



CONSERVATORIO DI MUSICA DI SANTA CECILIA
DI ROMA

ELETTROACUSTICA E SISTEMI ELETTROACUSTICI II
Pasquale Citera
BIENNIO DI II LIVELLO IN MUSICA ELETTRONICA
paxxx06@gmail.com

I SISTEMI DI RIPRESA MULTICANALE

Durante il corso di Elettroacustica e sistemi elettroacustici ogni anno vengono dedicate giornate alla registrazione di passi orchestrali usando alcune tra le più importanti configurazioni di ripresa multicanale. I risultati vengono poi comparati, durante le lezioni, negli aspetti fondamentali che caratterizzano ogni configurazione e, in occasione delle edizioni dell'Emufest, vengono applicate alcune tra le conoscenze acquisite durante il corso.

Surround Journey

Ogni anno, il corso di Elettroacustica e Sistemi elettroacustici del M° Piero Schiavoni, prevede almeno un giorno per svolgere una sessione di registrazione nella Sala accademica del Conservatorio di Santa Cecilia di Roma che ha come scopo la registrazione di passi orchestrali attraverso molteplici configurazioni surround, per poi analizzarne i risultati in aula e studiarne le peculiarità di ognuna delle tecniche di ripresa. Il primo giugno 2012 si è svolta l'ultima (cronologicamente parlando) sessione di registrazione. In questa sessione sono state installate quattro differenti configurazioni di ripresa surround.

Fukada tree.

Questa configurazione è una evoluzione del *Decca tree* ad opera del-

l'ingegnere Akira Fukada, modificato per distinguere maggiormente il fronte anteriore da quello posteriore. Le modifiche consistono, oltre che nell'aggiunta di due microfoni per il *Left surround* ed il *Right surround*, anche nella sostituzione, con microfoni cardioidi degli originali omnidirezionali dell'albero Decca, angolando i microfoni corrispondenti al Left e al Right per compensare la mancanza di omnidirezionalità. I microfoni usati in questa sessione sono i Neumann K184.

Double ORTF.

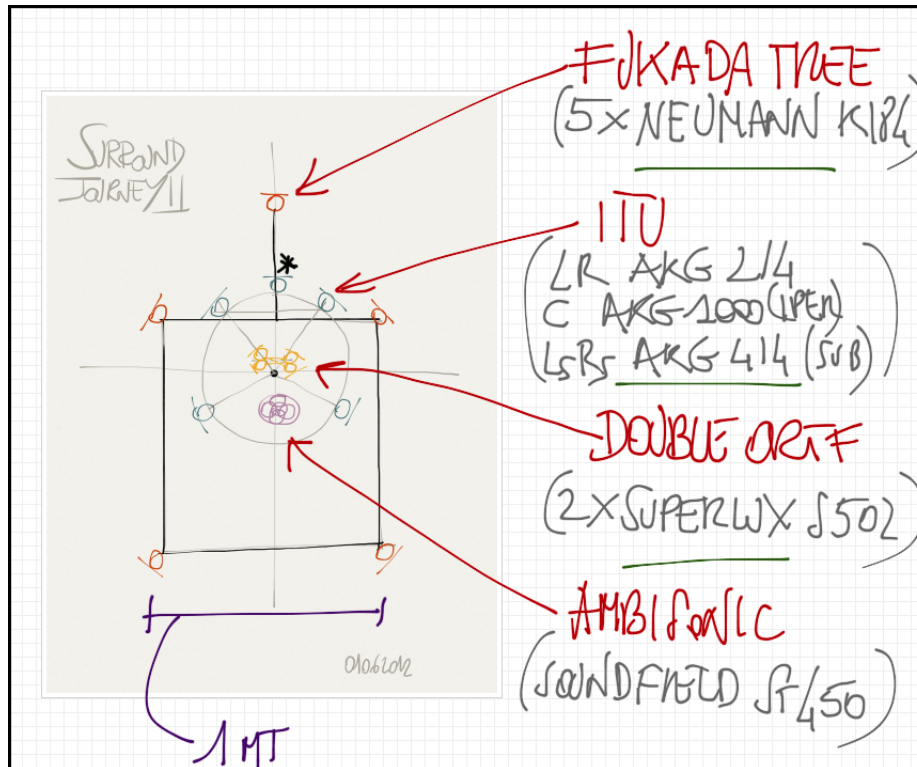
Il doppio ORTF non è nient'altro che, come dice il nome, la configurazione stereo ORTF (due cardioidi angolati a 110° con le capsule distanti circa 17

cm.) raddoppiata in modo da avere uno *stereo front* ed uno *stereo back*. I microfoni usati sono due coppie di Superlux S502.

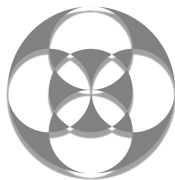
ITU (mod. da T. Cancellieri)

La configurazione ITU, modificata da Tommaso Cancellieri è la disposizione che segue lo standard ITU-775 per la riproduzione sonora in 5.1 e

consiste in un microfono centrale (C), due microfoni per il canale sinistro (Lf) ed il canale destro (Rf), angolati di 30°, e due microfoni per i due surround (Ls e Rs) angolati a 110°. In questa configurazione, vengono usati due AKG 214 cardioidi per Left e Right, un AKG C1000 per il centrale in modalità iper-cardioide e due AKG 414 in modalità subcardioide per Left Surround e Right Surround.



schema di Giuseppe Silvi



L'Ambisonic.

Tra le diverse configurazioni per la ripresa multicanale, un posto di rilievo, spetta all'Ambisonic. Questa tecnica non è una semplice configurazione ma una teoria onnicomprensiva che interessa tutti gli aspetti della catena elettroacustica, dalla ripresa alla riproduzione. Si basa sull'assunto che, uno spazio sonoro sferico può essere riprodotto correttamente usando un minimo di quattro valori (chiamato *Ambisonic di primo ordine*)¹ ovvero, una componente omnidirezionale chiamata *W*, una componente a figura 8 fronte/retro chiamata *X*, una componente destra-sinistra a figura 8 chiamata *Y* ed una componente a figura 8 per l'elevazione chiamata *Z*. Le formule per la descrizione di queste componenti sono:

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k s_i \left[\frac{1}{\sqrt{2}} \right] \\ X &= \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k s_i [\cos \phi_i \cos \theta_i] \\ Y &= \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k s_i [\sin \phi_i \cos \theta_i] \\ Z &= \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k s_i [\sin \theta_i] \end{aligned}$$

dove

θ è l'angolo d'elevazione,

ϕ è l'angolo di scostamento orizzontale (azimut).

La teoria che sta alla base dell'Ambisonic prende il nome di *teoria delle armoniche sferiche* ed è stata studiata e teorizzata principalmente dal matematico Michael Gerzon nei

primi anni '70, partendo dagli esperimenti sulla diffusione *surround* di Alain Blumlein. Poco diffusa negli anni a venire dalla sua teorizzazione, viene in tempi recenti riscoperta e fatto oggetto di numerosi studi nei più importanti centri di ricerca del mondo, date le sue enormi potenzialità. L'Ambisonic, infatti, si differenzia dalle altre tecniche di ripresa e diffusione dal fatto che, essendo una tecnica teoricamente isotropa, tratta i suoni provenienti da qualsiasi direzione allo stesso modo, a differenza delle altre configurazioni che invece, in misura diversa, prediligono comunque un ascolto frontale e, delegano ai canali laterali e posteriori soltanto l'ambiente e/o effetti speciali. A questo si aggiunge il fatto che, per la localizzazione di un suono, sono impiegati spesso la maggior parte dei diffusori e questo fa sì che l'effetto della riproduzione dello spazio possa essere apprezzato anche trovandosi al di fuori del cosiddetto *sweet spot*.

Il principio di ripresa del suono Ambisonic si basa sull'utilizzo di un microfono avente quattro capsule orientate come le facce di un tetraedro. Questo microfono dà in uscita quattro segnali denominati a seconda delle direzioni delle capsule. I quattro segnali saranno, quindi LFU (*left front up*), RFD (*right fronde down*), LBD (*left back down*), RBU (*right back up*). L'insieme dei quattro segnali è il primo stadio di elaborazione del segnale che prende il nome di *A-format*.

Tramite una matrice fatta di somme e sottrazioni dei segnali del microfono tetraedrico, dall'*A-format*, ricavia-

¹l'ordine è la risoluzione con la quale si gestiscono i parametri spaziali. Al variare dell'ordine, aumentano le componenti richieste. Il secondo ordine è composto da nove segnali, il terzo da sedici ecc...

mo i quattro segnali del primo ordine W X Y Z, chiamato *B-format* ovvero il secondo stadio di elaborazione. Data la differenza nella costruzione del microfono tetraedrico, la matrice non è standard ma dipendente dalla posizione delle quattro capsule, diverse a seconda della casa produttrice del microfono.

Due esempi² :



Soundfield ST-250

matrice :

$$W = LFU + RFD + LBD + RBU$$

$$X = LFU + RFD - LBD - RBU$$

$$Y = LFU - RFD + LBD - RBU$$

$$Z = LFU - RFD - LBD + RBU$$



DPA-4

matrice:

$$W = LFU + RFD + LBD + RBU$$

$$X = LFD + RFU - LBU - RBD$$

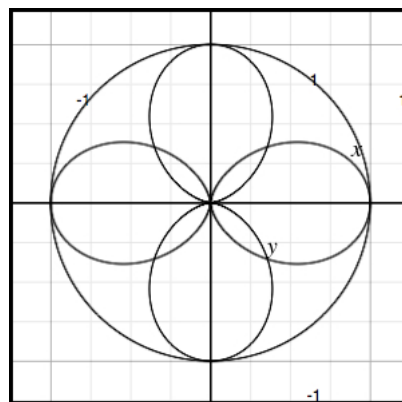
$$Y = LFD - RFU + LBU - RBD$$

$$Z = -LFD + RFU + LBU - RBD$$

Data la coincidenza solo teorica delle quattro capsule, queste matrici vengono corrette dallo scostamento in fase, in genere dalle stesse case produttrici fornendo *hardware* e *software* dedicato e già calibrato a seconda della costruzione del microfono.

Una preziosa particolarità di queste matrici, è data dal valore del parametro Z, dell'elevazione, che può essere omesso nel momento in cui si dispone solamente di una diffusione orizzontale. Prende così il nome di diffusione *pantofonica*, la distribuzione spaziale che tiene conto soltanto del piano orizzontale, in contrapposizione alla diffusione *perifonica* che riproduce anche l'informazione sul piano verticale.

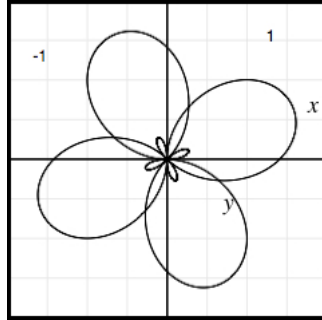
Disponendo dei segnali in *B-format*, quindi di quattro segnali, nel caso del primo ordine, che descrivono tutto il campo sonoro, possiamo egregiamente simulare la maggior parte delle coppie di ripresa stereofonica con facilità.



I valori W X e Y

²A.Farina, A-format to B-format conversion <http://pcfarina.eng.unipr.it/Public/B-format/A2B-conversion/A2B.htm>

Alcuni esempi:
Per virtualizzare una coppia di ripresa *Blumlein*,



ovvero

$$L = \cos \theta - [-\cos(\theta - \frac{1}{4}\pi)]$$

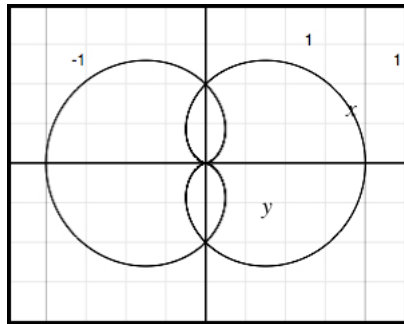
$$R = \sin \theta [-\sin(\theta - \frac{1}{4}\pi)]$$

la matrice di virtualizzazione è semplicemente

$$L = \frac{(X+Y)}{\sqrt{2}}$$

$$R = \frac{(X-Y)}{\sqrt{2}}$$

Per una coppia di cardioidi coincidenti, angolati a 180°,



ovvero

$$L = \frac{1}{2}(1 - \cos \theta)$$

$$R = \frac{1}{2}(1 + \cos \theta)$$

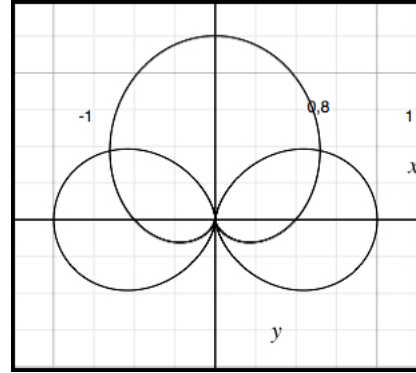
avremo

$$L = \frac{1}{2}W + \frac{1}{2}Y$$

$$R = \frac{1}{2}W - \frac{1}{2}Y$$

(per una coppia angolata a 90°, basterà ruotare la fase di Y , oppure aggiungere una quantità pari di X come per la coppia *Blumlein*).

Per una coppia di ripresa MS,



ovvero

$$M = \frac{1}{2}(1 + \sin \theta)$$

$$S = \cos \theta (-\cos \theta)$$

avremo

per il cardioide centrale

$$M = \sqrt{2}W + X$$

per il microfono a figura 8, laterale

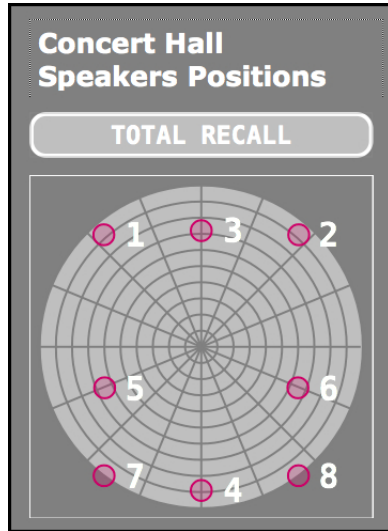
$$S = Y$$

anche se, quest'ultima operazione di virtualizzazione è imprecisa su alcuni valori.

Nella riproduzione sonora, l'Ambisonic si dimostra ancor più un sistema versatile e potente, questo perché il segnale Ambisonic è indipendente dal sistema di diffusione quindi non è prescritto né il numero e neanche la posizione specifica di ogni altoparlante. Basterà intanto tener conto del rapporto

$$L \geq N$$

che indica un numero di diffusori L uguali o maggiori del numero di componenti Ambisonic N , in relazione all'ordine.



modulo dell'AmbiTranscoder1.4 di G. Silvi³

In fase di decodifica, ogni altoparlante riceve la somma pesata di tutti i segnali Ambisonic. Per ogni diffusore, cioè, il peso di ogni componente ambisonico è misurato secondo la formula

$$p_j = \frac{1}{L} [W(\frac{1}{\sqrt{2}}) + X(\cos \phi_j \cos \theta_j) + Y(\sin \phi_j \cos \theta_j) + Z(\sin \phi_j)]$$

dove ϕ_j e θ_j sono le posizioni degli j -esimi diffusori ed N è il numero dei canali Ambisonic⁴.

Come abbiamo accennato, dal *B-format* si possono ricavare praticamente tutte le configurazioni di riproduzione più comuni sia *planari* che *pantofoniche*.

UHF

Sono stati messi a punto altri tipi di elaborazione del segnale *B-format* per alcuni usi specifici.

Il cosiddetto *Ambisonic UHF* o *C-format*, ad esempio, è uno sviluppo ulteriore della tecnica Ambisonic progettato per consentire la compatibilità stereo e mono del segnale *B-format* con le trasmissioni radiofoniche e con la commercializzazione sui supporti digitali esistenti. La tecnologia di decodifica è di tipo *gerarchica*, vale a dire che, a seconda del formato, l'*Encoder* ignora i canali che non possono essere riprodotti. I canali in uscita dall'encoder sono quattro (L ed R per le informazioni destra-sinistra, T per le informazioni davanti-dietro, Q per l'elevazione). Si possono avere tre tipi di decodifica diversi a seconda dei canali impiegati:

- 4 canali - riproduzione perifonica
- 3 canali - riproduzione pantofonica
- 2 canali - riproduzione stereo o mono

L'*encoding*⁵ è ottenuto tramite questa matrice:

$$\begin{aligned} S &= 0.9396926W + 0.1855740X \\ D &= j(-0.342W + 0.5099X) + 0.655Y \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Left &= \frac{(S+D)}{2} \\ Right &= \frac{(S-D)}{2} \\ T &= j(-0.1432W + 0.6512X) - 0.707Y \\ Q &= 0.9772Z \end{aligned}$$

³<http://www.altrisuoni.it/devG.html>

⁴<http://harpex.net/documentation.html>

⁵http://en.wikipedia.org/wiki/Ambisonic_UHF_Format

dove j indica una rotazione di fase di 90° .

$$\begin{aligned}W &= 0.982S + j0.164D \\X &= 0.419S - j0.828D \\Y &= 0.763D + j0.385S\end{aligned}$$

La decodifica nel caso di una riproduzione perifonica è

$$\begin{aligned}S &= \frac{(Left+Right)}{2} \\D &= \frac{(Left-Right)}{2}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W &= 0.982S + j0.197(0.828D + 0.768T) \\X &= 0.419S - j(0.828D + 0.768T) \\Y &= 0.796D - 0.676T + j0.187S \\Z &= 1.023Q\end{aligned}$$

per una riproduzione pantofonica invece è

$$\begin{aligned}W &= 0.982S + j0.197(0.828D + 0.768T) \\X &= 0.419S - j(0.828D + 0.768T) \\Y &= 0.796D - 0.676T + j0.187S\end{aligned}$$

per una riproduzione stereo (o mono) abbiamo

G-format

Infine per la decodificare il segnale *B-format* secondo lo standard 5.1 ITU-775 vi è un formato chiamato *G-format* i cui coefficienti sono

$$\begin{aligned}Left &= W + X \cos(30) + Y \sin(30) = \\&W + 0.87X + 0.5Y \\Right &= W + X \cos(30) - Y \sin(30) = \\&W + 0.87X - 0.5Y \\Center &= W + X \\LeftSurround &= W - X \cos(110) + \\&Y \sin(110) = W - 0.34X + 0.94Y \\RightSurround &= W - X \cos(110) - \\&Y \sin(110) = W - 0.34X - 0.94Y\end{aligned}$$

References

1. A.Farina, A-format to B-format conversion <http://pcfarina.eng.unipr.it/Public/B-format/A2B-conversion/A2B.htm>
2. <http://www.altrisuoni.it/devG.html>
3. <http://harpex.net/documentation.htm>
4. http://en.wikipedia.org/wiki/Ambisonic_UHJ_Format