investigate the reliability and the durability of these systems in long term measurements.

Ringraziamenti

Si ringraziano per la collaborazione: CSP - Innovazione nelle ICT, CSI Piemonte e Comunicare srl.

Bibliografia

- [1] Kardous, C.A., Shaw, P.B. (2014). Evaluation of smartphone sound measurement applications. *The Journal of the Acoust. Soc. of Am.*, 135(4), pp. 186-192.
- [2] Murphy, E., King, E.A. (2016). Testing the accuracy of smartphones and sound level meter applications for measuring environmental noise. *Applied Acoustics*, 106, Maggio 2016, pp. 16-22.
- [3] Fogola, J., Masera, S., Bevacqua, V. (2015). Smartphone as noise level meter? *Proceedings of 22° ICSV, Firenze*, 12-16 Luglio.
- [4] www.csp.it (ultimo accesso: 28/06/2016)
- [5] www.smartdatanet.it (ultimo accesso: 28/06/2016)
- [6] www.csipiemonte.it (ultimo accesso: 28/06/2016)
- [7] www.tobike.it/frmLeStazioni.aspx (ultimo accesso: 28/06/2016)