

POLITECNICO DI TORINO  
Repository ISTITUZIONALE

Metodo di processo digitale di un segnale audio e relativo sistema per uso in un impianto produttivo con macchinari

*Original*

Metodo di processo digitale di un segnale audio e relativo sistema per uso in un impianto produttivo con macchinari / Cino, Marco; Zaretskaya, Maryia; Pirrone, Vito; Tiberino, Maria Sole; Cornetto, Stefano; Randazzo, Vincenzo. - (2018).

*Availability:*

This version is available at: 11583/2872422 since: 2021-02-24T19:20:40Z

*Publisher:*

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

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

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)



**MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO**  
**DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE**  
**UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI**

<b>DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO</b>	<b>102018000002927</b>
<b>Data Deposito</b>	<b>21/02/2018</b>
<b>Data Pubblicazione</b>	<b>21/08/2019</b>

Classifiche IPC

<b>Sezione</b>	<b>Classe</b>	<b>Sottoclasse</b>	<b>Gruppo</b>	<b>Sottogruppo</b>
G	10	K	11	178

Titolo

Metodo di processo digitale di un segnale audio e relativo sistema per uso in un impianto produttivo con macchinari

**Metodo di processo digitale di un segnale audio e relativo sistema per  
uso in un impianto produttivo con macchinari**

**Audio signal digital processing method and system thereof for use in a  
production plant with machinery**

5

**DESCRIZIONE**

**CAMPO TECNICO**

La presente invenzione si riferisce a un metodo di processo del segnale  
10 audio e a un relativo sistema, in particolare per l'uso in un ambiente di lavoro  
come un'officina meccanica o simili per l'uso di coltelli blu esposti ai rumori di  
macchine utensili o altri macchinari da lavoro d'officina.

**STATO DELL'ARTE**

E' noto, negli impianti produttivi come officine con macchinari e/o  
15 macchine utensili, fornire dispositivi passivi di noise cancellation come tappi per  
le orecchie, utili per smorzare rumori generati dal movimento di parti  
meccaniche dei macchinari come cuscinetti, taglienti, presse. Ciò, tuttavia,  
attutisce anche suoni importanti per la produttività, come i segnali acustici di  
inizio e fine ciclo della macchina utensile, e suoni importanti per la sicurezza,  
20 come sirene di allarme antiincendio etc.

Al contempo, è noto fornire dispositivi di active noise cancellation per  
ridurre audio (rumore) indesiderato tramite la generazione di un secondo audio  
specificamente progettato per interferire e cancellare l'audio indesiderato. In  
particolare, ciò è noto nel settore del turismo, e.g. cuffie per favorire il riposo  
25 durante voli aerei, e dell'intrattenimento come ad esempio per migliorare

l'ascolto della musica o favorire la concentrazione durante la lettura.

### **SCOPI E RIASSUNTO DELL'INVENZIONE**

Lo scopo della presente invenzione è di processare l'audio di un impianto produttivo con macchinari, come un'officina meccanica per eliminare audio  
5 indesiderato e aumentare la concentrazione degli operatori addetti alla propria stazione di lavoro automatizzata.

Lo scopo della presente invenzione è raggiunto tramite un metodo secondo la rivendicazione 1 e un sistema secondo la rivendicazione 7.

In particolare, l'operatore seleziona a piacimento i suoni più fastidiosi dei  
10 macchinari e l'altoparlante indossabile ne cancella o riduce l'effetto tramite interferenza acustica attiva. Inoltre, vista la natura sostanzialmente semplice dei suoni selezionabili, la potenza di calcolo richiesta per l'elaborazione del segnale di interferenza acustica attiva può essere ottenuta tramite un processore disposto a bordo dell'altoparlante indossabile, che può essere una cuffia on-ear o around-  
15 the-ear e prevedere anche inserti di materiale acusticamente isolante per uno smorzamento passivo dei suoni. Per motivi di sicurezza, è prevista inoltre una lista di allarmi sonori ambientali, ad esempio di evacuazione, antincendio, fuga di sostanze pericolose e/o di allarmi generati tramite una centralina elettronica di controllo del macchinario, in cui gli allarmi sono diversi dai suoni di  
20 avvertimento. I dati identificativi dei suoni di allarme non compaiono nella lista e sono sempre riprodotti se vengono individuati nelle fasi di separare e riconoscere.

E' inoltre prevista una configurazione in cui l'altoparlante indossabile è accoppiato in scambio dati tramite un codice identificativo con un microfono  
25 direzionale avente una posizione fissa e tale da captare i suoni di un unico

macchinario. In questo modo, se esistono più macchinari identici affiancati e assegnati a operatori differenti, l'altoparlante indossabile portato da ciascun operatore riceverà segnali esclusivamente pertinenti dal proprio macchinario, riducendo i rischi di confusione.

5 Altri vantaggi e caratteristiche della presente invenzione sono discussi nella descrizione e citati nelle rivendicazioni dipendenti.

### **BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI**

L'invenzione viene descritta nel seguito sulla base di esempi non limitativi illustrati a scopi esplicativi nei disegni annessi, in cui:

- 10 - le figure da 1 a 3, si riferiscono a rispettive forme schematizzate di realizzazione della presente invenzione; e
- la figura 4 si riferisce a schermate di interfaccia utente in cui, a destra, sono riportate differenti modalità di filtraggio sonoro, comprendente il silenzio completo (ad eccezione degli allarmi di sicurezza), rumore di
- 15 sottofondo, segnali di avvertimento, macchinari e, sulla sinistra, differenti tipologie di macchine con i relativi suoni di lavoro, e.g. un generatore, una turbina, una pompa, una fresa, un tornio, una pressa.

### **DESCRIZIONE DETTAGLIATA DELL'INVENZIONE**

La figura 1 mostra, in modo schematizzato, un macchinario 1 da lavoro, ad esempio una macchina utensile, e un dispositivo di noise canceling selettivo 2

20 indossato da un operatore della macchina utensile o altro colto blu.

La macchina utensile 1 genera un primo gruppo di suoni legati all'operazione principale per cui è progettata e generati dal movimento di elementi meccanici, ad esempio nel caso di un tornio tutte le operazioni legate

25 all'asportazione del truciolo come i movimenti per il montaggio dell'utensile, se

eseguiti in modo automatico tramite un magazzino utensili presente nella stazione di lavoro, il taglio vero e proprio di un pezzo a partire e.g. da un semilavorato cilindrico. In particolare, è possibile classificare tutti i suoni emessi dalla macchina nelle varie e più semplici fase di funzionamento e, in particolare, di taglio. Ad esempio, carico e scarico di ciascun utensile dal magazzino automatico utensili; taglio tramite ciascun utensile; apertura/chiusura dello schermo di sicurezza e di protezione dal fluido di raffreddamento; per ciascun utensile, taglio di uno o più materiali per cui l'utensile è compatibile; suoni generati da ventole in movimento; suoni generati da cuscinetti etc.

Una seconda classe di suoni è generata da un altoparlante 3 presente a bordo della macchina utensile e controllata da una centralina elettronica della stazione di lavoro o della macchina utensile 1 per emettere segnali acustici di avvertimento quali inizio ciclo di lavoro, e.g. quando il tagliente opera; fine ciclo di lavoro, e.g. quando il tagliente termina il taglio ed è in attesa di una nuova operazione oppure viene riposto nel magazzino automatico.

Secondo la presente invenzione, un sistema di riconoscimento audio comprendente le cuffie 2, un microfono (non illustrato) per acquisire suoni nell'officina in particolare quando la macchina utensile 1 è in funzione e un elaboratore che processa il segnale audio proveniente dal microfono ed è programmato per eseguire le seguenti operazioni:

- Registrare un segnale audio comprendente uno o più suoni ambientali, in particolare mentre la macchina utensile 1 è in funzione;
- Segmentare o separare il segnale audio acquisito dal microfono per individuare una pluralità di tracce sonore differenti e processare queste ultime per generare dati identificativi di ciascuna traccia;

- Associare tramite criteri di similitudine noti ciascuna traccia a un numero predefinito di dati identificativi pre-memorizzati in una memoria del sistema e pre-selezionate dall'utente come suoni da cancellare o smorzare;
- 5        - Generare un segnale sonoro tramite le cuffie 2 che interferisca in modo distruttivo con il/i suono/i generato/i dalla macchina utensile 1 che l'utente ha selezionato come suono/i da cancellare o smorzare.

E' importante che, nel circoscritto ambiente dell'officina meccanica, i suoni generati dai macchinari, in particolare dalle macchine utensili, sono  
10 caratterizzate da un numero relativamente basso di parametri, come le frequenze e le ampiezze. Ciò consente di rendere più rapida la separazione e la classificazione della singola traccia sonora. Pertanto, acquisizioni tramite il microfono aventi durante non superiori a 3 secondi, preferibilmente non superiori a 2 secondi, consentono di raggiungere l'effetto desiderato.

15        Secondo la forma di realizzazione indicata in figura 1, un processore e una memoria programmati per eseguire quanto precede sono disposti a bordo delle cuffie, che ad esempio sono del tipo 'around the ear' oppure 'on the ear'. Allo stesso modo, anche il microfono è a bordo delle cuffie 2.

E' inoltre importante che i segnali di avviso generati dalla macchina utensile  
20 1 ad esempio tramite l'altoparlante 3 non siano filtrati in modo che l'operatore addetto alla macchina utensile 1, e solo tale operatore, ascolti tali segnali di avviso, ad esempio per evitare confusione se due macchine utensili uguali oppure due macchine utensili diverse ma aventi i medesimi segnali di avviso generino confusione per i relativi operatori. In particolare, è prevista una  
25 configurazione per riconoscere e associare un numero predefinito di suoni alla

macchina utensile che li genera.

Secondo una prima forma di realizzazione, la cuffia 2 comprende una coppia di microfoni direzionali aventi assi di acquisizione sonora disposti a 90° e un giroscopio per rilevare la rotazione della cuffia 2 rispetto alla macchina utensile di riferimento. I microfoni direzionali sono azionati sulla base del segnale di posizione angolare della cuffia 2 generato sulla base del giroscopio, e preferibilmente è presente un'indicazione per l'utente circa quale auricolare deve corrispondere all'orecchio destro e quale corrispondere all'orecchio sinistro in modo che il sistema associ una posizione angolare della cuffia 2 al volto dell'operatore. Uno dei due microfoni direzionali presenta il proprio asse acustico parallelo alla direzione frontale del viso dell'operatore e si presume che l'operatore guardi normalmente la macchina utensile 1 durante l'attività di lavoro. Se l'operatore ruota la testa, ciò viene rilevato tramite il giroscopio. Conseguentemente viene attivato il secondo microfono direzionale e viene spento il microfono attivo sino a quel momento.

Secondo una forma di realizzazione ulteriore, illustrata in figura 2, è previsto un microfono direzionale 4 montato in una posizione fissa, ad esempio sulla relativa macchina utensile 1 e accoppiato in scambio dati tramite un condice identificativo con la cuffia 2 dell'operatore bersaglio addetto alla macchina utensile 1. In particolare, l'associazione in scambio dati fra il microfono direzionale 4 e la cuffia 2 è tale che i segnali dell'altoparlante 3 e i suoni della macchina utensile 1 siano rilevati e inviati alla sola cuffia bersaglio e non ad altre cuffie 2 indossate da colleghi dell'operatore associato alla macchina utensile 1. In particolare, il microfono direzionale 4 è orientato per captare i segnali di una sola macchina utensile 1 ed evitare di captare segnali di macchine utensili adiacenti.

Alternativamente, è possibile associare all'altoparlante 3 anche un emettitore di segnali a distanza di comando per l'altoparlante indossabile 2, anch'esso accoppiato in scambio dati con un codice identificativo alla cuffia bersaglio e configurato per inviare un segnale di comando intercettato solamente  
5 dalla cuffia bersaglio per generare, tramite l'altoparlante indossabile 2, un suono percepito dall'operatore e avente la stessa funzione dei segnali sonori di avvertimento generati dall'altoparlante 3. In questo caso, i suoni di avvertimento generati dall'altoparlante 3 possono essere trascurati durante la segmentazione o separazione e la classificazione o riconoscimento.

10 Secondo la forma di realizzazione della figura 3, l'officina comprende una rete di antenne N per uno scambio senza fili di dati con una larghezza di banda adatta, cioè maggiore il numero di antenne per unità di area dell'ambiente, maggiore larghezza di banda per lo scambio dati. Le antenne N sono, per esempio, antenne wi-fi® o antenne Bluetooth® o antenne LoRa. È importante  
15 notare che, per incrementare la larghezza di banda per lo scambio dati, sono coinvolti anche gain, potenza di trasmissione/ricezione e potenza di calcolo. In particolare nella forma di realizzazione di figura 3, l'altoparlante indossabile 2 può essere del tipo 'in-ear'.

In modo da risparmiare tempo e ridurre la latenza del processo dei dati, è  
20 preferibile includere una fase di fornire una libreria di dati audio di apprendimento delle sorgenti audio puntuali. Ciò è per esempio implementato tramite l'acquisizione e il processo di una traccia sonora relativa a ciascuna fase di lavoro della macchina utensile 1 come descritta in precedenza. Tali dati nella libreria fungono come rispettivi dizionari durante la separazione e il  
25 riconoscimento.

Inoltre, la libreria comprende inoltre dati audio relativi ad allarmi ambientali o allarmi generati tramite la centralina elettronica di comande della macchina utensile e diversi dai suoni di avvertimento.

Un esempio di elaborazione di tracce audio in modo da estrarre opportuni  
5 dati di dizionario per la libreria è la preparazione di un impronta digitale audio  
tramite quantizzazione o fattorizzazione vettoriale/matriciale delle tracce audio  
di apprendimento, in cui ciascuna traccia di dizionario è processata in modo da  
generare un vettore/matrice di identificazione, cioè i dati di apprendimento,  
inclusi nella libreria. Durante la separazione e/o il riconoscimento, l'unità di  
10 processo digitale elabora quindi l'audio ambientale per identificare il vettore/  
matrice di identificazione della libreria. E' preferibile che le tracce sonore di tutte  
le macchine utensili nell'officina siano processate in modo da estrarre dati di  
apprendimento da aggiungere alla libreria.

Ad esempio, i dati identificativi in libreria possono comprendere, per  
15 ciascun suono, una pluralità di coppie di impronta digitale audio e punto di  
riferimento, in cui quest'ultimo è individuato in un particolare istante di tempo  
del segnale audio acquisito per la libreria; in cui l'istante di tempo è calcolato  
sulla base del contenuto del segnale audio acquisito per la libreria; e in cui  
l'impronta digitale audio caratterizza una o più caratteristiche, come spettro di  
20 frequenze, bassi, ampiezze e periodicità, con particolare riferimenti ai segnali di  
allarme e di avvertimento del segnale audio acquisito per la libreria in  
corrispondenza del punto di riferimento;

La fase di riconoscere o classificare comprende preferibilmente la fase di  
calcolare, per ciascuna traccia segmentata o separata rilevata dal microfono, una  
25 pluralità di coppie di impronta digitale audio e punto di riferimento come

descritto per i dati identificativi in libreria; identificare corrispondenze sostanzialmente lineari fra la pluralità di coppie in libreria e la pluralità di coppie calcolate dal segnale audio rilevato dal microfono; e identificare dati di libreria con un numero elevato di corrispondenze sostanzialmente lineari. Ad esempio, 5 tale approccio è descritto in maggiore dettaglio in EP-B1-1307833.

Preferibilmente, la fase di separazione o segmentazione è operata tramite un algoritmo Blind Source Separation (BSS), come un algoritmo Barra-Spence. Per esempio, un algoritmo BSS è basato su tecniche multicanale e su tecniche Time Direction of Arrival (TDOA).

10 L'alimentazione della cuffia 2 può essere o a batteria oppure tramite filo.

In tutti i casi in cui è previsto un accoppiamento in scambio dati con codice identificativo fra la cuffia 2 e un dispositivo elettronico a bordo del macchinario 1, è possibile prevedere che almeno una fra le varie modalità di filtraggio sonoro siano automaticamente attivate se la cuffia 2 oltrepassa una soglia che indica 15 l'adeguata prossimità dell'operatore al macchinario 1, ad esempio sulla base dell'intensità del segnale emesso dal dispositivo elettronico e captato dalla cuffia 2. Tale attivazione, e opzionale disattivazione quando la cuffia 2 si allontana eccessivamente dal macchinario 1, può prevedere una specifica combinazione di funzioni di filtraggio sonoro.

## RIVENDICAZIONI

1. Metodo di processo digitale audio comprendente le fasi di:

5 - selezionare uno o più suoni da filtrare fra cui uno o più suoni la cui sorgente audio è una relativa parte meccanica in movimento di un macchinario (1) e suoni di avvertimento generati tramite una centralina di controllo elettronica del macchinario (1);

10 - acquisire in uno stabilimento produttivo ospitante il macchinario (1) un segnale audio comprendente uno o più suoni, tramite un'unità di microfono (3) per non più di 3 secondi;

15 - processare il segnale audio in modo da:  
separare le tracce audio provenienti dalla relativa sorgente audio tramite un algoritmo Source Separation

20 riconoscere le tracce tramite un algoritmo Source Recognition sulla base di dati identificativi memorizzati e relativi ai suoni selezionati;

25 riprodurre tramite un altoparlante (2) indossabile all'orecchio (in-ear od on-ear o around-the-ear), un segnale audio di filtraggio o cancellazione generato sulla base delle fasi di separare e riconoscere per interferire con i suoni della fase di selezionare; e

30 riprodurre tramite l'altoparlante indossabile (2) suoni di allarme ambientale non generati da una centralina elettronica di controllo del macchinario (1) e/o suoni di allarme generati dalla centralina di controllo del macchinario i cui rispettivi dati identificativi sono pre-memorizzati e non sono selezionabili nella fase di selezionare.

35 2. Metodo secondo la rivendicazione 1 comprendente la fase di prevedere che l'unità di microfono (3) è direzionale ed è disposta in una posizione fissa per acquisire i suoni provenienti da un macchinario identificato e

accoppiare in scambio dati l'unità di microfono (3) con l'altoparlante indossabile (2).

- 5
3. Metodo secondo la rivendicazione 2, comprendente la fase di attivare automaticamente l'accoppiamento quando viene superato un valore di soglia di un parametro indicativo della prossimità dell'altoparlante indossabile (2) all'unità di microfono (3).
- 10
4. Metodo secondo la rivendicazione 1, comprendente la fase di prevedere che l'unità di microfono sia a bordo dell'altoparlante indossabile (2) e comprenda almeno due microfoni direzionali aventi rispettivi assi sonori incidenti; di prevedere un giroscopio anch'esso a bordo dell'altoparlante indossabile; e di prevedere l'attivazione e disattivazione selettiva dei microfoni direzionali sulla base di un segnale del giroscopio per captare i suoni del macchinario (1).
- 15
5. Metodo secondo una delle precedenti rivendicazioni, in cui la fase di riconoscere comprende la fase di riconoscere uno o più suoni generati da un secondo altoparlante (3) comandato dalla centralina di controllo e disposto a bordo del macchinario (1).
- 20
6. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente inoltre la seguente fase prima della fase di processare:
- fornire una libreria di dati di apprendimento per identificare i detti uno o più suoni generati dal movimento di parti meccaniche di un macchinario (1);
- in cui i suoni della fase di selezionare sono organizzati in una lista basata sulla libreria; e
- 25
- in cui sia la separazione che il riconoscimento nella fase di processo sono basati su dati codificati nella libreria.

## 7. Sistema comprendente:

- un'interfaccia utente per selezionare uno o più suoni da filtrare fra cui uno o più suoni la cui sorgente audio è una relativa parte meccanica in movimento di un macchinario (1) e suoni di avvertimento generati tramite una centralina di controllo elettronica del macchinario (1);
- un'unità di microfono per acquisire in uno stabilimento produttivo ospitante il macchinario (1) un segnale audio comprendente uno o più suoni;
- un altoparlante indossabile (in-ear od on-ear o around-the-ear) e una centralina di controllo programmata per acquisire un segnale audio tramite l'unità di microfono per non più di 3 secondi e per processare il segnale audio in modo da:
  - separare le tracce audio proveniente da una relativa sorgente audio tramite un algoritmo Blind Source Separation;
  - riconoscere le tracce tramite un algoritmo Source Recognition sulla base di dati identificativi memorizzati e relativi ai suoni selezionati tramite l'interfaccia utente;
  - comandare la riproduzione tramite l'altoparlante indossabile (2) di un segnale audio di filtraggio o cancellazione generato sulla base delle fasi di separare e riconoscere per interferire con i suoni selezionati tramite l'interfaccia utente; e la riproduzione tramite l'altoparlante indossabile (2) di suoni di allarme ambientale non generati da una centralina elettronica di controllo del macchinario (1) e/o suoni di allarme generati dalla centralina di controllo del macchinario i cui rispettivi dati identificativi sono pre-memorizzati e non sono disponibili alla selezione tramite l'interfaccia utente.

Fig. 1

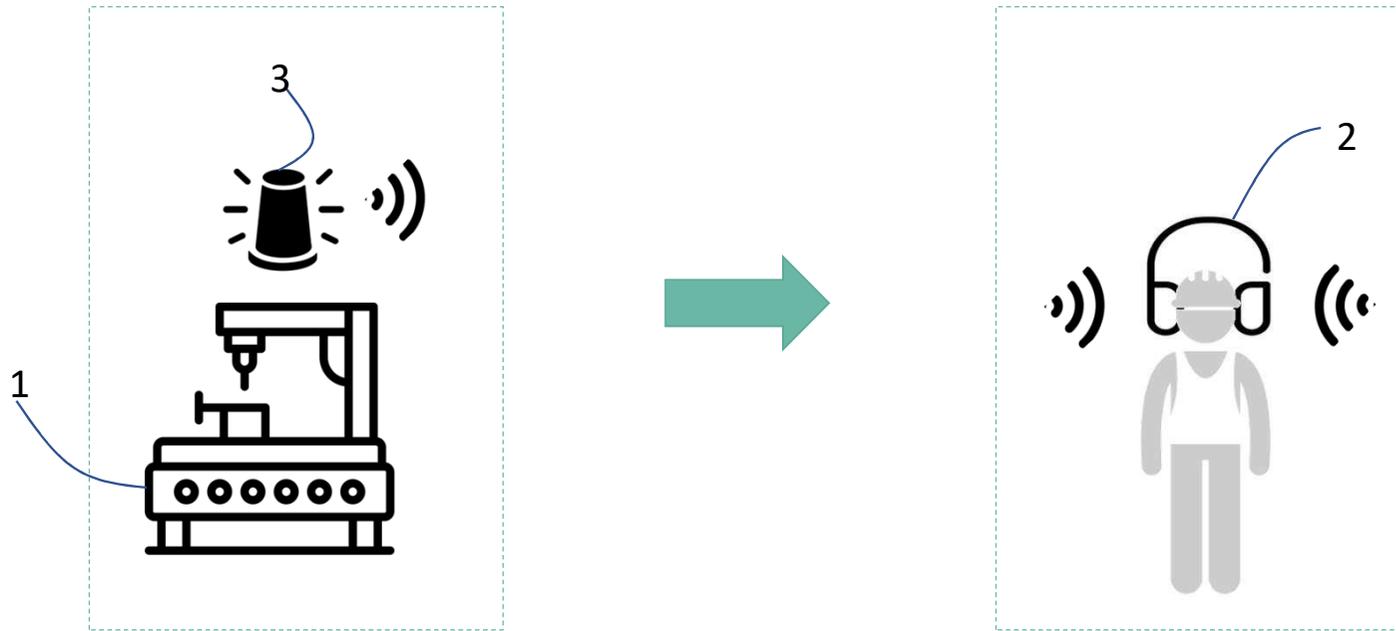


Fig. 2

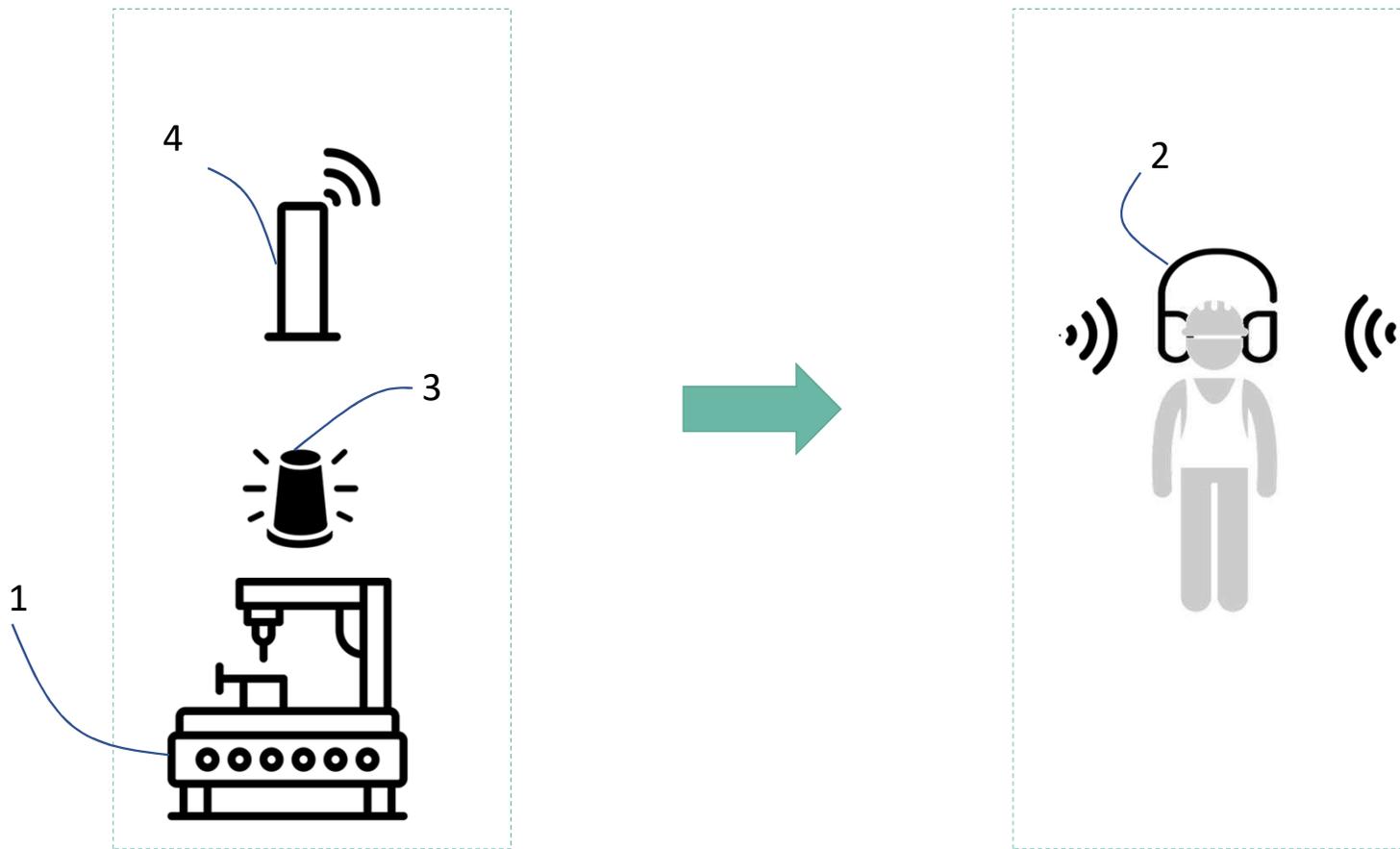


Fig. 3

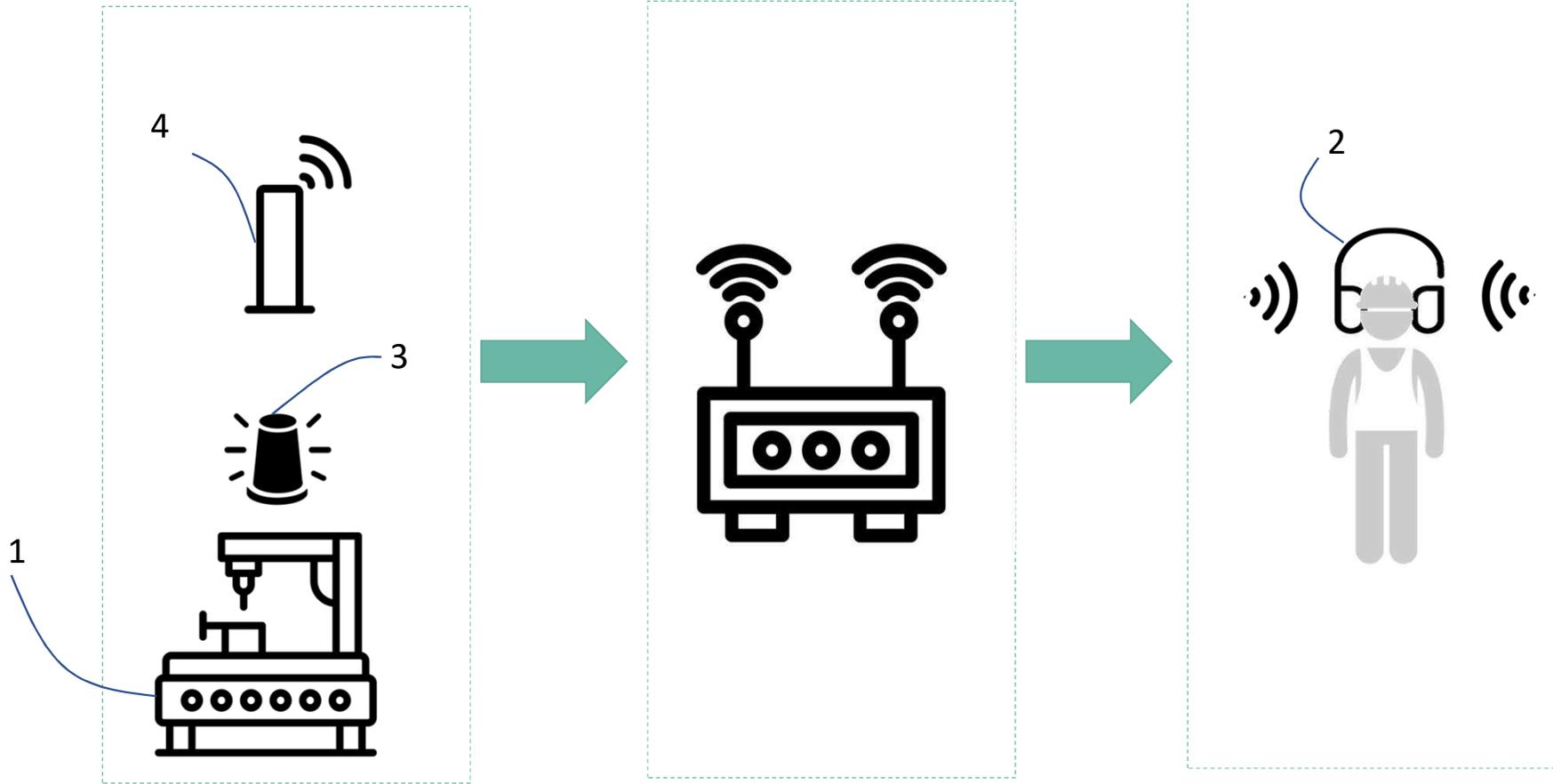


Fig. 4

