

TESTO CONCESSO DA CARABINIERI INVESTIGAZIONI SCIENTIFICHE



INDAGINI FONICHE

Il problema tecnologico

L'analisi del suono prevede che il segnale sia fedelmente registrato su idoneo supporto, capace di preservarne le caratteristiche nel tempo.

Ad oggi la quasi totalità dei reperti è costituita da nastri magnetici, sia analogici che digitali, ma sono in enorme espansione le tecniche di registrazione su CD.

Gli strumenti di elaborazione più moderni sono basati sulla tecnologia digitale rendendo, pertanto, necessaria una trasformazione numerica (in bit) del segnale originario: questo processo si chiama digitalizzazione e prevede un campionamento mediante un apposito convertitore analogico/digitale. Per una corretta conversione la frequenza di campionamento soggiace all'imposizione teorica (teorema di Shannon) di dover essere maggiore del doppio di quella massima contenuta nel segnale utile.

Per voci trasmesse mediante linea telefonica¹ la minima frequenza di campionamento utilizzabile dovrà essere superiore a 7,8 KHz, mentre per registrazioni ambientali, volendo sfruttare tutto lo spettro, si dovrà superare la soglia dei 22 KHz.

Maggiori sono la frequenza di campionamento ed i bit utilizzati per la codifica (abituamente 16), migliore sarà l'effetto della conversione e più precisi saranno i risultati delle analisi successive a discapito, tuttavia, del tempo di elaborazione, dello spazio occupato e della snellezza gestionale.

Oltre ai sistemi di registrazione è importante considerare anche l'influenza dei canali trasmissivi: l'aria è il naturale veicolo della voce per comunicazioni a breve distanza, e poiché la potenza si dissipa proporzionalmente al quadrato della distanza, per raggiungere località più lontane sarà obbligatorio convertire il segnale sonoro originario in forme più facilmente trasportabili come, per esempio, in segnale elettrico. In genere il primo passaggio è una conversione analogica, poi si prosegue con operazioni di modulazione (tipicamente utilizzando un'onda portante ad alta frequenza) e quindi di trasmissione per terminare, infine, con un processo inverso di riconversione, presso la stazione ricevente, in onda sonora.

Nei vari passaggi l'originario segnale subisce inevitabilmente delle alterazioni che possono risultare permanenti: l'esempio più evidente è rappresentato dal segnale telefonico che è sottoposto ad un taglio notevole in frequenza, la banda passante² risulta così compresa nel range 300 - 3400 Hertz, mentre l'estensione vocale consentirebbe oscillazioni tra i 40 ed i 15.000 Hz, benché il parlato quotidiano raramente superi la soglia dei 4.500 Hz.

Un altro problema, legato al tipo di registrazione, è legato all'intelligibilità.

Per intelligibilità si intende la possibilità di comprendere il significato della conversazione, problema tipico delle intercettazioni ambientali, dove rumori di fondo, brusche variazioni di intensità, sovrapposizioni di voci, saturazioni ed altro spesso disturbano l'ascolto e, in taluni casi, rendono incomprensibile il discorso; in tali casi operazioni di filtraggio possono essere d'ausilio al miglioramento della comprensibilità.

¹ Ricordiamo che la linea telefonica opera un taglio vicino alla frequenza di 3400 Hz

² Si intende per banda passante la gamma di frequenze capace di attraversare il mezzo trasmissivo subendo una attenuazione in potenza, all'estremità del range, di un fattore 1/2 (vale a dire di -3 dB).

L'identificazione del parlatore

Poiché molteplici sono i reati che possono essere commessi tramite la voce (dalle ingiurie all'estorsione alla richiesta di riscatto) e poiché in molti casi vi è la disponibilità di registrazioni che documentino il reato, appare evidente l'importanza che assume la possibilità di poter individuare, tecnicamente, il parlatore sulla base della conversazione effettuata.

La natura delle informazioni a disposizione per un confronto anonimo-sospettato appartengono a due tipologie differenti:

il segnale acustico tout-court, derivante dalla combinazione di più fenomeni, quali il passaggio forzato di aria attraverso la glottide, la vibrazione delle corde vocali, ed il successivo transito nel tratto vocale (faringe, cavità orale...) con produzione di ulteriori frequenze di risonanza;

il messaggio verbale, pronunciato secondo uno schema linguistico codificato, che è il frutto di un'elaborazione mentale mediata dalle abitudini espressive (fonetiche, lessicali e prosodiche) dell'individuo stesso.

Entrambi i filoni d'indagine consentono di giungere a risultati utili a fini identificativi, benchè le informazioni di tipo linguistico riguardino maggiormente aspetti socio-geografici e, in genere, producano esiti di tipo qualitativo.

Per l'aspetto strumentale, invece, sono in continua evoluzione nel mondo sistemi di 'identificazione' computerizzati, sia semi-automatici che totalmente automatici, in grado di stimare in forma quantitativa, relativamente ad un modello preconstituito, le probabilità di falsa accettazione o reiezione dell'esito di un particolare esame confrontuale sulla base di un imprescindibile database che funge da popolazione rappresentativa.

In certi Paesi è privilegiato l'esame linguistico, in altri quello strumentale, in realtà la maggior parte degli scienziati forensi ritiene che il miglior responso sia quello combinato, anche perché i metodi sono complementari e non alternativi.

L'attendibilità di un esito dipenderà, comunque, dalla quantità e dalla qualità di informazioni che si potranno desumere dalle conversazioni in esame.

Gli effetti dovuti alla quantità del materiale a disposizione sono probabilmente i maggiori responsabili della precisione di un responso, in quanto sia la voce sia il linguaggio non sono costanti deterministiche (quali le impronte digitali o il DNA), ma presentano differenze, consce, inconsce, microtemporali e di lungo periodo. Tutto ciò passa sotto il nome di *variabilità intraparlatore* e qualsiasi modello si scelga, il fenomeno deve sempre essere tenuto in considerazione.

In funzione di ciò l'approccio del tecnico dovrà sempre coinvolgere un'elaborazione statistica dei risultati e l'esito dovrà indicare la relativa incertezza, anche se questa dovesse essere insignificante.

La qualità delle informazioni estratte, invece, influisce principalmente sulla facilità di poter giungere ad un risultato quanto più possibile caratterizzante, aumentando sensibilmente il potere identificativo dell'esito dell'analisi.

Senza entrare nel dettaglio degli esami tecnici, è bene sottolineare che i limiti imposti dai metodi attualmente impiegati consentono, comunque, di affrontare la quasi totalità dei casi, le problematiche più ostili rimangono quella dell'eventuale irreperibilità della voce comparativa (es. latitante) o l'impiego di un idioma non conosciuto dagli esperti, nel qual caso nessun esame linguistico potrebbe essere condotto con successo.

Filtraggio

Per rendere più intelligibile il parlato di una conversazione registrata, è richiesta una operazione di *speech enhancement* che, nel lessico comune, viene indicata come 'pulizia' o 'filtraggio' del segnale.

La parola 'filtraggio' nasce dal termine dei componenti fisici o logici, i filtri, che interagiscono con il segnale effettuando attenuazioni o amplificazioni in frequenza secondo le modalità di progettazione/costruzione dei filtri stessi. Tipicamente il filtraggio può essere analogico o digitale, sebbene al giorno d'oggi la maggioranza delle operazioni tecniche venga condotta in modalità digitale, utilizzando computer dotati di sofisticate schede audio e corredati di idonei

software di controllo e gestione. Esiste pertanto la possibilità di costruire un enorme numero di filtri, utilizzabili anche in cascata; i principali appartengono alle seguenti tipologie base:

Parametrici: nei quali si possono impostare le frequenze centrali d'intervento, la larghezza di banda (BW), il valore dell'amplificazione del segnale, che può essere positiva o negativa (in questo caso si otterrà un'attenuazione);

Grafici: permettono di selezionare la/le bande di intervento visualizzandone graficamente le caratteristiche operative;

Passa basso, crea un taglio, di intensità e pendenza parametrizzabili, che interviene oltre una selezionata frequenza detta di *cut off*;

Passa alto, come il precedente ma con intervento sulle basse frequenze.

Di 'denoising', costruiti sulla base dello spettro del rumore selezionato, lo attenuano secondo le impostazioni programmate;

Di 'declicking', costruiti per riconoscere e/o eliminare particolari impulsi presenti nella registrazione.

I filtri digitali sono applicabili quando i segnali da filtrare sono già sotto forma numerica, p. es. nelle cassette tipo DAT, o files (p.es. del tipo *.wav), altrimenti il segnale analogico può essere convertito in segnale digitale e riversato su calcolatore. Per la digitalizzazione è necessario che il segnale analogico in ingresso venga campionato da specifica scheda hardware dotata di un clock che agisca ad una determinata frequenza f , detta appunto '*di campionamento*', capace di individuare ad intervalli regolari il valore del segnale fornendo come output un valore numerico espresso in bit; generalmente si utilizza una frequenza di 44,1 KHz ed una risoluzione a 16 bit. In caso di registrazione monocanale, la formula matematica che fornisce la quantità di byte richiesti all'hard-disk per accettare l'intera registrazione è :

impegno in byte = $2 f t$

dove f è la citata frequenza di campionamento e t indica la durata in secondi.

Le operazioni di filtraggio, dunque, operano principalmente sull'attenuazione delle frequenze che disturbano il segnale; le operazioni di riduzione del rumore non saranno sempre drastiche, specialmente operando nel range 300-3000 Hz (banda tipica del segnale vocale), poiché si rischierebbe di compromettere l'intelligibilità del discorso, anziché migliorarla.

Esiste anche la possibilità di eliminare segnali variabili nel tempo, purchè noti, quali ad esempio trasmissioni radio-TV; ciò è consentito disponendo di analogo segnale-disturbo che sarà inviato allo strumento con uno sfasamento ; in virtù della applicabilità del principio di sovrapposizione il segnale sfasato andrà a cancellare selettivamente il segnale disturbante. L'aspetto critico è rappresentato dalla difficoltà di allineamento temporale dei due segnali (sincronizzazione), per questo motivo si consiglia di effettuare l'operazione durante la fase di intercettazione. Al termine delle operazioni di filtraggio il segnale trattato, così ottenuto, può essere riversato su qualsiasi supporto, garantendo così l'integrità del reperto originale.

-Genuinità

Consiste nell'accertare l'integrità di un reperto contenente registrazioni. In laboratorio si cerca di stabilire se il reperto possa essere o meno una copia, se contiene discontinuità logiche o fisiche, se proviene dal registratore sequestrato, se è frutto di più registrazioni, se sono presenti 'collage' di parole... in altre parole se ha subito alterazioni.

Le procedure di intervento sono ormai standardizzate e codificate in ambito internazionale, in particolare la *Audio Engineering Society (AES)* ha pubblicato nel novembre 1999 un documento che racchiude esaurientemente le metodologie operative da seguire (documento '*AES43*'), partendo dall'esame fisico del nastro ai più minuziosi controlli degli eventi registrati, che comprendono anche la misura degli eventi tipici prodotti dai registratori ('start', 'stop', 'pausa', 'vor'...). In figura è rappresentato, a titolo di esempio, il tracciato di un evento 'stop' lasciato da un microregistratore di tipo commerciale. La zona selezionata rappresenta la distanza che intercorre tra la testina di registrazione e quella di cancellazione.

Tale analisi, nel complesso, conduce alla formulazione delle risposte alla maggioranza dei quesiti che generalmente vengono posti; tuttavia è teoricamente possibile, in ambito digitale, alterare un file audio senza lasciare tracce circa le operazioni compiute, sfruttando le potenzialità dei moderni software di editing del segnale audio che consentono di eseguire operazioni di 'taglia e incolla' con estrema facilità e costi ridotti.

L'argomento, nella sua vastità, meriterebbe una più ampia disamina dei casi particolari ma quanto esposto è sufficiente a far comprendere che attualmente non si può giungere alla certezza di autenticità nel caso di registrazioni digitali, anche perché la stessa copia digitale può essere esattamente identica all'originale.

