

OLOFONIA

una ripresa sonora di tutto ciò che ci circonda



dott. Leonardo **Scopece Rai**
Centro Ricerche e
Innovazione Tecnologica
Torino

1. Introduzione

La storia dell'Uomo ha insegnato che si è sempre cercato di realizzare ciò che più è naturale per Lui, sfruttando l'ingegno di uomini che hanno dato spinte considerevoli nel mondo della scienza e della tecnologia.

Nel XIX Secolo, grazie a Hermann von Helmholtz e lord Rayleigh, si è studiata la propagazione delle onde e il comportamento dell'energia sonora; con l'invenzione del microfono e del fonografo nel 1877 è iniziata una nuova fase tecnologica con lo scopo di memorizzare su un supporto fisico eventi sonori che fanno parte del mondo che ci circonda. Col passare degli anni il microfono si è evoluto tecnologicamente fino ad arrivare a quel meraviglioso strumento di cattura, con caratteristiche meccaniche, elettriche e fisiche che tutti coloro che operano nel campo professionale possono apprezzare. Ma contemporaneamente si è cerca-

Sommario

Con l'avvento dell'alta definizione anche nel mondo del consumer e il conseguente formato 16/9 ormai consolidato, nasce l'esigenza di fornire un audio multicanale, all'altezza dell'immagine video.

I Broadcaster devono ormai attrezzarsi per cercare di produrre in modo sempre più economico ed efficace una traccia sonora multicanale, che meglio sposi l'esigenza di una visione delle immagini avvolgente ad una immagine sonora spaziale tridimensionale, che renda lo spettatore partecipe e all'interno della scena televisiva.

A questo scopo si ritiene riduttivo utilizzare tecniche di ripresa sonora stereofonica consolidate, le quali danno un risultato frontale e non tridimensionale.

Ecco perché il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica della Rai sta valutando e sperimentando nuovi sistemi di ripresa sonora che vadano incontro alle esigenze fin qui esposte, avendo come obiettivi l'ottimizzazione dei costi di produzione, una semplificazione dei problemi tecnici e ad un interfacciamento con le attuali infrastrutture di produzione audio. In questo articolo viene illustrato il sistema olofonico e le prime sperimentazioni effettuate.

to anche di utilizzarlo in modo tale da catturare nel modo più verosimile il mondo dei suoni da cui si è circondati.

Ecco quindi che nascono varie tecniche di ripresa sonora, dalla monofonia, quindi riproduzione di una sola sorgente sonora riprendendo con un solo microfono; alla stereofonia, termine che deriva dalla composizione di due parole greche stereo, solido, spaziale, e *phōnía*, voce, suono, che permette un ascolto sì più “aperto”, più spaziale del sistema precedente, ma comunque limitato allo spazio compreso tra due altoparlanti frontali, riprendendo con almeno due microfoni; alla quadrifonia, un sistema stereofonico di registrazione e riproduzione contemporaneo su quattro canali. La ripresa quadrifonica si effettuava ponendo di fronte alla sorgente sonora quattro microfoni, registrando, ad esempio, su quattro tracce separate di un supporto magnetico e riproducendo tramite quattro altoparlanti che “avvolgevano” l’uditore. Ma il risultato ottenuto era abbastanza deludente rispetto alle aspettative, perché dava solo una riproduzione posteriore dei segnali frontali.

Da circa due decenni finalmente si riesce a riprodurre, con tecniche di simulazione fisica e algoritmi matematici, il suono nello spazio che ci circonda, utilizzando cinque o più altoparlanti.

2. Le tecniche per la ripresa stereofonica

Quando si vuole effettuare una ripresa sonora si hanno a disposizione varie tecniche di ripresa che, a parte quella monofonica, utilizzano più microfoni, o microfoni stereo con l’ausilio di microfoni “normali” per “rinforzare” particolari zone della scena, zone riprese fuori fuoco con i soli microfoni stereo.

Fino agli inizi degli anni ’80 la tecnica più utilizzata dai broadcaster mondiali era senza dubbio la tecnica multimicrofonica. Essa consiste nella ripresa con “copertura” molto stretta, nel caso soprattutto di ripresa audio associata ad una ripresa

video con la scenografia che ha la precedenza dal punto di vista artistico, e questo vale tuttora in programmi come il Festival di Sanremo, o nella ripresa di “zone orchestrali”, che permettono di riprendere, ad esempio, i primi violini, i secondi violini, le viole, eccetera. E’ chiaro che questa è l’unica tecnica che consente di avere il controllo pressoché totale sulla ripresa anche del singolo strumento in scena, basta aggiungere microfoni a sufficienza sul soggetto che si vuole riprendere. Ci sono vari problemi da risolvere prima della messa in onda o della registrazione: il posizionamento fisico dei microfoni, la loro messa in fase, il loro esatto posizionamento virtuale tramite il pan-pot, l’equilibrio energetico tra le varie sezioni o i vari strumenti ripresi. Il risultato è un suono molto “pulito”, presente, completamente “a fuoco”, un segnale stereo sicuramente mono-compatibile, ma con un fronte piatto, non profondo.

Allora si è cercato di ottenere un altro tipo di ripresa che desse la profondità di scena, ossia che permettesse di posizionare virtualmente gli strumenti musicali dove in realtà si trovano, sul palcoscenico. E’ chiaro che a questo punto è nata l’esigenza di cambiare totalmente modo di “sentire”: è preferibile avere tutti gli strumenti in primo piano, puliti e a fuoco, o dare all’ascoltatore la sensazione di realtà dell’evento sonoro? Cioè, quando si è davanti ad un’orchestra non si sentono in modo pulito tutti gli strumenti ma il cervello, grazie alla capacità di effettuare l’ascolto intenzionale è in grado, se vuole, di discriminare e esaltare alcuni elementi sonori o uno solo, in particolari condizioni di “pubblico educato”. Quindi, quello che si è cercato di ottenere è un prodotto virtuale più vicino alla realtà, più “impastato”, più “totale”, senza possibilità, chiaramente di controllare totalmente le singole componenti delle sezioni sonore. Questo risultato si è ottenuto grazie a tecniche che hanno permesso di utilizzare non più semplici microfoni, ma singoli microfoni con doppia capsula a doppia membrana.

Le tecniche stereofoniche più utilizzate sono: l’XY, la Stereosonic, l’MS, la AB e la Testa artificiale. Queste tecniche appartengono a due

famiglie: tecniche a coincidenza, che utilizzano microfoni a doppia capsula presenti sullo stesso corpo microfono e in asse tra di loro, quindi a coincidenza di fase e con risultato sempre mono-compatibile; tecniche ad esclusione, con microfoni che hanno le due capsule distanziate nello spazio, l'AB e la Testa artificiale, ossia non in asse tra loro e con la possibilità che l'onda sonora, se arriva lateralmente al microfono, compia percorsi diversi per arrivare alle due capsule, quindi con fasi differenti, e di conseguenza non sempre il segnale ottenuto risulta mono-compatibile.

La tecnica XY utilizza un microfono a coincidenza. Le capsule sui microfoni a coincidenza sono tali per cui una rimane rigidamente ferma rispetto al corpo microfono, l'altra la si può ruotare con un angolo anche abbastanza ampio in tutta la sua rotazione e con questa tecnica, come per le altre che si stanno analizzando, l'angolo tra le capsule è quello canonico di 90° .

Ad esempio, il microfono Neumann SM 69 fet ha la capsula non fissa che può ruotare di 270° e per ognuna delle due capsule si può scegliere la direttività in modo indipendente tra omni-direzionale, cardioide o bi-direzionale.

Il risultato acustico della tecnica XY non è pienamente soddisfacente perché in ascolto il fronte dà l'impressione di essere abbastanza stretto, gli elementi S1 ed S7 (figura 1) non risultano uscire dai due altoparlanti posti in modo canonico a $\pm 30^\circ$ rispetto all'osservatore, ma formano un angolo di circa $\pm 10^\circ$.

La tecnica Stereosonic, sempre con un microfono a coincidenza, ha ambedue le capsule selezionate con direttività a 8 o bi-direzionale e ruotate una rispetto all'altra di 90° . Il fronte sonoro in questo caso è ampio, va dall'altoparlante di sinistra a quello di destra, ma si verificano un paio di problemi: la sorgente S1 (figura 2) viene ripresa con una sensibilità maggiore rispetto ad S2 ed S3, risultando così rientrante al centro rispetto al fronte, quindi questo è arcuato e rientrato al centro; le capsule posteriori è vero che sono in controfase rispetto a quelle anteriori ma

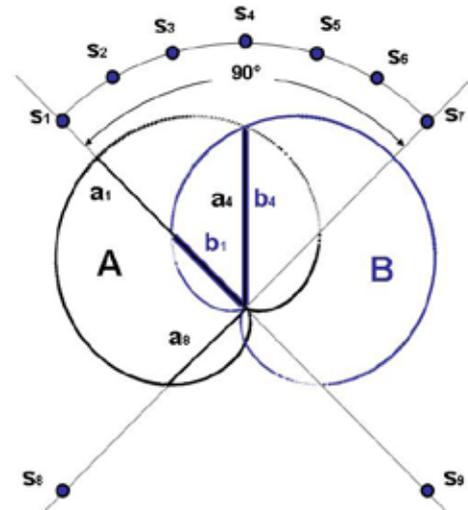
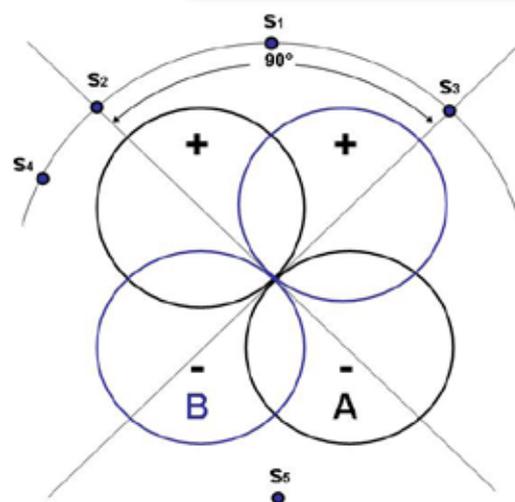


Fig. 1 – Tecnica XY.

sono in fase tra loro, quindi c'è uguale sensibilità tra la coppia di lobi posteriore e la coppia di lobi anteriore, e non si deve quindi posizionare il microfono in verticale, ma rivolto verso la scena sonora sperando che non vi sia molto rumore di ambiente.

Fig. 2 – Tecnica Stereosonic.



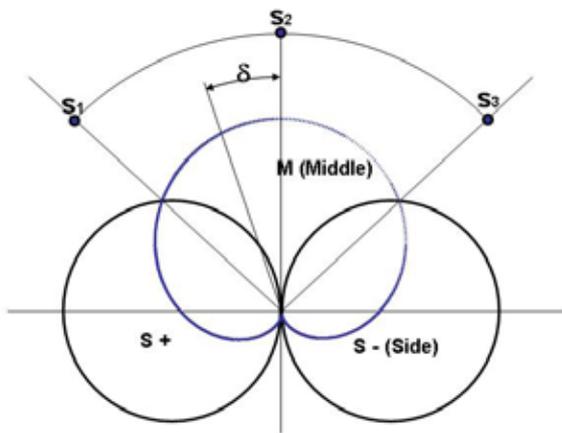


Fig. 3 – Tecnica MS.

La tecnica MS, l'ultima a coincidenza che si considera, consiste nel selezionare una capsula in situazione bi-direzionale e l'altra in modo cardioide, questa puntata verso il palcoscenico, e a 90° una dall'altra (figura 3). Il segnale dell'8 viene sdoppiato e inviato su due ingressi di un mixer, messi in controfase uno rispetto all'altro, ottenendo così due segnali che chiamiamo $-S$ e $+S$. Il segnale dell'altra capsula, che chiamiamo M , viene inviato ad un terzo ingresso del banco mixer.

Quando si miscelano i tre dosatori si ottengono le somme $(M+S)$ ed $(M-S)$, che corrispondono



Fig. 4 – Microfono Neumann KU 100.

di fatto alla decodifica stereo che dà luogo ai segnali Left e Right. Quindi questa tecnica, più che di ripresa stereo, la si può considerare di codifica stereo. Il risultato acustico è molto buono, ampio, profondo ma con una particolarità: le alte frequenze ad un livello un po' sostenuto sembra che "svolazzino", sembra che gli strumenti che le generano non siano localizzabili in modo preciso, ma è sicuramente un prezzo accettabilissimo da pagare in cambio della qualità che si ottiene.

La tecnica a Testa artificiale è stata introdotta in Germania. Si pensò che per poter effettuare una ripresa, la più reale possibile, bisognasse ricreare in campo di ripresa le stesse condizioni fisiche della presenza umana, quindi riflessione e diffrazione della testa dell'uomo. All'interno dei lobi auricolari (figura 4) sono inseriti due microfoni omni-direzionali che rendono questa tecnica ad esclusione. Il risultato è buono per l'ascolto in cuffia, molto meno per ascolto in aria, ossia su altoparlanti, probabilmente perché per l'ascolto in aria, oltre la riflessione e la diffrazione della Testa artificiale in fase di ripresa, gli stessi fenomeni sono generati anche dalla testa dell'osservatore, in fase di ascolto.

In cuffia si ha un ascolto più piacevole di quello che si può ottenere con altre tecniche, perché l'immagine sonora, invece di concentrarsi lungo la striscia che unisce i due padiglioni del mezzo trasduttore, e quindi dentro la massa cranica, si "visualizza" all'esterno della testa, rendendo l'ascolto più piacevole e meno stressante.

Infine consideriamo la Tecnica AB. Anche questa è ad esclusione ed è stata studiata e realizzata in Francia.

Qui si è sfruttato il discorso accennato prima e si è evitata la doppia riflessione e la doppia diffrazione, non ponendo più una massa fisica tra i microfoni. Si è invece costruito un supporto per due capsule cardioidi poste a 17 cm di distanza, come mediamente sono poste le membrane timpaniche nell'orecchio umano e con un'angolazione di 110° una dall'altra, inclinazione media dei padiglioni auricolari (figure 5 e 6).

Il risultato è decisamente buono, spaziale, dà una profondità della scena molto reale e, timbricamente, il suono è ricco e gradevole.

E' chiaro che tutte queste tecniche di ripresa stereo, per un palcoscenico ricco di strumenti, non possono avere tutti i suoni a fuoco, e per ovviare al problema ci si affida a microfoni detti di supporto o di rinforzo che vengono posizionati sulle sorgenti sonore sfocate, microfoni che bisogna dosare in modo opportuno rispetto al risultato della tecnica stereo di base e alcune volte bisogna anche inserire un ritardo sul percorso del loro segnale.

Fino qui si sono considerate le tecniche di ripresa stereofoniche convenzionali, ma non sono riprese da cui si ottengono suoni veramente spaziali, totali, perché riproducono virtualmente le sorgenti sonore in modo frontale, con un fronte più o meno aperto e più o meno profondo.

3. La tecnica Olofonica - Teoria

Agli inizi degli anni '80 il ricercatore italo-argentino Hugo Zucarelli ha applicato il modello olografico ai fenomeni acustici, incuriosito dal fatto che gli uomini sono in grado di localizzare la sorgente sonora senza indirizzare l'attenzione verso essa, e continuano ad avere questa capacità anche se sordi da un orecchio. Le sue conclusioni furono poi sviluppate e portarono ad un brevetto da parte di Umberto Gabriele Maggi, che insieme a suo figlio Maurizio, realizzò nel 1983 l'"holophone", uno speciale microfono capace di riprodurre suoni in tre dimensioni. Il primo album realizzato con questa tecnica fu "Final Cut" dei Pink Floyd, per il quale Maurizio Maggi fece il tecnico audio. Al tempo non diede buoni risultati se non in cuffia, dove i suoni avvolgevano letteralmente l'osservatore e la sensazione della realtà era impressionante. In aria l'effetto non era affatto accettabile e solo negli ultimi anni la tecnologia ha portato alla realizzazione di microfoni che hanno permesso di ottenere un risultato molto buono anche con ascolto in aria.

Fig. 5 – Tecnica AB.

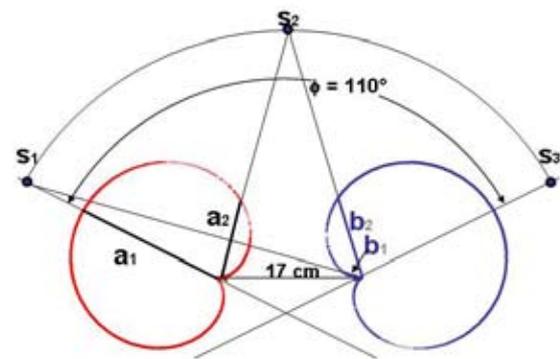
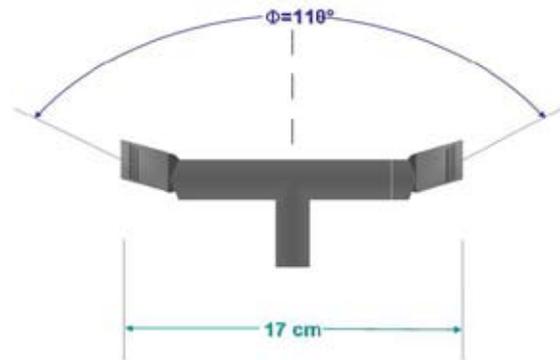


Fig. 6 – Figura polare della tecnica AB.

L'etimologia della parola olofonia deriva dalle parole greche hólos, tutto, e phōnía, voce, suono. Ma su quali principi si basa la tecnica olofonica?

I microfoni moderni Holophone si basano sulla teoria dell'HRTF (Head Related Transfer Function), che è a completamento delle ricerche effettuate sulla teoria Duplex.

La teoria Duplex si fonda sulla stima del fenomeno della localizzazione spaziale di eventi sonori da parte delle orecchie umane. Gli effetti principali alla base di questo fenomeno sono: l'ITD (Interaural Time Difference) e l'IID (Interaural Intensity Differences).

Per comprendere in cosa consistono i due effetti appena enunciati si osservino le figure 7 e 8.

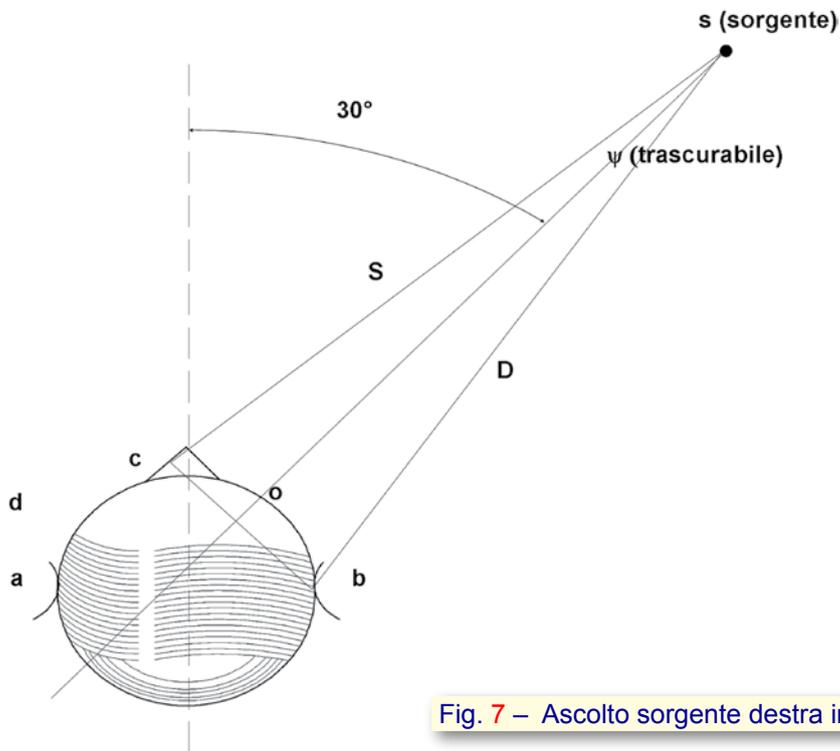


Fig. 7 – Ascolto sorgente destra in condizione stereo canonica.

Si inizi con l'ITD. Si consideri una delle due sorgenti sonore nell'ascolto stereofonico, la destra, e la si consideri abbastanza distante dall'osservatore, in *campo lontano*, tale per cui l'onda generata, che sia piana o sferica, non abbia più importanza e la si possa considerare solo piana. Dalla figura 7, quindi, si deduce che l'angolo sotteso al vertice del triangolo isoscele con base *cb*, con cui si rappresenta l'onda piana che arriva all'osservatore, sia trascurabile. Inoltre si ipotizzi la presenza della testa dell'osservatore con una sfera di diametro di 17 cm.

Quando l'onda sonora colpisce l'osservatore ha "colpito" in *b* l'orecchio destro, ma l'altro vertice *c* del triangolo non è ancora arrivato all'orecchio sinistro. Tenendo conto che la velocità dell'onda sonora in aria si può approssimare a circa 340 m/s, si è calcolato che per percorrere la distanza *ca* di 8,5 cm l'onda impiega un tempo di 250 μ s, che potrebbe sembrare ininfluenza in ascolto, ma come differenza binaurale l'uomo riesce a percepire ritardi di tempo anche inferiori, di 10÷20 μ s, di pochi gradi di sfasamento, che significa

percepire il cambio apparente della direzione della sorgente sonora.

Con semplici prove si può dimostrare che per frequenze inferiori a 1500 Hz, per cui la lunghezza d'onda diventa paragonabile con la distanza tra le orecchie, l'orecchio destro, nell'esempio visto in precedenza, percepisce l'onda sonora in anticipo rispetto all'orecchio sinistro, e l'uditore percepisce chiaramente la posizione spaziale della sorgente, con un preciso angolo di azimuth. Nel caso si analizzino invece frequenze uguali o maggiori a 1500 Hz, il ritardo interaurale porta prima ad una ambiguità e poi a problemi veri e propri di localizzazione spaziale della sorgente sonora.

Quindi, per queste frequenze diventa importante la percezione della differenza energetica dell'onda tra un orecchio e l'altro, e subentra come effetto l'IID. La differenza di intensità interaurale diventa fondamentale per la esatta localizzazione spaziale di frequenze al di sopra dei 1500 Hz.

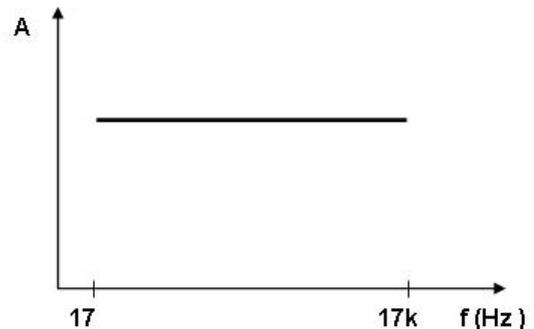
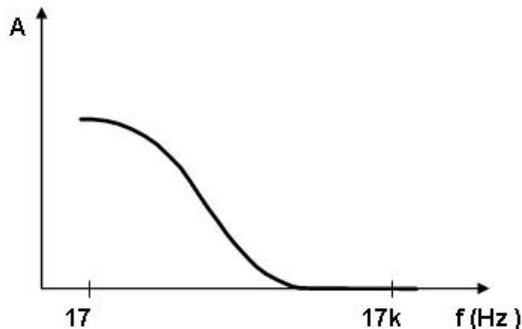


Fig. 8 – Differenza di ampiezza del segnale da destra in ascolto stereo canonico.

Si consideri una sorgente sonora in campo libero, senza pareti. In queste condizioni ciò che può influenzare il sistema di analisi è il corpo umano: la testa, con le orecchie e il naso. Infatti, quando una sorgente è lontana, colpisce la testa e si deve tenere conto delle dimensioni della testa stessa, e da che direzione arriva l'onda sonora. Ricordando il campo di frequenze udibili, da circa 20 Hz a circa 20000 Hz, e conseguenti lunghezze d'onda in gioco, da 17 m a 17 cm, si capisce come un corpo in presenza dell'onda possa influenzare il percorso dell'onda stessa, a causa dei fenomeni della diffrazione, della riflessione e del decadimento di energia in ragione di $1/R^2$. Si supponga che la sorgente sonora si

ferenza di livello tra un orecchio e l'altro. Inoltre la testa lavora come corpo mascherante per una certa gamma di frequenze. Ciò porta al fatto che un segnale con un certo equilibrio timbrico su un orecchio, quello più vicino alla sorgente sonora, non è lo stesso che percepirà l'altro orecchio (figura 8).

La figura 9 mostra la differenza di ampiezza misurata da Steinberg e Snow nel 1934, risultato che si basa su test effettuati con frequenze pure nel 1931 da Sivian e White.

trovi sullo stesso piano della testa ma a 90° dalla posizione frontale, massima ricezione da parte di un orecchio e minima dall'altro; si supponga che la differenza di percorso dell'onda, da quando ha colpito un orecchio all'altro, sia di circa 25 cm. La differenza di livello di pressione sonora tra un orecchio e l'altro è di solo 0,4 dB, che si può considerare impercettibile. Se la sorgente è molto vicina alla testa ma in posizione casuale e non frontale, diventa sostanziale la dif-

Differenza di loudness [dB]

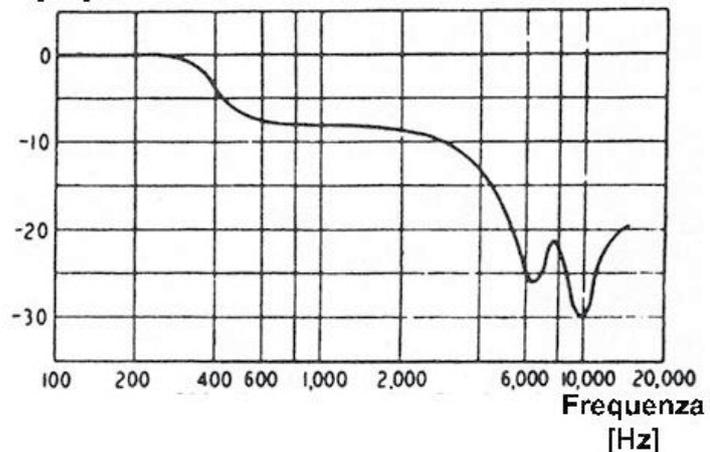


Fig. 9 – Differenza di ampiezza in funzione delle frequenze.

La teoria Duplex spiega però solo la capacità di localizzazione spaziale della sorgente se questa si trova sullo stesso piano dell'osservatore, sul piano azimutale. Ma con questa teoria, se si tenta di localizzare una sorgente sonora sul piano mediano, ossia con angolo di elevazione differente rispetto alla testa, è possibile arrivare a percepire infiniti punti alla stessa distanza dall'orecchio con stesso ITD e IID, creando ciò che viene definito *cono di confusione* (figura 10).

Dal momento che si può capire la provenienza di un'onda nello spazio e non solo nel piano azimutale, si è ipotizzato che questa capacità sia dovuta ad un meccanismo di ascolto monoaurale, che tiene conto della risposta spettrale dell'evento sonoro da parte del canale uditivo e dalla conformazione del padiglione auricolare.

Questo ragionamento è complicato da formalizzare matematicamente. Le ricerche che si sono susseguite nel corso degli anni per comprendere come si possa localizzare una sorgente sonora nello spazio, hanno portato ad un data-base delle cosiddette Head Related Transfer Function (HRTF), funzioni che tengono conto di come il suono proveniente da vari punti dello spazio viene filtrato dall'orecchio umano. Cioè, si sono registrate le risposte impulsive dell'orecchio ad eventi generati in vari punti dello spazio con varie angolazioni, per poi analizzarle e cercare di capire quali possano essere le relazioni che regolano questi risultati.

Le HRTF sono funzioni che, con opportuni ritardi introdotti in un segnale sonoro, permettono di capire la sua localizzazione spaziale. Per poter calcolare, quindi, la pressione acustica dovuta ad una sorgente qualsiasi $x(t)$ nello spazio, bisogna conoscere la risposta all'impulso del timpano, la cui funzione è definita Head Related Impulse Response (HRIR). La trasformata di Fourier $H(f)$ di tale risposta è appunto la HRTF.

Per elaborare un suono tridimensionale tenendo conto, quindi, dei fenomeni prima elencati, cioè l'ITD, l'IID e la modellazione della struttura spettrale a causa delle riflessioni, diffrazioni e conformazione del padiglione auricolare, si

utilizza una coppia di filtri FIR (Finite Impulse Response) di lunghezza appropriata. Con i FIR un segnale sinusoidale che li attraversa uscirà ancora sinusoidale, ma scalato in ampiezza e ritardato in fase in funzione della sua risposta in frequenza. Per ridurre la quantità di calcolo di detto filtro, che può arrivare ad essere dell'ordine di 128 punti, alcuni autori consigliano il filtro IIR (Infinite Impulse Response) a basso ordine, generalmente di 6÷12 punti. A parità di ordine, a differenza dei filtri FIR, i filtri IIR permettono risposte in frequenza più ripide, introducendo però sempre delle distorsioni di fase, ossia le componenti spettrali vengono ritardate in funzione della frequenza.

Le HRTF sono misurate su entrambe le "orecchie" poste su un manichino, fissando un angolo di riferimento rispetto alla testa, e tali funzioni sono misurate con sorgenti poste a diversi angoli azimutali e diversi angoli mediani, di elevazione. Le HRTF includono anche le informazioni di differenza di tempo interaurale e di differenza di intensità interaurale. Le ITD sono comprese nello spettro di fase del filtro FIR, mentre le IID sono comprese nella risposta in potenza del FIR.

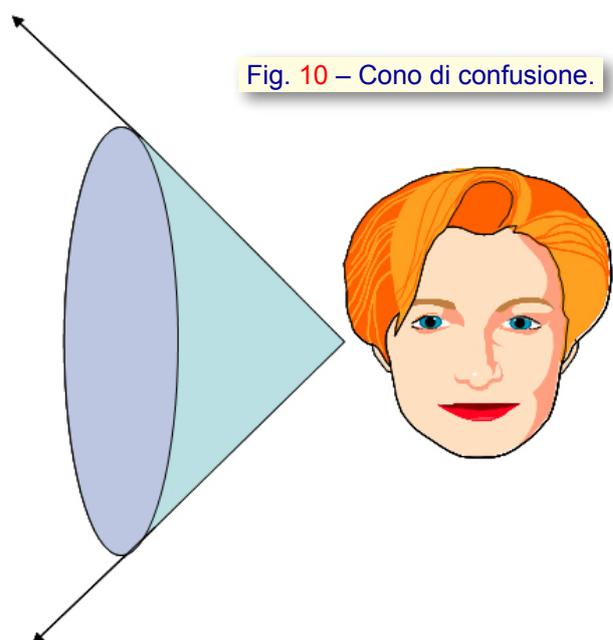


Fig. 10 – Cono di confusione.

Tornando al manichino, si utilizzano due microfoni inseriti nei suoi padiglioni auricolari e si inviano, tramite un altoparlante posto con un certo angolo di azimuth, un certo angolo di elevazione e ad una certa distanza, diversi stimoli che potrebbero essere anche dei semplici click o sequenze binarie pseudo-random. La funzione di trasferimento che si ottiene comprende, ovviamente, anche le funzioni di trasferimento degli apparati utilizzati per la misura, come i microfoni e gli altoparlanti. Queste funzioni di trasferimento sono chiamate Common Transfer Function (CTF) e vengono poi eliminate dalla misura della risposta complessiva del sistema.

Come risultato finale delle misure si ottiene un set di funzioni di trasferimento direzionale, le Directional Transfer Function (DTF), ognuna per una ben precisa posizione nello spazio. E' proprio questo set di funzioni che viene chiamato HRTF.

Le tecniche di rilevazione e di calcolo delle HRTF si basano su vari metodi, ma i due principali sono i seguenti.

Il primo con modelli sferici che simulano la testa umana. In questo caso, utilizzando una sorgente sonora piana ad una data frequenza, si può calcolare la pressione acustica su due punti della sfera dove si ipotizza siano localizzate le orecchie. Si effettuano vari calcoli a differenti frequenze e a diversi angoli azimutali e mediani, ottenendo così un set di HRTF.

Per il secondo modello si utilizza un manichino con due microfoni nei lobi auricolari. Si effettuano le misure in camera anecoica e con un gran numero di punti di generazione sonora nello spazio.

4. La tecnica Olofonica – Sperimentazione

Vari costruttori, da un po' di anni, hanno cominciato a soddisfare l'esigenza da parte dei broadcaster di poter effettuare riprese sonore

che possano dare un risultato sonoro immediato dell'ambiente. Tra i prodotti che hanno questo scopo, il Centro Ricerche della Rai ha scelto di valutare e sperimentare un microfono della ditta canadese Holophone, che è stato utilizzato in trasmissione dalla Fox, NBC, ABC, CBS, CBC, e ESPN, oltre che dalla EA Sports per videogiochi, e da artisti famosi quali Elton John, Celine Dion e Iron Maiden e per riprese sportive (NBA Basketball, NFL Football e NHL Hockey).

La ditta Holophone produce tre modelli di microfoni olofonici: H2-PRO, H3D e H4 SuperMini.

L'Holophone H2-PRO (figura 11), scelto per questa sperimentazione, è un microfono professionale che ha sette capsule localizzate esternamente sul perimetro del supporto definito *testa*, e una interna che cattura la bassa frequenza. Può ottenere come risultato 5.1, 6.1 o 7.1 canali con suono surround. Tutti i suoni registrati tramite questo microfono sono discreti e succedono in tempo reale senza necessità di manipolazione da parte di mixer o quant'altro e ciò lo rende molto flessibile per l'utilizzo in studio, per la registrazione in formati surround e per tutti i formati consumer come Dolby, DTS e Circle Surround.



Fig. 11 – Holophone H2 PRO.

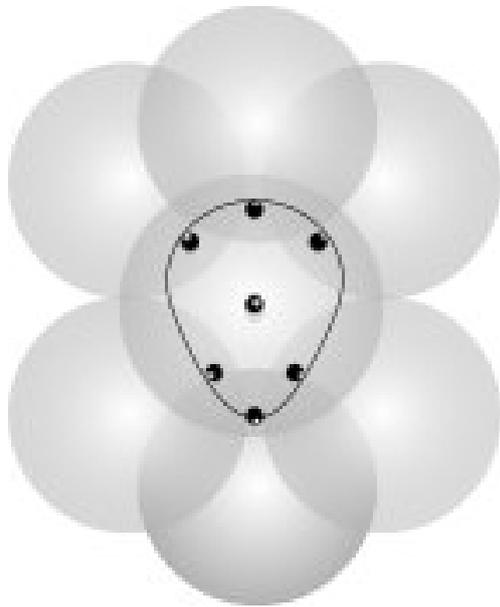


Fig. 12 – Diagramma polare dell'Holophone H2 PRO.

Le sette capsule esterne, come si è detto, sono poste sulla superficie esterna della testa: sono capsule omni-direzionali, modello "4060" della ditta danese DPA, che danno la configurazione direzionale, montati sull'H2 Pro, della figura 12.

Le sette capsule montate esternamente hanno un range di frequenza da 20 Hz a 20 kHz, mentre quella interna da 20 Hz a 110 Hz. La sensibilità è di 20 mV/Pa a 1 kHz con livello di pressione massima pari a 134 dB_{SPL} prima del clipping.

Il suono surround, così, dovrebbe essere riprodotto abbastanza fedelmente, anche prendendo le uscite dirette dal microfono e inviandole a degli altoparlanti.

Si ricordi brevemente il percorso storico per arrivare ad ottenere un suono veramente spaziale e totale. Nel 1940 Disney introdusse il suono surround nei cinema in occasione della sua produzione "Fantasia", utilizzando tre speaker dietro lo schermo e altri posti in posizione posteriore. Nel 1950 prese piede la registrazione stereofonica che parte dal presupposto che si ascolta con due orecchie. Poi si ebbero delle

prove sulla quadrifonia, che non prese piede per assenza di materiale, costi elevati dei sistemi e pochissimo mercato. Nel 1970, con "Star Wars", George Lucas introdusse il Dolby Stereo che fu poi matricizzato portando ai quattro canali left, right, center e rear. Oggi si hanno sistemi Dolby Digital che impiegano sei sorgenti: center, left, right, left surround, right surround, LFE (Low Frequency Effects). Detta configurazione è conosciuta come 5.1. Un sistema in competizione con il Dolby è il DTS (Digital Theater Systems) che fu introdotto in occasione del film "Jurassic Park". Altro sistema che supporta il 5.1, è il Circle Surround. L'IMAX usa il 6.1 aggiungendo un canale superiore al 5.1, configurazione supportata anche da Holophone. Solo recentemente Dolby, DTS e SRS Labs hanno esteso i loro sistemi alla configurazione 6.1 aggiungendo un canale posteriore centrale (Dolby Digital EX, DTS ES e Circle Surround II). Infine la Sony ha introdotto un nuovo standard, SDDS (Sony Dynamic Digital Sound) con la configurazione 7.1, che ha tolto il canale superiore e ha introdotto il left center e il right center.

L'Holophone H2 PRO in uscita ha otto cavi bilanciati XLR così assegnati:

Canali	Microfono Holophone H2 PRO
1	Left
2	Right
3	Center
4	LFE
5	Left Surround
6	Right Surround
7	Top
8	Center Rear

Si illustrano ora le sperimentazioni effettuate dal Centro Ricerche con il microfono olofonico.

La prima sperimentazione aveva lo scopo di verificare la "pulizia" dei suoni degli strumenti durante l'esecuzione di un'orchestra sinfonica.

Presso l'Auditorium Rai di Torino, e con la collaborazione dei tecnici di Radiofonia, si è posto il microfono su un'asta all'altezza di circa 3,5 metri, rivolto verso il centro del palcoscenico, alle spalle del direttore d'orchestra (figura 13).

Le otto uscite del microfono sono state collegate al mixer (figura 14) che alimentava con la phantom le capsule a condensatore del microfono e preamplificava i segnali prima di inviarli in registrazione, singolarmente, in un registratore digitale (figura 15).

Una volta ottenuta la registrazione su otto tracce separate del nastro digitale, si sono acquisite tali tracce tramite un Macintosh PowerPC G5, con quattro processori da 2,5 GHz cadauno, DDR2 SDRAM da 4,5 GB e velocità di Bus da 1,25 GHz. Con il programma "Soundtrack" si sono poi indirizzati i segnali sui 5.1 speaker in regia.

Fig. 13 – Ripresa all'Auditorium Rai di Torino durante le prove della Sinfonia n. 2 in mi minore op. 27 di Sergej Rachmaninov, diretta da Kwamé Ryan.



Fig. 14 – Mixer Yamaha 01V 96.



Fig. 15 – Registratore digitale Tascam DA-98 HR.

Il risultato ottenuto è qualcosa di inaspettato. Ci si attende un suono frontale, con pochissimo effetto surround. Riascoltando il risultato, invece, sembra di essere immersi all'interno dell'orchestra, circondati da essa, e i timbri dei vari strumenti sono abbastanza reali.

La seconda sperimentazione effettuata, è consistita nella ripresa di effetti allo Stadio Olimpico di Torino. La ripresa sonora è stata affiancata dalla ripresa video in alta definizione (figura 16).



Fig. 16 – Riprese allo Stadio Olimpico di Torino durante la partita di campionato tra Juventus e Mantova. Si notino la testa olofonica e la telecamera Sony XDCAM HD PDW-F350L.

In questa occasione, la ripresa è stata effettuata alle spalle di una delle due porte, leggermente spostata a destra rispetto alla porta stessa, sotto la curva che ospitava i tifosi juventini. Le condizioni di ripresa erano vincolate dal permesso concesso dagli organizzatori.

Per poter registrare l'audio in telecamera, si è usato un codificatore (figura 17) che permette di codificare sei canali del microfono: si è fatta la scelta di escludere il center rear e il top, e le uscite si sono inviate come Total Left e Total Right, codificate, ai due canali esterni della telecamera come segnali stereo.

Una volta in regia, i sei canali audio sono stati "riestratti" decodificandoli con il decoder (figura 18). Sia il codificatore che il decodificatore operano con il sistema Circle Surround.

Il risultato, in questo caso, è stato stupefacente per l'impressione che si è avuta sulla realtà degli effetti spaziali riprodotti.



Fig. 17 – Codificatore CSE-06P della SRS Labs.



Fig. 18 – Decodificatore CSD-07 della SRS Labs.

5. Future Sperimentazioni

Il risultato ottenuto può essere definito inaspettato e originale, per quanto riguarda la ripresa musicale, così come si rivelò il passaggio dalla ripresa con tecnica multimicrofonica, con tutti gli strumenti presenti e a fuoco, alle tecniche stereo. L'obiettivo allora era di cambiare filosofia di ascolto, ossia dare un risultato più veritiero dell'evento sonoro: non si puntava ad una maggiore pulizia degli strumenti, bensì ad un maggior realismo dei suoni, come in presenza dell'orchestra.

Oggi, nella sperimentazione effettuata, si rivoluziona in qualche modo il tipo di ascolto, si è immersi nel cuore dell'orchestra, circondati dagli strumenti.

Per quanto riguarda la ripresa allo stadio, invece, si è ottenuto il risultato previsto, di realtà sonora spaziale.

Si intende proseguire la sperimentazione con una serie di riprese, sempre di musica classica, e pertanto sono stati presi contatti preliminari con il Centro di Produzione Rai di Milano.

Individuando posizioni opportune per il microfono, più in alto sulla scena e/o più lontano dal direttore d'orchestra, si verificherà se il risultato è conforme alle aspettative, cioè un risultato frontale, con un po' di effetto posteriore dovuto al riverbero dell'ambiente. Per quanto riguarda la "pulizia" degli strumenti, l'obiettivo è quello di far valutare i risultati a musicisti e ingegneri del suono, esperti atti a giudicare questo parametro molto soggettivo. Si ritiene che, anche con questa tecnica come per quelle stereo, se l'orchestra è disposta in uno spazio abbastanza ampio, siano necessari microfoni di "supporto" sulle sorgenti sonore distanti e leggermente sfuocate, da mixare in modo opportuno con le uscite dell'Holophone.

Sarà interessante effettuare un'altra ripresa allo stadio di calcio ponendosi questa volta, se pos-

sibile, in posizione centrale rispetto al campo e provando a "inseguire" con il microfono l'azione, seguendo i movimenti della telecamera. Questa tecnica è interessante perché non complica la vita agli addetti ai lavori e perché può essere utilizzata la stessa infrastruttura già esistente negli stadi, cavi e eventuale mixer: l'Holofone H2 Pro può essere posizionato facilmente in campo, su un semplice stativo. Comunque, se si vogliono riprendere gli effetti del colpo sul pallone o del palo colpito, è chiaro che oltre questo microfono converrà lasciarne in campo altri, ed è certamente indubbio il grande risparmio logistico e operativo per la ripresa totale degli effetti.

Altro evento sportivo di interesse, è una corsa ciclistica, seguendo gli atleti su un mezzo motorizzato, per sentire le voci e le grida del pubblico che "corrono" ai lati della strada mentre si avvanza.

Altre possibili applicazioni sono per News e riprese in uno studio televisivo, anche se si prevede sia necessario comunque microfonare opportunamente i partecipanti.

In base ai primi risultati della sperimentazione, si ritiene che in molti casi con questa tecnica si possa ottenere un risultato sonoro spaziale, da utilizzare direttamente sugli impianti 5.1 o superiori.

L'avvento del digitale ha consentito al broadcaster di fornire all'utente servizi migliori e più coinvolgenti, sia in campo audio che video. Questo comporta cambiamenti significativi anche nella catena di produzione e nella relativa organizzazione del lavoro, con conseguenze sui costi.

La tecnica olofonica potrebbe contribuire ad ottenere risultati ottimali dal punto di vista della ripresa e dell'ascolto, con un minimo impatto sugli investimenti e la riorganizzazione delle risorse e dell'utilizzo delle infrastrutture tecniche già esistenti.

Bibliografia

1. L. Scopece: "L'audio per la televisione. Manuale di audio - 1° Vol." – Gremese Editore, Roma 2008
2. B. Agostino: "Sistemi di ripresa per il surround sound" – Tesi al Politecnico di Torino, luglio 2006
3. R. Prospero: "Elementi di acustica e stereofonia 2° Vol." - Ed. KLIM, Roma 1987
4. L. Scopece: "Cenni di Audio" - Pubblicazione interna Rai, Roma 1996
5. E. F. Alton: "Manuale di acustica" - Ed. Hoepli, Milano 2000
6. Glen M. Ballou: "Handbook for Sound Engineers" - Editor, USA 1998
7. "Audio Engineer's Reference Book" - Edited by Michael Talbot-Smith, Great Britain 1994
8. L. Scopece, B. Agostino: "Nuove tecniche di ripresa Sonora in surround" – Relazione tecnica di Rai - Centro Ricerche, 2006
9. <http://www.holophone.com>
10. <http://www.srslabs.com/pressarticle322.asp?sid=167>
11. <http://www.marcostefanelli.com/olofonia/suonoemo.htm>
12. http://xoomer.alice.it/e.giordani/docs/spat_a.PDF
13. <http://giorgio.cmlug.org/Audio3d/Tesina/cap1.html>
14. <http://www.vialattea.net/esperti/php/risposta.php?num=8783>
15. <http://cnx.org/content/m12827/latest/>