

Sistema 3D VMS

Da dove arriviamo... dove andiamo

Leonardo **Scopece**
Rai - Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica

Angelo **Farina**
Università di Parma

1. INTRODUZIONE

Il Sistema **3DVMS (3D Virtual Microphone System)** è un sistema audio multicanale che permette di avere un approccio completamente nuovo verso la ripresa e la registrazione del suono. Ora, grazie ad un'unica sonda con 32 microfoni collegata tramite un solo cavo al suo terminale in regia audio, è possibile avere fino a 7 microfoni virtuali in real time e anche fino a 32 in post-produzione.

Soluzioni operative innovative hanno lo scopo di semplificare il lavoro dell'operatore, agevolandolo nella ripresa sonora; sono strumenti che permettono di ottenere un risultato sonoro più reale e meglio distribuito nello spazio.

Caratteristiche: una interfaccia VMS tramite la quale si può capire con quale figura l'immagine sonora viene ripresa se si aumenta la direttività che arriva fino al cardiode di ordine teorico 16, il tracking che permette l'"aggancio" di un viso o di un oggetto ad un microfono virtuale e il focus che permette di visualizzare graficamente in pianta e in profondità la scena "illuminata" dai microfoni virtuali.

2. STORIA E ILLUSTRAZIONE DEI MODELLI VMS

Tutto è iniziato da due intuizioni: per prima si è capito che si sarebbe potuto sviluppare un sistema in grado di effettuare uno *zoom microfonico in modo dinamico e in tempo reale*; la seconda di basare lo

E' da decenni che si pensava ad un sistema audio che si comportasse come lo zoom di una telecamera, ovvero, non avvicinare il microfono all'attore, ma avvicinare la voce dell'attore al microfono, senza che i due si muovessero! Si è riusciti nell'intento, e si sono ottenute evoluzioni da quel primo vagito di idea, come il poter posizionare virtualmente i microfoni nello spazio, o il poter agganciare un soggetto con il microfono virtuale ma senza utilizzare apparati hardware, oppure poter rifare ex-novo in postproduzione il lavoro eseguito in diretta, avendo a disposizione il grezzo della registrazione audio.

Ora il progetto a cui si pensa è più ambizioso: aumentare il numero di microfoni virtuali, cambiare l'elettronica di riconoscimento del multiplex che viaggia sul cavo ethernet, in poche parole cambiare la filosofia di utilizzo e del Sistema 3D VMS, che ha visto la luce solo pochi anni fa.

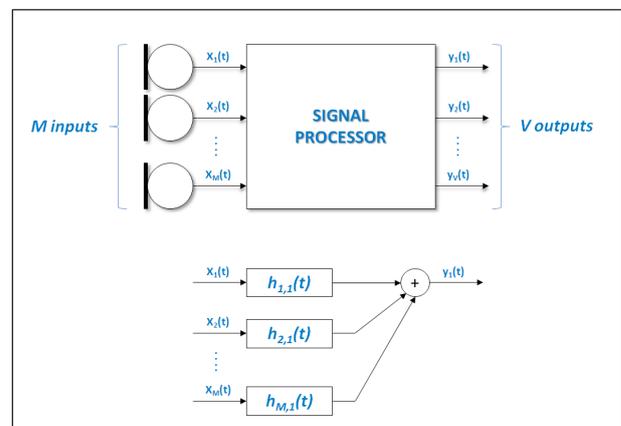


Fig. 1 – Matrice di filtraggio

studio sulla *formula di Kirkeby* e non basarsi, per la costruzione della matrice di filtraggio digitale (figura 1), solamente su analisi teoriche (quali ad esempio la *teoria Ambisonics*), ma anche su analisi empiriche, basate su misure in camera anecoica.

I due obiettivi son stati fusi assieme grazie a riprese effettuate dalla Rai, con l'obiettivo di inserire, nella *costruzione* dei filtri necessari alla matrice, dati di equalizzazione sonora ricavati dalle riprese stesse.

Si è partiti con un primo sistema microfonico, l'**Array Sferico** (figura 2), dotato di 32 capsule Sennheiser da 1/2" a elettrete disposte in modo uniforme sulla superficie di una sfera avente un diametro di circa 80 mm. Questo per un campionamento uniforme (figura 3) del campo sonoro circostante la sonda.

Il **Sistema 3D VMS**, costituito da una sonda microfonica e da un'interfaccia utente con la quale l'operatore può gestire i microfoni virtuali (figura 4), opera filtrando opportunamente i 32 segnali digitalizzati generati dalle capsule microfoniche, utilizzando una matrice di filtri digitali calcolati sulla base di una ampia serie di misure di caratterizzazione eseguite sulla sonda microfonica in camera anecoica da 362 direzioni diverse.

Dalla matrice di filtraggio vengono generati sino a sette *microfoni virtuali*, che possono essere puntati in tutto lo spazio sonoro (360°x180°) e per ognuno dei quali si può definire il livello di *zoom*, determi-



Fig. 2 – Array Sferico

nato dalla direttività ossia dal diagramma polare, partendo dalla condizione di omnidirezionalità fino alla ultradirettività rappresentata da un *cardioide di ordine 6*. Con questo primo modello si possono indirizzare i microfoni virtuali anche nella parte posteriore della scena, ottenendo così un risultato sonoro di tipo *surround* e riprendere sorgenti sonore situate anche sopra o sotto il sistema microfonico.

Fig. 3 – Campionamento uniforme

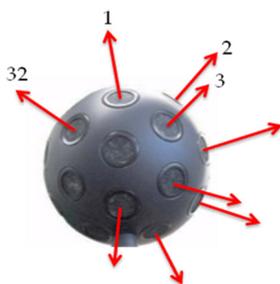
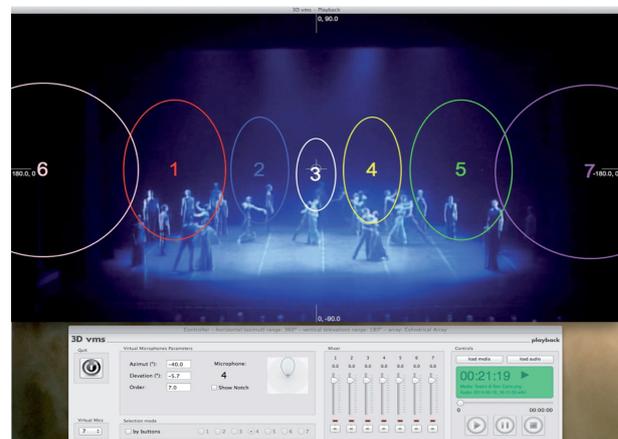


Fig. 4 – Interfaccia utente del sistema 3D VMS



Il secondo sistema microfonico studiato e realizzato è stato l'**Array Planare** (figura 5), che ha sempre 32 capsule disposte però su un pannello delle dimensioni 50x30 cm secondo un "pattern" costituito da una sorta di spirale a passo non costante.

Questa disposizione non è casuale, ma studiata simulando, via software, molte condizioni con l'obiettivo di ottimizzare il campionamento spaziale e di minimizzare la possibile interferenza tra le capsule.

In questo caso, avendo i microfoni tutti rivolti verso la scena, non è possibile indirizzarne alcuno verso la parte posteriore, quindi i sette *microfoni virtuali* ottenuti servono unicamente ad estrarre diverse porzioni della scena, che vengono poi utilizzate per il mixaggio multitraccia, esattamente come se fossero stati posizionati 7 microfoni reali in diversi punti dell'area ripresa.

Grosso vantaggio che si è cercato ed ottenuto con questo modello è di avere una *zoomata* superiore al modello sferico; si arriva infatti a microfoni *cardioidi di ordine 16 teorico!*

Questo array ha, inoltre, al suo centro una telecamera che permette all'operatore di visualizzare la scena e di disporre i microfoni, rappresentati con cerchi colorati sovrapposti all'immagine, in modo corretto.

Ultimo modello che si è progettato e costruito è l'**Array Cilindrico** (figura 6, nella quale viene mostrata la prima versione). Sfruttando proprio la forma del modello, un cilindro di circa 34 cm x 11 cm (lunghezza x diametro di base), si è arrivati ad ottenere delle riprese con lobi di tipo ellittico, con rapporto tra gli assi pari a 1:3.

Questa configurazione permette di avere un dettaglio orizzontale maggiore (ordine 8) rispetto a quello verticale (ordine 3), permettendo una migliore selezione di sorgenti sonore disposte una a fianco all'altra (ad esempio, i musicisti di una orchestra).

Anche questo modello è corredato di telecamera che punta su uno specchio iperbolico in testa al cilindro e che, una volta *svolta* l'immagine, permette anche qui di posizionare in modo corretto i microfoni virtuali su una scena estesa di 360°x120°.

Fig. 5 – Array Planare



Fig. 6 – Array Cilindrico



2.1 I NUOVI MODELLI VMS

Il risultato ottenuto con l'**Array Cilindrico**, testato da esperti del settore (tecnici, musicisti, maestri d'orchestra, consulenti musicali), è il migliore dei tre sia dal punto di vista timbrico, sia dal punto di vista della ricostruzione dell'informazione spaziale, e quindi il più gradevole dal punto di vista sonoro.

Questo ha fatto sì che si procedesse alla realizzazione di un secondo modello cilindrico nuovo e meglio ingegnerizzato (figura 7). Tenendo conto delle esigenze del personale dell'area di Produzione il nuovo **Array Cilindrico** è più piccolo (misura mm 80x270) e non è fornito in modo rigido di *telecamera di servizio*, ma la suddetta è a corredo e la si può collegare all'occorrenza (figura 8).

I prossimi sviluppi saranno rivolti al fine di evitare l'uso dell'interfaccia audio **Emib**, attualmente l'unica in grado di interpretare i segnali digitali multiplexati sul cavo *ethernet cat. 5* o superiore, che partono dalla sonda microfonica (qualunque essa sia: sferica, planare o cilindrica).



Fig. 7 – Array Cilindrico 2015

Fig. 8 – Telecamera di servizio



Si studierà un protocollo IP che permetta ai 32 segnali di essere acquisiti o direttamente o tramite un piccolo apparato di nostra costruzione sul *MacBook Pro 15"*, attualmente utilizzato come macchina di analisi del Sistema 3D VMS (e su cui viene eseguito il software per la gestione real-time del sistema), e/o semplicemente come registratore audio. Inoltre, con il protocollo che si pensa di utilizzare in futuro, sarà possibile la registrazione diretta dei 7 microfoni virtuali con un qualsiasi registratore o l'accesso diretto ai nuovi modelli di mixer digitali.

Altro obiettivo è di diminuire ulteriormente le dimensioni fisiche sia dell'**Array Planare** che dell'**Array Cilindrico**, diminuendo le dimensioni delle schede che si occupano dell'alimentazione delle capsule, dei convertitori analogico/digitali e dell'incapsulamento su rete LAN dei segnali e sostituire le capsule Sennheiser da 1/2" (Sennheiser KE 14-234) con capsule da 3 mm (es, DPA 4060).

2.2 NUOVI MODULI SOFTWARE PER IL VMS

Sono attualmente in corso di sperimentazione ulteriori moduli software, uno finalizzato all'inseguimento automatico di attori o cantanti che si muovono sulla scena, il **tracking** (figura 9), il secondo ad ottimizzare la visualizzazione della **copertura** dell'intero orizzonte sonoro con un numero di microfoni finalizzati alla riproduzione sonora **surround**, il **focus** (figura 10).

3. CONTATTI E UTILIZZO ATTUALI E FUTURI

Nell'ambito di questo progetto sono attivi contatti e collaborazioni con le aziende **Sennheiser**, **Dolby** e **Huawei**. Le prime due stanno sperimentando il software **3D VMS** a corredo di array di tipo sferico, mentre alla terza sono stati venduti tre modelli cilindrici dotati di software **3D VMS**.

Da un anno si è proceduto alla sostituzione di una trentina di microfoni con due **Array Sferici** all'Auditorium Rai di Torino (figura 11) e c'è un **Array Sferico** che si affaccia dal proscenio al **Teatro Regio di Torino** per riprendere i cantanti in scena.

Inoltre è attiva una collaborazione per l'utilizzo e la diffusione del sistema **3D VMS** con **Radio Vaticana**, con il **Teatro Carlo Felice di Genova** ed è stata effettuata la ripresa del Requiem di Mozart al **Teatro San Carlo di Napoli**, con soddisfazione dei responsabili del teatro.

L'obiettivo è quello di presentare il sistema **3D VMS** ancora al **San Carlo di Napoli** e al **Petruzzelli di Bari**, alla **Fenice di Venezia** e al **Massimo di Palermo**. E' stato utilizzato ultimamente per una ripresa di un'opera teatrale al **Teatro Carignano di Torino (Array Planare)** e, in seguito ad un accordo con **France Televisions**, è stato utilizzato al **Roland Garros** a Parigi dal 27 maggio al 7 giugno 2015 anche su immagini video in UHD (**Array Cilindrico Small**).

A livello internazionale il sistema **3D VMS** è stato presentato la prima volta a ottobre 2010 alla **40th AES Convention** a Tokyo, suscitando estremo interesse soprattutto da parte dei tecnici della **NHK**, e successivamente a gennaio 2012 a Ginevra ad una riunione dell'EBU e a luglio 2013 a Barcellona ad un Meeting di presentazione di prodotti innovativi presso la **DOLBY Europe**; nel 2014 a Tunisi e a Napoli sempre a riunioni dell'EBU, alla **55th AES Convention** ad Helsinki ed infine all'IBC-2014 ad Amsterdam.

Fig. 9 – Modulo Tracking

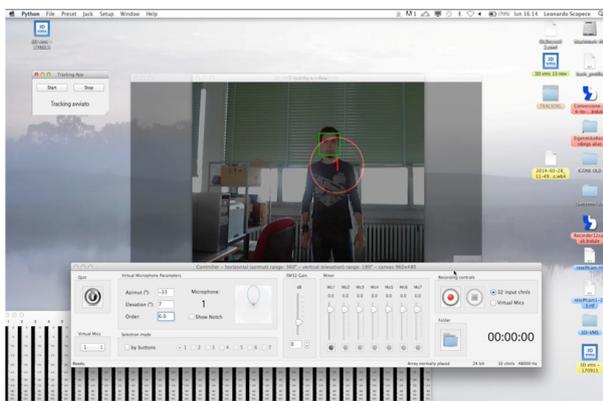
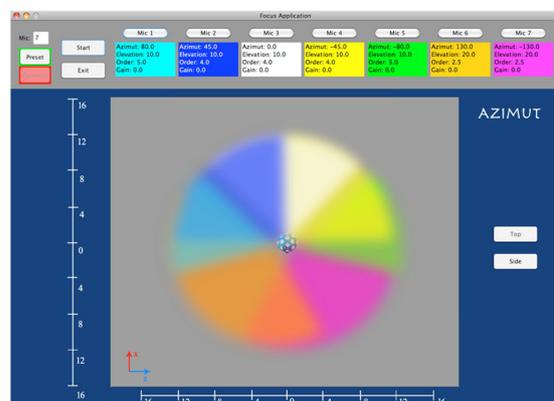


Fig. 10 – Modulo Focus



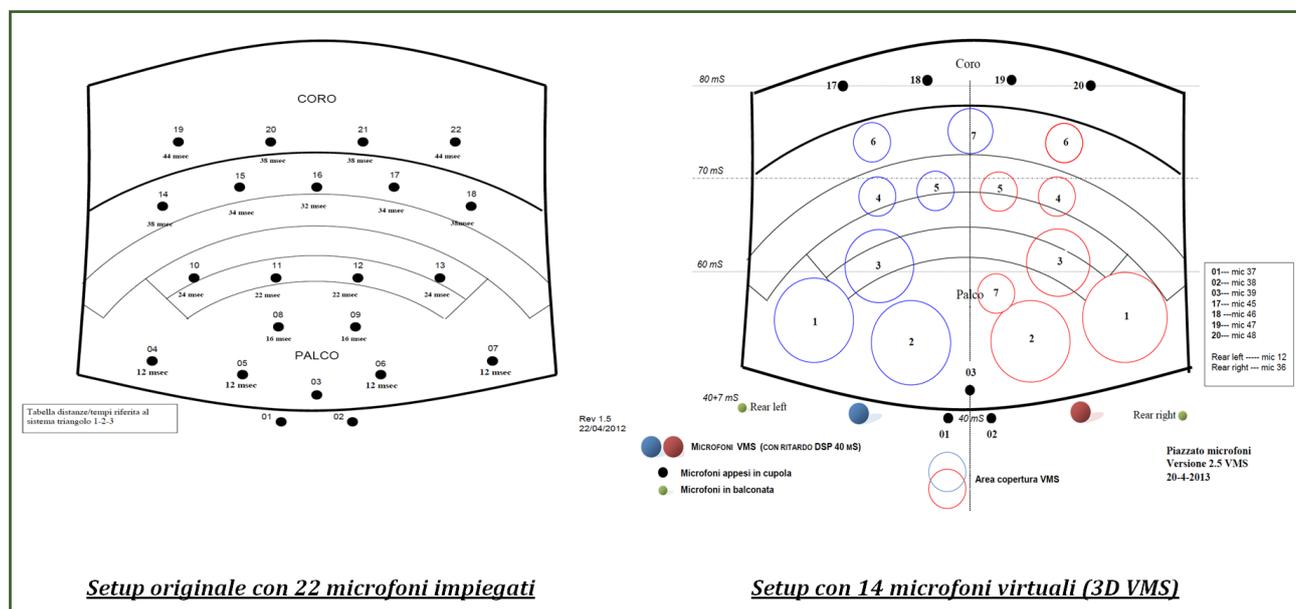


Fig. 11 – Auditorium Rai "A. Toscanini" - Torino

4. STUDIO PER LA DIFFUSIONE SONORA CON IL SISTEMA VMS

E' in corso un progetto legato alla riproduzione sonora 3D, superando i limiti degli attuali sistemi surround "orizzontali", grazie all'utilizzo di un sistema di altoparlanti capace di riprodurre anche la dimensione verticale. Per questa sperimentazione si utilizzano tre diverse metodiche per elaborare le registrazioni provenienti dalle sonde microfoniche 3D VMS: il sistema Dolby Atmos, gentilmente messo a disposizione dalla Dolby ed installato presso lo Studio 6 della Rai Centro di Produzione di via Verdi, Torino, il metodo High Order Ambisonics, ampiamente utilizzato da vari centri di ricerca mondiali sull'audio 3D, ed infine l'innovativo metodo SPS (Spatial PCM Sampling) sviluppato presso l'Università di Parma a partire dal 2011 e presentato alla 52th AES Convention a Guildford (UK) nel settembre 2013.

5. CONCLUSIONI

Il Sistema ha indubbiamente caratteristiche atte soprattutto alla ripresa di musica classica, sinfonica, opere teatrali, liriche, eventi live, eventi sportivi, situazioni comunque non amplificate con diffusione nell'ambiente di ripresa.

Col Sistema si riesce a semplificare il processo di ripresa e registrazione degli eventi, visto che si è in grado di effettuarli "snellendo" molto il parco microfonico e relativi collegamenti prima utilizzati, sostituendoli spesso con una sola delle sonde VMS, o due al massimo.

E' in grado di registrare l'intero ambiente sonoro indipendentemente dal posizionamento delle sonde microfoniche, permettendo così di ottenere in post produzione una mappatura microfonica differente da quella utilizzata in ripresa; ovvero, se durante l'utilizzo "live" è possibile usare fino a 7 microfoni virtuali, in post produzione se ne possono creare fino a 32, e con puntamenti e direttività diversi, continuamente modificabili per "seguire" l'evolvere degli eventi registrati tramite la telecamera di servizio.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Farina, A. Capra, L. Chiesi, L. Scopece, [*A Spherical Microphone Array For Synthesizing Virtual Directive Microphones In Live Broadcasting And In Post Production*](#), "40th AES Conference: Spatial Audio: Sense the Sound of Space, Tokyo, Japan, 8-10 October 2010"
- [2] L. Scopece, A. Farina, A. Capra, [*3D - Virtual Microphone System Sonda Microfonica ad Elevata Direttività*](#), in "Elettronica e Telecomunicazioni", Anno LX, Numero 1, Aprile 2011, pp. 14-26
- [3] L. Scopece, A. Farina, A. Capra, [*360 Degrees Video And Audio Recording And Broadcasting Employing A Parabolic Mirror Camera And A Spherical 32-Capsules Microphone Array*](#), "IBC 2011, Amsterdam, 8-11 Settembre 2011"
- [4] A. Farina, M. Binelli, A. Capra, E. Armelloni, S. Campanini, A. Amendola, [*Recording, Simulation and Reproduction of Spatial Soundfields by Spatial PCM Sampling \(SPS\)*](#), "International Seminar on Virtual Acoustics, Valencia (Spain), 24-25 November 2011"
- [5] A. Farina, A. Amendola, L. Chiesi, A. Capra, S. Campanini, [*Spatial Pcm Sampling: A New Method For Sound Recording And Playback*](#), "AES 52nd International Conference, Guildford, UK, 2013 September 2-4"
- [6] A. Farina, S. Campanini, L. Chiesi, A. Amendola, L. Ebri, [*Spatial Sound Recording With Dense Microphone Arrays*](#), "AES 55th International Conference: Spatial Audio, Helsinki, Finland, 2014 August 27-29"
- [7] L. Scopece, [*Riprese olofoniche e ambisoniche - Il sistema 3D-VMS*](#), "LeMiniSerie di Elettronica e Telecomunicazioni", Volume 5
- [8] L. Scopece, [*Sonda microfonica sferica per Surround Sound*](#), in "Elettronica e Telecomunicazioni", Anno LIX, Numero 1, Aprile 2010, pp. 5-11
- [9] L. Scopece, [*3D-VMS \(Virtual Microphone System\) all'Opera*](#), in "Elettronica e Telecomunicazioni", Anno LX, Numero 2, Agosto 2011, pp. 23-30
- [10] [*Premio 'Giovanni Giovannini. Nostalgia di futuro' un riconoscimento per l'innovazione alla Rai e all'Università di Parma*](#), in "Elettronica e Telecomunicazioni", Anno LX, Numero 3, Dicembre 2011, pp. 6
- [11] L. Scopece, [*Evoluzione del VMS-Virtual Microphone System*](#), in "Elettronica e Telecomunicazioni", Anno LXII, Numero 1, Aprile 2013, pp. 16-20

