

SAFEGUARD

Introduzione

SAFEGUARD, è un progetto co-finanziato nel quadro del Programma operativo regionale (Por) del Fondo europeo di sviluppo regionale (Fesr) 2014-2020 della Toscana. L'area di indagine del progetto SAFEGUARD riguarda lo sviluppo di un sistema innovativo per salvaguardare le condizioni di salute del lavoratore e la sua sicurezza nell'ambiente di lavoro, che sfrutti le tecnologie dell'Industria 4.0 (quali IoT, Sensori, Cloud Computing, Artificial Intelligence, Cybersecurity e Machine Learning) per fornire servizi tesi a migliorare il controllo degli accessi alle aree e le condizioni di salute e sicurezza nell'ambiente di lavoro (SSL). Il progetto è iniziato a settembre 2020 e terminerà a marzo 2023. I partner aziendali sono Powersoft S.p.A. (soggetto capofila), Neumus S.r.l. e Hyntelo S.r.l., mentre il Dipartimento di ingegneria industriale (DIEF) dell'Università di Firenze è il partner scientifico del progetto.

SAFEGUARD prevede lo sviluppo di un sistema per la gestione da remoto, attraverso una piattaforma in cloud, di un'ampia serie di dispositivi e sensori, con integrazione intelligente (data fusion) dei dati da loro forniti, con loro protezione con tecniche di Cybersecurity e connettività secondo un'architettura IoT. Integrazione di sensoristica e di dispositivi audio e video grazie ai quali possono essere rilevate situazioni pericolose sui luoghi di lavoro, prontamente segnalate localmente con messaggi audio e segnali visivi, mentre un'interfaccia web rende disponibile lo stato del sistema in tempo reale, segnalando gli eventi di allarme all'operatore.

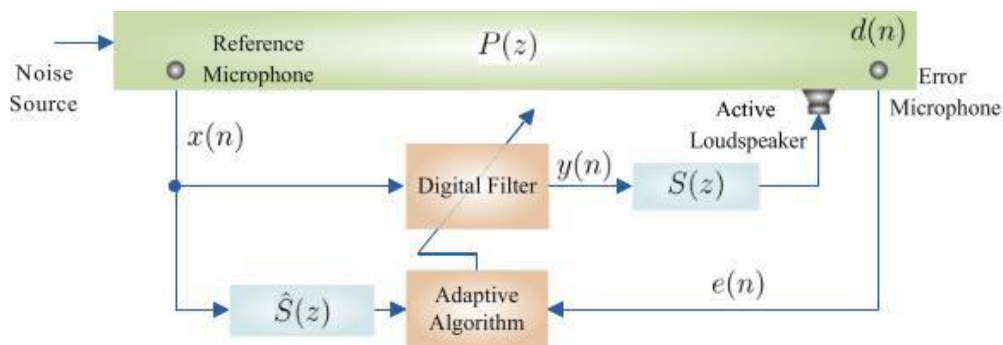
il sistema proposto può aumentare le condizioni di salute e sicurezza della industria nel suo complesso, a partire dal controllo degli accessi ad aree riservate e segregate, la riduzione del rischio rumore, creando le condizioni anche per la gestione di altre forme di pericolo e rischio negli ambienti lavorativi industriali. Per questo, i risultati del progetto sono di grande utilità per tutte le imprese industriali (grandi, medie e piccole) di molteplici settori per ridurre i rischi per i lavoratori e per migliorare le condizioni di comfort nell'ambiente lavorativo (in particolare con identificazione delle cause di rumore e riduzione dei loro effetti).

Analisi della letteratura Active Noise Control (ANC)

Il team di ricerca dell'università di Firenze ha effettuato un'attività di analisi dei bisogni con l'approccio del *design thinking* [1]. Applicando le prime due fasi della metodologia (*empathize* e *define*) è stata analizzata senza preconcetti la voce del cliente, esplorandone i bisogni impliciti ed espliciti e generando come output dei *problem statements* che sintetizzano le problematiche emerse. L'attività di analisi è stata effettuata con delle interviste dalla durata di 15/20 minuti, in parte vis a vis ed in parte in modalità remota. Sono stati intervistati gli attori in gioco di piccole e medie imprese toscane, molte della filiera tessile pratese (6 datori di lavoro, 9 lavoratori, 3 RSPP, 4 esperti del settore sicurezza nel luogo di lavoro e 2 sindacalisti). La problematica emersa maggiormente dalle interviste è stato il rischio rumore e le condizioni di comfort in ambienti di lavoro rumorosi.

Dato questo problema è stata condotta un'analisi della letteratura sugli algoritmi di riduzione attiva del rumore sul database SCOPUS: sono state selezionate due *review* che analizzano gli algoritmi ANC lineari [2] e non lineari [3] dell'ultimo decennio per studiarne lo stato dell'arte. I metodi tradizionali di controllo del rumore usano il controllo passivo (PNC) come la sigillatura e la schermatura per attenuare il rumore. Tuttavia,

tali metodi soffrono del volume ingombrante, del costo elevato e della degradazione delle prestazioni per la riduzione del rumore a bassa frequenza, il che ne ostacola l'uso pratico. Per affrontare questo problema, è stato sviluppato il controllo attivo del rumore (ANC), basato sul principio che il rumore può essere annullato da un altro rumore con la stessa ampiezza ma una fase opposta. I sistemi di controllo attivo del rumore sono stati ampiamente utilizzati sia nei macchinari industriali che nei prodotti di consumo. Dal momento che il controllo del rumore di solito deve essere eseguito in un'area estesa, i sistemi ANC usano un certo numero di microfoni e altoparlanti per monitorare il rumore e generare un antirumore, attenuando così la propagazione del suono indesiderato in una certa regione piuttosto che in diversi punti. La Fig. 1 mostra il diagramma di un modello ANC feedforward, dove $P(z)$ denota il percorso primario, $S(z)$ denota il percorso secondario, che può essere usato per modellare il percorso acustico tra l'altoparlante e il microfono, o il percorso elettroacustico che include anche gli effetti dell'amplificatore e del circuito del driver, $\hat{S}(z)$ rappresenta la stima del modello del percorso secondario, $x(n)$ sta per il segnale di riferimento, $d(n)$ denota il segnale indesiderato, $y(n)$ denota l'uscita del controllore, ed $e(n)$ denota il rumore residuo. Un altro modello di sistema ANC impiega la strategia di feedback. Contrariamente al sistema ANC a feedforward, il sistema ANC a feedback non ha bisogno delle informazioni a priori raccolte dal microfono di rifrazione, e il livello di rumore attenuato dipende solo dall'altoparlante attivo, dal controller adattivo e dal microfono di errore. La struttura di feedback offre un costo di implementazione significativamente inferiore, ma i suoi svantaggi sono anche evidenti. Lo svantaggio principale è il problema della stabilità. La seconda debolezza è il *waterbed effect* che implica che è teoricamente impossibile sopprimere il rumore simultaneamente a tutte le frequenze. Il modello ANC ibrido ha combinato le strutture di feedforward e di feedback, il cui segnale secondario è generato dalla somma dell'uscita delle strutture di feedforward e di feedback. Tale modello ha un'alta flessibilità di progettazione, e può controllare il rumore e le interferenze a banda stretta non correlate generate da altri apparati.



Le tecniche ANC lineari più utilizzate negli ultimi anni sono gli algoritmi sparse ANC e gli ANC distribuiti. Sono fondamentali anche alcuni framework dell'algoritmo Least Mean Square (LMS) per l'ANC, tra cui gli algoritmi FxLMS, FeLMS e FuLMS. Per quanto riguarda gli algoritmi ANC non basati su LMS, sono stati analizzati gli algoritmi FxAP, FxRLS, subband, psicoacustici e altre strutture di algoritmi ANC. Le tecniche ANC non lineari invece hanno come algoritmi più comuni gli approcci FLANN e i filtri Chebyshev, EMFN e LN. Il filtro adattivo spline, il filtro adattivo kernel e gli algoritmi ANC distribuiti non lineari sono nuovi approcci di modellazione non lineare, che richiedono ulteriori ricerche.



Risultati

La combinazione di esperienze e competenze diverse del partenariato ha permesso il raggiungimento di risultati interessanti: i prodotti di Powersoft per la messaggistica, la gestione degli allarmi e per la riduzione attiva del rischio rumore; gli algoritmi di machine learning di Hyntelo per l'identificazione di situazioni anomale e per il controllo degli accessi e di comportamenti anomali; le competenze di service design e human machine interface del laboratorio IBIS (DIEF) e il *know-how* di Neumus per ciò che riguarda la sicurezza dei dati e delle informazioni trattate.

Inizialmente Il DIEF si è occupato di analizzare le esigenze di utenti, lavoratori, datori di lavoro, responsabili del servizio di prevenzione e protezione, per sviluppare servizi semplici ed intuitivi, a cui corrispondono interfacce e ambienti di configurazione user-friendly, realizzando strumenti che di conseguenza risulteranno accessibili come costi anche per le PMI. Neumus ha effettuato uno studio preliminare per la valutazione dei rischi e l'individuazione dei controlli applicabili e necessari per mettere in sicurezza il sistema: definizione delle architetture di sistema e delle reti informatiche, valutazione delle funzionalità di sicurezza da implementare nei protocolli di comunicazione e definizione delle procedure per lo sviluppo sicuro del software. Hyntelo ha invece assunto il ruolo di leader durante la progettazione di dettaglio e sviluppo dell'ambiente cloud (data base, servizi web, sistema di BI, sistema di web ticketing, algoritmi di ML/AI per Image Processing), della applicazione di gestione e controllo (dashboard) e della applicazione mobile. Sempre Hyntelo ha guidato la progettazione e sviluppo del cloud gateway e dei relativi moduli e software embedded per il controllo e monitoraggio dispositivi sul campo. Powersoft ha progettato e sviluppato un processore ed amplificatore audio multicanale, di dispositivi passivi per il controllo dell'impianto e di un pannello touch per la configurazione, gestione e controllo locale dell'impianto. Inoltre, sempre Powersoft ha avuto il ruolo di leader nello sviluppo di moduli applicativi per il dispositivo multimediale interattivo di controllo e intrattenimento DEVA ed ha anche progettato e sviluppato sensori intelligenti e relativa interfaccia di configurazione e gestione e sistemi acustici attivi per il trattamento e *sound-masking*.

Il prototipo dei risultati del progetto è oggetto di testing tramite le due seguenti demo.

1. Utilizzo del dispositivo multifunzionale DEVA che integra funzionalità di diffusione audio ed acquisizione video e sensore di presenza. Dispositivo audio video sorveglianza, dotato di una serie di interfacce per il controllo degli accessi, la misurazione della temperatura, lo sblocco o meno di porte/tornelli per l'accesso ad aree. DEVA in base a quello che vede nel video controllo, riproduce in automatico messaggi di allerta o di pericolo. Il sistema può funzionare con un'installazione server in locale, o tramite cloud. Può essere utilizzata una mobile APP per il controllo e gestione.
2. Pannelli fonoassorbenti per il trattamento acustico dell'ambiente, ma attivi cioè con la capacità di emissione (sistemi di riduzione attiva del rumore). La capacità di amplificazione e diffusione utilizzata per generare "suoni" per la funzione di *sound-masking* soprattutto per ambienti rumorosi. Tali pannelli saranno di materiale fonoassorbente e quindi capaci di assorbire le frequenze dei segnali audio in un certo range in base al materiale scelto e alle dimensioni geometriche del pannello. Contemporaneamente, grazie all'integrazione con la capacità di riproduzione ed amplificazione, possono generare tracce audio, coerentemente ai livelli di rumore del contesto lavorativo, secondo algoritmi psico-acustici. È stata impiegata una soluzione innovativa per l'alimentazione e ricarica del dispositivo attraverso un sistema ad induzione magnetica long range. Ciò li rende wireless sia per l'alimentazione che per la trasmissione del segnale audio (ricevuto via Bluetooth) e quindi facilmente installabili ovunque anche con notevole riduzione dei costi. Sono anche questi controllabili da remoto tramite APP.



La sperimentazione di questo prototipo avverrà in alcuni ambienti di laboratorio presso Powersoft (partner capofila) e in progetti pilota da definire.

Gli interessati ad approfondire lo sviluppo e i risultati del progetto possono contattare:

- Powersoft giampiero.raschella@powersoft.com
- DIEF mario.rapaccini@unifi.it
- Neumus f.guidi@neumus.it
- Hyntelo g.nastasi@hyntelo.com

Riferimenti

[1] <https://www.wework.com/ideas/professional-development/creativity-culture/what-is-design-thinking>

[2] Lu Lu, Kai-Li Yin, Rodrigo C. de Lamare, Zongsheng Zheng, Yi Yu, Xiaomin Yang, Badong Chen, A survey on active noise control in the past decade—Part I: Linear systems, *Signal Processing*, Volume 183, 2021, 108039, ISSN 0165-1684, <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2021.108039>

[3] Lu Lu, Kai-Li Yin, Rodrigo C. de Lamare, Zongsheng Zheng, Yi Yu, Xiaomin Yang, Badong Chen, A survey on active noise control in the past decade—Part II: Nonlinear systems, *Signal Processing*, Volume 181, 2021, 107929, ISSN 0165-1684, <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2020.107929>