

Real-Time Classification of Real-Time Communications

*Original*

Real-Time Classification of Real-Time Communications / Perna, Gianluca; Markudova, Dena; Trevisan, Martino; Garza, Paolo; Meo, Michela; Munafo, Maurizio; Carofiglio, Giovanna. - In: IEEE TRANSACTIONS ON NETWORK AND SERVICE MANAGEMENT. - ISSN 1932-4537. - ELETTRONICO. - 19:4(2022), pp. 4676-4690.  
[10.1109/TNSM.2022.3189628]

*Availability:*

This version is available at: 11583/2970070 since: 2022-07-13T08:17:39Z

*Publisher:*

IEEE

*Published*

DOI:10.1109/TNSM.2022.3189628

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

IEEE postprint/Author's Accepted Manuscript

©2022 IEEE. Personal use of this material is permitted. Permission from IEEE must be obtained for all other uses, in any current or future media, including reprinting/republishing this material for advertising or promotional purposes, creating new collecting works, for resale or lists, or reuse of any copyrighted component of this work in other works.

(Article begins on next page)

## S&N-S LIGHT: IL DISPOSITIVO CHE CONTROLLA IL RUMORE ANTROPICO NEGLI AMBIENTI DENSAMENTE OCCUPATI INCORAGGIANDO IL COMPORTAMENTO ADATTIVO DI ABBASSAMENTO DEI LIVELLI DI VOCE

Sonja Di Blasio (1), Louena Shtrepi (2)

1) Dipartimento di Energia, Politecnico di Torino, Torino, sonja.diblasio@polito.it

2) Dipartimento di Energia, Politecnico di Torino, Torino, louena.shtrepi@polito.it

### SOMMARIO

Il rumore antropico prodotto all'interno di ambienti densamente occupati, quali scuole, ristoranti, luoghi di lavoro e di svago, determina effetti dannosi sulla salute, sulla qualità dell'ambiente e sulle performance degli occupanti. Data la mancanza attuale di prevedere il coinvolgimento attivo dell'utente al fine di ottenere il comfort acustico in tali ambienti, l'obiettivo di questo studio è sperimentare uno strumento che incoraggi il comportamento adattivo di controllo personale della voce.

### 1. Introduzione

Le insegnanti sono sottoposte quotidianamente a livelli di rumore elevati, che causano l'insorgere di stanchezza, di danni uditivi e di laringopatie. Condizioni acustiche sfavorevoli inoltre provocano negli allievi difficoltà di apprendimento e di perdita di attenzione [1].

Attualmente il modo principale per intervenire sulla riduzione dei livelli sonori e sul tempo di riverberazione è la ristrutturazione della aule didattiche che prevede interventi di correzione acustica [2]. È necessario però considerare che le attività svolte dagli alunni e dalle insegnanti sono state individuate come la principale sorgente di inquinamento acustico [3], pertanto concentrarsi sul comportamento degli occupanti potrebbe essere una strategia metodologica adeguata per controllare e migliorare i livelli sonori nelle aule didattiche. Un approccio di questo tipo si rivela utile data la tendenza, sempre più attuale, di ridefinire gli ambienti scolastici da un punto di vista spaziale, concettuale ed operativo realizzando aree di apprendimento flessibili in termini di spazio e attività [4].

Gli interventi di acustica passiva determinano una riduzione del tempo di riverberazione, dei livelli sonori e dei rumori prodotti dalle apparecchiature in aula, ma non producono un effetto significativo sui sintomi legati alla stanchezza dopo il lavoro e ai danni provocati all'apparato uditivo e vocale [1]. Pertanto, il controllo personale della voce, volto a ridurre il rumore antropico all'interno di tali spazi, è un comportamento adattivo auspicabile al fine di evitare effetti negativi in termini di performance, salute e qualità dell'ambiente. Lo scopo di questo studio è infatti quello di valutare l'efficienza di un dispositivo fonometrico intelligente e brevettato al Politecnico di Torino, denominato Speech & Noise Stop-Light (S&N-S Light), che segnala il superamento di livelli sonori limite attraverso un feedback visivo e che incoraggia l'autoregolazione della propria emissione vocale.

### 2. Metodologia

Al fine di sensibilizzare e accrescere la consapevolezza degli utenti circa gli effetti del rumore e dell'importanza del comfort acustico ottimale risulta importante definire uno strumento metodologico capace di incoraggiare l'utente verso il comportamento adattivo di controllo personale della voce.

S&N-S light è un dispositivo fonometrico capace di monitorare in tempo reale i livelli di rumore presenti in ambiente e di inviare un feedback visivo basato sull'accensione dei colori verde-giallo-rosso. L'algoritmo di calcolo adattivo, elemento

che rende il sistema innovativo, controlla l'accensione del segnale luminoso sulla base di una *time history* e sul concetto che il disturbo da rumore è relativo. Per informazioni più specifiche sul funzionamento di S&N-S light si faccia riferimento alla Ref. [5].

### 3. Sperimentazione

Alcune campagne di monitoraggio svolte precedentemente hanno coinvolto tre diversi contesti: l'istituto Superiore J.C. Maxwell di Nichelino, un locale di ristorazione e una piazza urbana a Torino. L'analisi dei risultati ha evidenziato un generale abbassamento del livello di rumore in presenza di S&N-S light acceso, in particolare quando si affianca l'utilizzo del dispositivo ad una campagna verbale e informativa di sensibilizzazione [5]. Data la necessità di raccogliere un numero più rilevante di dati al fine di validare l'efficienza del dispositivo è stata portata avanti una nuova campagna di monitoraggio, che ha coinvolto cinque sezioni della scuola primaria "Roberto D'Azeglio". Tale sperimentazione si è posta come obiettivo:

- continuare a valutare l'efficacia del dispositivo all'interno di ambienti scolastici differenti a supporto dei risultati precedentemente ottenuti;
- valutare la capacità di S&N-S light nel formare e sensibilizzare gli utenti verso l'attuazione di comportamenti adattivi di autoregolazione del livello di voce.

La campagna di monitoraggio ha coinvolto le sezioni dalla classe prima alla classe quinta in modo da testare l'applicazione del dispositivo considerando utenti di età diversa. La prima settimana è stato rilevato il livello di rumore delle aule mantenendo il segnale luminoso di S&N-S light spento, nelle settimane successive invece il feedback visivo è stato attivato. Il livello sonoro limite oltre il quale il segnale luminoso rimane fisso sul colore rosso è stato variato ogni settimana sulla base dei livelli di rumore rilevati in ambiente. Al fine di trascurare i rumori impattivi e monitorare il rumore di fondo generato dal chiacchiericcio degli studenti è stato impostato come livello di misura il novantesimo percentile ( $L_{90}$ ). La tabella 1 riporta le condizioni di funzionamento di S&N-S light nelle varie settimane.

Tabella 1 – Condizioni di funzionamento di S&N-S light

Condizione	Settimana	Segnale luminoso	Livello statistico [dB]	Livello limite [dB]
0	prima	spento	$L_{90}$	50
1	seconda	acceso	$L_{90}$	55
2	terza	acceso	$L_{90}$	63

Dato che le sperimentazioni precedenti hanno messo in evidenza l'importanza della campagna informativa anche in questo caso all'inizio della seconda settimana (segnalazione luminosa accesa) è stato spiegato agli studenti il funzionamento e l'obiettivo di S&N-S light. Un modulo preimpostato con indicate le informazioni sulla fascia oraria, l'insegnante, il giorno e l'attività svolta è stato compilato giornalmente dalle insegnanti.

I dati sono stati analizzati confrontando i livelli di rumore misurati nella condizione 0 con quelli misurati nelle condizioni 1 e 2. Al fine di limitare la variabilità del campione ogni confronto è stato effettuato considerando sempre la stessa fascia oraria, la medesima insegnante e gli stessi allievi. Il confronto tra differenti tipologie di didattica non è stato svolto in quanto dall'analisi dei moduli giornalieri è emerso che le lezioni sono state prevalentemente di tipo frontale.

#### 4. Risultati

Come dimostrato da una prima analisi la distribuzione non normale dei dati ha determinato la necessità di utilizzare il Test U di Mann-Whitney, test statistico non parametrico sensibile alla differenza nella localizzazione di due distribuzioni [6]. Al fine di mostrare l'analisi statistica effettuata singolarmente su ogni caso confrontato si riporta in figura 1 le distribuzioni dei valori di  $L_{90}$  misurati nei due giorni caratterizzati dalle due condizioni opposte (segnalazione luminosa accesa – segnalazione luminosa spenta). Dato che le due distribuzioni presentano una forma diversa, il test statistico confronta il rango medio delle due distribuzioni [5]. I valori ottenuti dal test statistico sono riportati in tabella 2. Si nota che il rango medio della *distribuzione a* è più alto del rango medio della *distribuzione b*, quindi il Test U consente di affermare che i valori della *distribuzione a* sono maggiori di quelli della *distribuzione b*. Questo indica che l'attivazione del segnale luminoso di S&N-S light ha determinato un abbassamento dei livelli di rumore significativo ( $p$ -value < 0,05 per un intervallo di confidenza del 95%) rispetto ai livelli di rumore misurati nella condizione 1 (segnale luminoso spento).

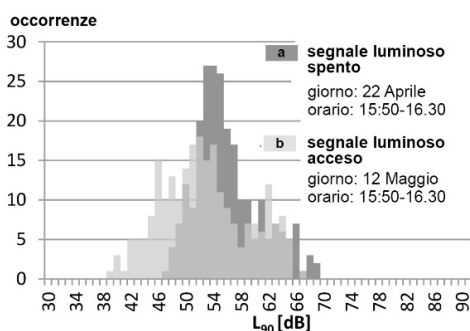


Figura 1 - Esempio di distribuzioni di occorrenze del livello di rumore misurato nella condizione 0 e 1.

Tabella 2 – Confronto tra i risultati ottenuti dal test statistico

Distribuzione	Segnale luminoso	$L_{90}$ [dB]			$p$ -value (test ad una coda)
		Media	Mediana	Rango medio	
<i>a</i>	spento	56,0	55	<b>280,1</b>	0,00
<i>b</i>	acceso	52,8	52	<b>202,1</b>	

La tabella 3 mostra la percentuale di casi in cui si è ottenuto un abbassamento dei livelli di rumore nel condizione di segnalazione luminosa attiva (condizione 1 e 2). Si nota che la sezione 1<sup>a</sup>A non è stata presa in considerazione nell'analisi dei risultati. Infatti a causa della compilazione errata o del tutto assente del

modulo giornaliero da parte degli insegnanti non è stato possibile avere un numero sufficientemente significativo di dati da analizzare. Questo dimostra l'importante ruolo delle insegnanti al fine di garantire l'efficacia della sperimentazione

Tabella 3 – Miglioramenti osservati nelle diverse sezioni. I miglioramenti indicano i casi in cui l'analisi statistica ha dimostrato un abbassamento significativo dei livelli di rumore

Sezione	Confronti tot.	Miglioramenti [n°]	Miglioramenti [%]
2 <sup>a</sup> A	<b>Confronto condizione 0 e 1</b>		
	12	8	67 %
	<b>Confronto condizione 0 e 2</b>		
	19	10	53%
3 <sup>a</sup> A	<b>Confronto condizione 0 e 1</b>		
	7	6	86%
	<b>Confronto condizione 0 e 2</b>		
	5	4	80%
4 <sup>a</sup> A	<b>Confronto condizione 0 e 1</b>		
	40	34	85%
	<b>Confronto condizione 0 e 2</b>		
	26	14	54%
5 <sup>a</sup> C	<b>Confronto condizione 0 e 1</b>		
	13	12	92%
	<b>Confronto condizione 0 e 2</b>		
	20	11	55%

#### 5. Conclusioni e nuovi sviluppi di S&N-S light

I risultati della presente campagna di monitoraggio che ha coinvolto le sezioni della scuola primaria "Roberto D'Azeglio" mostrano che:

- in presenza di segnale luminoso attivo i livelli di rumore all'interno dell'aula didattica tendono ad abbassarsi;
- durante la prima settimana in cui S&N-S light emette il segnale luminoso (condizione 1) i miglioramenti risultano essere più alti in tutte le sezioni rispetto alla seconda settimana (condizione 2);
- non si avverte una differenza significativa nella percentuale di miglioramento se si considera la fascia di età degli studenti.

Il fatto che i miglioramenti decrescano nella seconda settimana di accensione delle luci mette in evidenza la necessità di progettare un metodo capace di motivare settimanalmente gli studenti. Un modulo WiFi aggiunto ai prototipi garantisce la visualizzazione dei dati in tempo reale su un server e su un App mobile. Questa nuova funzionalità ha permesso di sperimentare nella campagna di monitoraggio attualmente in atto un metodo di sensibilizzazione continua.

Sviluppi futuri della ricerca prevedono la realizzazione di prototipi di S&N-S light da tavolo da sperimentare in uffici *open-space*, al fine di valutare l'efficienza del sistema in un ambiente differente.

#### 6. Bibliografia

- [1] Shield B., Dockrell J. E., *The effects of noise on children at school: A review*, Building Acoustics, **10** (2003), pp. 97-116
- [2] Kristiansen J., Lund S.P., Persson R., Challi R., Lindskov J. M., Nielsen P.M., Larsen P.K., Toftum J., *The effects of acoustical refurbishment of classrooms on teachers' perceived noise exposure and noise-related health symptoms*, International Archives of Occupational and Environmental Health, **89** (2016), pp. 341-350
- [3] Shield B., Dockrell J. E., *External and internal noise survey of London primary schools*, Journal of the Acoustic Society of America, **115** (2004)
- [4] <http://fcl.eun.org/>
- [5] Calosso G., Puglisi G. E., *Il controllo del rumore tramite un semaforo acustico intelligente che aiuta a regolare la propria emissione vocale S&N-S light*, Associazione Italiana di Acustica in 43° Convegno Nazionale, Alghero (2016)
- [6] Sigel S., Castellan N.J., *Non parametric statistics for the behavioral sciences*, University of Michigan, McGraw-Hill, Inc., (1988)