

# Requisiti degli altoparlanti nel Cinema a oggetti sonori

di Paul Peace

pubblicato da SMPTE Motion Imaging Journal, luglio 2017

## Abstract

*I formati cinematografici a oggetti sonori presentano una sfida nella progettazione acustica degli altoparlanti usati nei cinema, e ciò richiede uno studio approfondito. Questo articolo presenta una profonda analisi delle specifiche acustiche richieste nei cinema che utilizzano questi formati. L'articolo, ulteriormente, propone una misura per il posizionamento e la selezione degli altoparlanti che devono essere utilizzati per la progettazione del cinema. Ciò diviene particolarmente utile per le specifiche degli altoparlanti surround sapendo che il cinema a oggetti sonori utilizza macchine specifiche per l'esecuzione dell'evento cinematografico. La misura fornisce un mezzo per migliorare sia la prestazione che la riduzione dei costi di sistema rispetto ai metodi correnti.*

## Parole chiave

*Suono immersivo, cinema immersivo, altoparlanti, oggetti sonori.*

## Introduzione

I formati cinematografici a oggetti sonori sono in crescente tendenza con le numerose implementazioni commerciali che stanno emergendo negli ultimi anni. I formati immersivi, così sono chiamati, offrono ai creatori di film opportunità per mezzo del contenuto audio che non erano mai state possibili. Questi formati utilizzano mixes basati sugli oggetti sonori, metadata non legati ad alcun particolare altoparlante a disposizione. In teoria, questo elimina i requisiti per un numero impostato degli altoparlanti o delle posizioni predisposte di essi nel cinema.

I nuovi formati sonori consentono all'informazione audio di provenire ovunque nello spazio virtuale del pubblico, di fronte, di lato, sopra, dietro, e questo può essere fatto anche con una direzione singolare, generale o per l'intero ambiente. Tutto questo richiede che vengano disposti nuovi altoparlanti nei cinema oltre alla disposizione standard 5.1, così che ogni altoparlante ha la possibilità di servire come un dispositivo unico (stand-alone). Come tale, ogni altoparlante deve presentare l'informazione audio all'intera sala cinematografica, con i corretti livelli e con la corretta integrità di segnale. Questa è una nuova esigenza della *B-chain* nelle sale cinematografiche (il suono cinematografico è diviso in due catene organizzative per la proiezione del film: *A-chain* è la catena lavorativa nella sala del proiettore e *B-chain* che è la catena lavorativa nella sala cinema). La macchina di esecuzione usata per traslare i metadata all'interno dell'effettivo altoparlante utilizza le informazioni relative alla geometria del cinema e alla disposizione dell'altoparlante per far nascere qualsiasi contenuto di segnale audio. Questo calcolo, tuttavia, deve presupporre l'altoparlante in grado di fornire il proprio segnale uniformemente a tutte le zone del pubblico.

L'esecuzione pratica del cinema immersivo fino a questo punto è stata una sfida e uno sforzo di tentare e sbagliare. La maggior parte dei cinema ad oggi, che erano sale in 5.1, sono stati convertiti con i nuovi formati, ciò ha portato pressioni sulla decisione ad utilizzare l'equipaggiamento già esistente. L'impiego degli altoparlanti e delle posizioni ottimizzate per il 5.1 sono molto differenti da quelle ottimizzate per l'impiego degli oggetti sonori. L'industria sta ancora provando con fatica a prendere questa nuova sfida.

La misura presentata insieme all'analisi sono primariamente basate su un paio di criteri di prestazioni strettamente correlati fra loro: 1) risposta in frequenza e uniformità del livello, 2) calcolo del tempo e uniformità della direzione. La prima coppia di criteri è direttamente relazionata al rendimento dell'altoparlante e la seconda coppia, invece, è legata al posizionamento degli

altoparlanti nel cinema. Entrambi sono equamente importanti. Sarà mostrato che la pratica corrente non rappresenta l'ottimizzazione per ogni categoria. Se questi elementi saranno ottimizzati, gli oggetti sonori nel cinema saranno maggiormente valorizzati.

Questo articolo non intende essere un manuale basilare sulle prestazioni dell'altoparlante. C'è molta più informazione a riguardo da trovare altrove. L'articolo provvede a fornire un'informazione specifica sui criteri del cinema a oggetti sonori. Gli altoparlanti del cinema dovrebbero avere risposta in frequenza, risposta in potenza, risposta al transiente, comportamento di distorsione, etc., in specifiche professionali altamente performanti. L'argomento di questo articolo è focalizzato sulle complessità delle geometrie degli oggetti sonori cinematografici che li rendono unici per lo standard cinema e per altri spettacoli.

### **Storia e prospettiva**

Dovrebbe essere noto che il cinema a oggetti sonori, in generale, non presenta un nuovo requisito per i diffusori primari dietro lo schermo left-center-right (LCR) e per la gamma audio per le basse frequenze (LFE). La misura proposta, come ci si aspetterebbe, ha rilevanza nelle specifiche e nel posizionamento di tutti gli altri altoparlanti, con il nome come ad esempio di *surrounds*, *heights*, *fills*, *gaps* e *tops*. I formati *Immersivi*, benché, hanno differenti posizionamenti indicati, enfasi e nomi per essi, le specifiche generali sono tutte molto simili e tutte rientrano nei requisiti metrici descritti più avanti. Per semplicità in questo articolo, il termine *surround* rappresenta tutti questi differenti altoparlanti, nonostante il loro posizionamento nella sala.

Il surround iniziò ad essere distribuito come disposizione monoaurale di semplici altoparlanti. I requisiti per gli oggetti sonori cinematografici sono differenti. Interessante è leggere l'articolo di Ioan Allen del 1991 "*Matching the Sound to the Picture*" e la dettagliata definizione di surround in quegli anni: "*E la cosa che è più importante riguardo al canale surround è che dovrebbe essere surround (avvolgere lo spettatore). Un segnale che non dovrebbe avere una specifica direzione di sorgente, e la copertura del cinema dovrebbe essere uniforme.*" I nuovi formati a oggetti sonori sono un cambiamento nella filosofia e ciò ha portato anche un cambiamento nei requisiti acustici non banali. Ogni diffusore surround non è più un singolo elemento di una disposizione più lunga. I surround ora sono dispositivi unici *stand-alone* che devono essere presenti singolarmente in perfetta armonia con gli altri accanto. Tutti gli altoparlanti surround sviluppati fino all'avvento del suono immersivo erano basati su vecchi criteri. I nuovi formati presentano una fondamentale prestazione di requisito per gli altoparlanti surround, e ciò può soltanto essere descritto come una sfida acustica molto impegnativa per noi.

Importante è sapere che le sale cinematografiche moderne utilizzano posti a sedere con la tendenza generale verso l'alto o a seduta reclinabile. Entrambi di queste disposizioni mettono ulteriori ostacoli al posizionamento dell'altoparlante e alla direttività:

- Il sedile a lettino utilizza meno posti a sedere nel cinema e si sta dimostrando molto popolare. Questi cinema, tuttavia, hanno una percentuale di partecipazione di clienti significativamente più elevata sulle prime tre linee di fila vicine allo schermo. La capacità dei lettini a reclinarsi e la loro superficie più spaziosa migliora notevolmente il comfort e l'esperienza visiva in quelle file rispetto alle disposizioni di sedili tradizionali. La copertura dell'altoparlante, tuttavia, è tradizionalmente più povera in quei posti a sedere nella maggior parte dei cinema.

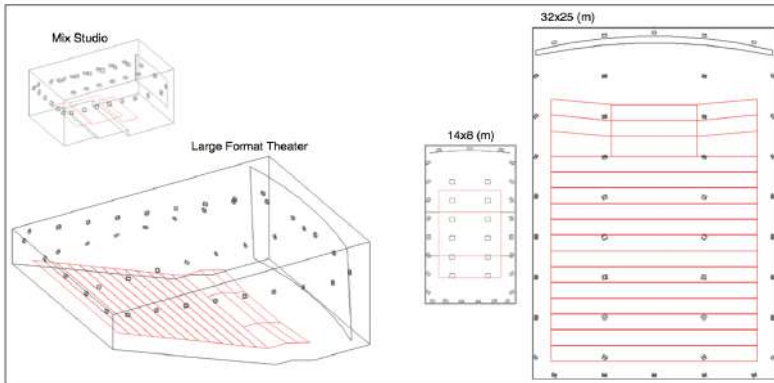
- I formati a oggetti sonori richiedono molto spesso che la disposizione dei surround laterali siano ad un livello più basso e dev'essere all'interno della linea d'ombra acustica dei poggiatesta dei sedili. Le misure devono correggere questo fenomeno.

L'analisi di questo articolo non è basata su un singolo formato, ma valuta tutte le richieste acustiche dei surround di tutti i formati a oggetti sonori.

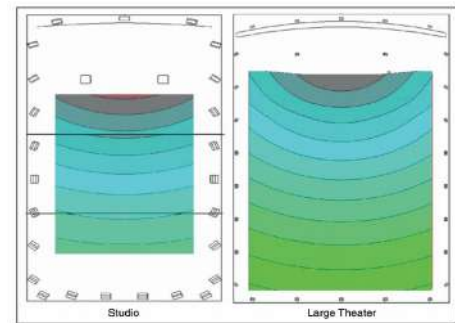
## L'ambiente studio

L'obiettivo di un sistema audio cinematografico è ricreare precisamente cosa è stato prima creato nello studio.

I modelli acustici mostrati in **Fig. 1** rappresentano le attuali sale e sono state scelte attentamente per rappresentare la media di questi due tipi di stanze (Sala Mix Studio e Sala Cinema).

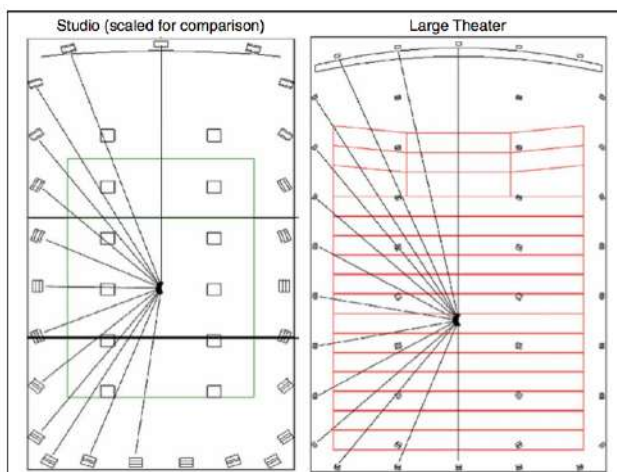


**Fig. 1** Modelli in scala di attuali mix studio e grandi sale cinematografiche.

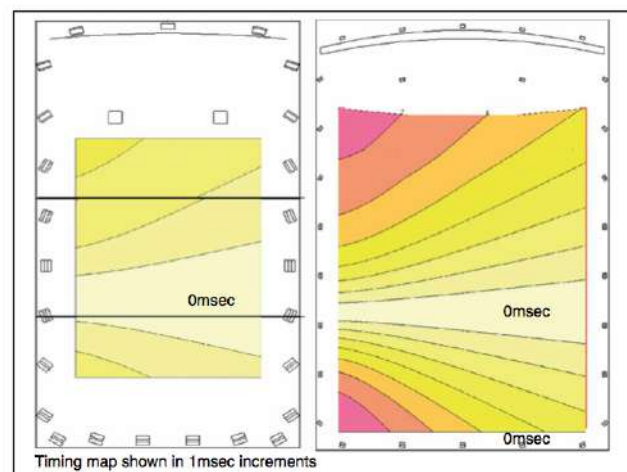


**Fig. 2** La mappa SPL mostra l'attenuazione inversa al quadrato.

La comparazione dei due ambienti è importante, perché la geometria e il requisito dell'altoparlante associato per i due spazi sono parecchio differenti. Il diagramma in **Fig. 1** mostra le basi della grandezza metrica rappresentate dalla coppia delle sale.



**Fig. 3** Mappe Direzionali di ogni altoparlante al referente.



**Fig. 4** Mappa di calcolo del tempo per ogni evento per entrambi i lati surround.

La pressione del livello sonoro (SPL) rappresentata su carta nella **Fig. 2** mostra le due sale dalla posizione centrale dello schermo. La direzione della linea laterale di sinistra di entrambi sono mostrati nella **Fig. 3**. Il divario di calcolo del tempo di entrambi i due lati laterali surround è mostrato nella **Fig. 4**.

Il cinema è di gran lunga il luogo più complesso e difficile nel quale realizzare una rappresentazione acustica uniforme, come dovrebbe essere evidente dai grafici mostrati.

La risposta in frequenza rappresentata su mappa inversa al quadrato è specifica per un determinato punto nello spazio in relazione all'altoparlante (tipicamente su asse). Se noi mettiamo una risposta in frequenza e un livello richiesto per molti punti nello spazio (un'area di pubblico), deve essere poi considerata la direttività. Per capire quali punti nello spazio sono di interesse e come essi si rapportano ad ogni altro in termini di livello, noi usiamo la mappa SPL della sala come guida.

La prima importante valutazione della mappa SPL si riferisce ad una perdita di pressione all'inverso del quadrato (ISL). Per comprendere appieno il significato della rappresentazione a mappa del ISL, c'è prima da fare qualche osservazione in merito. Si può vedere la stessa mappa da due prospettive: (1) il livello di SPL in ogni posto se l'altoparlante era una sorgente

omnidirezionale, o, (2) la mappa mostra la naturale perdita di pressione sonora come l'energia irradia via dalla sorgente, perdita dovuta alla distanza. Entrambe le dichiarazioni sono vere e possono aiutarci a capire il significato della mappa.

Nota: Tutte le mappe che mostrano il SPL in questo articolo hanno un incremento di 1 dB. L'attuali valori dB etichettati sui grafici non sono di riferimento per ogni livello calibrato. Essi sono di solito relativi a qualsiasi altro e ad ogni altro livello, incluso il livello di calibrazione.

Un altoparlante ideale produrrà un campo sonoro uniforme per l'intero pubblico. Questo è ottenuto soltanto se ogni posto riceve lo stesso livello di energia acustica relativa al successivo posto. La mappa ISL, tuttavia, indica una funzione di direttività per la radiazione acustica dell'altoparlante. Semplicemente colloca la direzione, e l'altoparlante deve presentare una energia più intensiva nelle aree più lontane e un'energia meno intensiva nelle aree più vicine ad esso. Questo fenomeno è vero per ogni altoparlante in ogni spazio o applicazione. L'articolo presterà attenzione alla sfida unica riguardo agli oggetti sonori cinematografici.

Il cinema è un'esperienza di sorgenti audio multiple che fa affidamento ad ogni altoparlante che presenta il segnale uniformemente a tutti i posti a sedere ed equilibrato con tutti gli altri altoparlanti. Il requisito di bilanciamento per tutti gli altoparlanti con gli altri e per tutti i posti, espone una sfida difficile maggiore per la funzione di direttività degli altoparlanti che comunemente vediamo in altri generi di eventi. Il cinema a oggetti sonori è l'estremo esempio di questo. La sala cinematografica rappresenta un'ulteriore sfida in quanto è destinata ad essere non partecipativa nel senso più rigoroso del termine; non c'è infatti supporto di un campo riverberante ad aiutare maggiormente l'uniformità del livello.

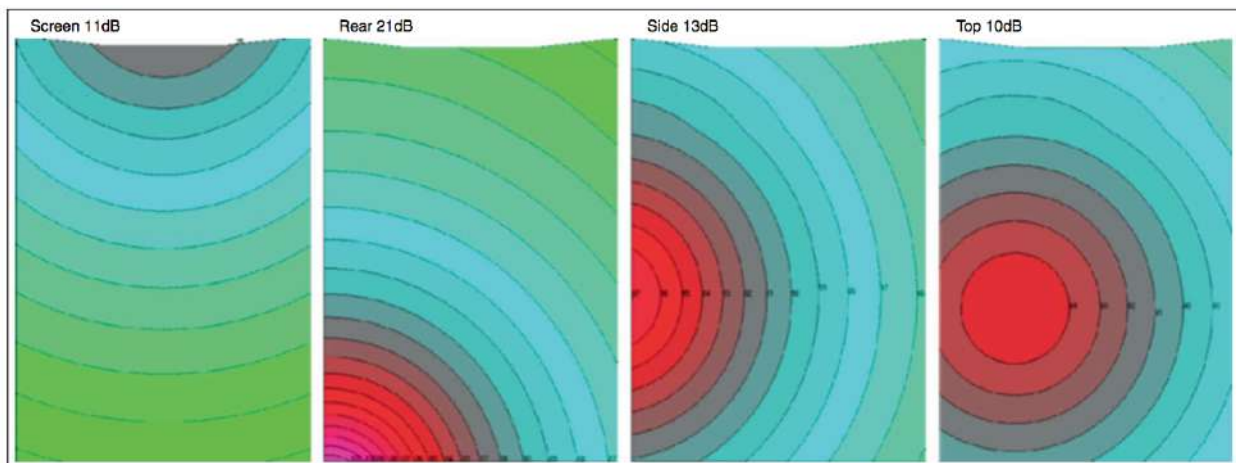


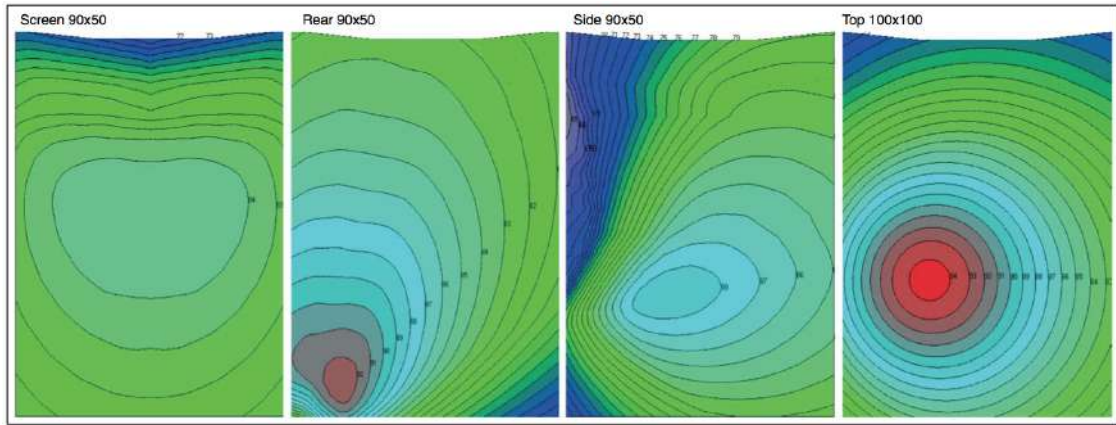
Fig. 5 Mappa ISL per le posizioni generali nel cinema.

Come può essere dedotto dalla Fig. 5, la mappatura ISL mostra che l'oggetto sonoro ha specifiche "ombre" che sono diverse a seconda delle varie posizioni nella sala e con un specifico controllo di uscita a 21 dB per ogni ampio angolo!

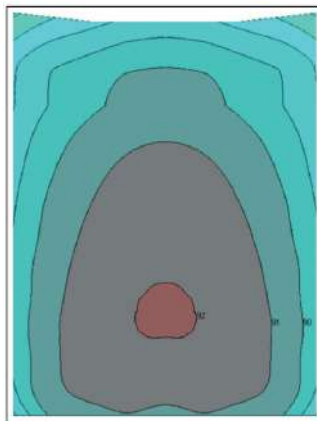
Nota: È uso comune nell'industria audio fare riferimento alla direttività dell'altoparlante in termini di 6 dB che calano verso in giù. Questo è un modello di riferimento dovuto alla tromba dell'altoparlante o alla  $\frac{1}{2}$  potenza dell'angolo solido del trasduttore, ovvero l'apertura angolare della tromba (ad esempio  $90^\circ$ ).

Dal punto di vista di un sistema audio, c'è anche una considerazione sulla costruzione di trombe a secondo del luogo di esibizione, dove ogni tromba si adatta per incrociare le linee contorno di 6 dB. Questa nomenclatura è rimasta fissa nel tempo e ha creato l'idea sbagliata che c'è qualcosa di speciale sul comportamento delle trombe degli altoparlanti riguardo alle linee contorno di 6 dB.

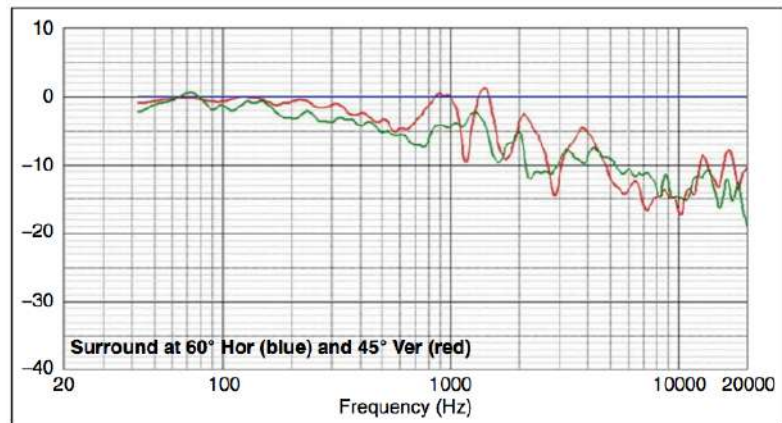
Ulteriore punto, Fig. 6 mostra la copertura delle stesse posizioni usando gli altoparlanti con le tipiche direttività che sono usate nei cinema al momento. Ciò mostra la grande sfida per gli altoparlanti con gli oggetti sonori. Facile è vedere le posizioni dello schermo che hanno le più semplici direttività richieste. Le tecniche tradizionali non lavorano bene nelle posizioni surround come potrebbe sembrare da sopra. Dovrebbe essere chiaro a questo punto che la copertura nella maggior parte di eventi cinematografici nel mondo richiederebbero una variazione massima di SPL attorno  $\pm 3$  dB. Per tutte le posizioni surround, questo sarebbe meno del 10% del pubblico in sala.



**Fig. 6** Mappa SPL per le posizioni generali nel cinema usando le tipiche direzioni.



**Fig. 7** Tipica mappa copertura del 5.1.



**Fig. 8** Curve di risposta in frequenza per l'area attorno gli 8 dB.

Il 5.1 e i formati surround precedenti non hanno avuto questi problemi. **Fig. 7** è la stessa rappresentazione su mappa di una disposizione tradizionale 5.1 ed è facilmente all'interno della zona generale di tolleranza di copertura. Ci sono nuovi prodotti e tecniche che migliorano questo ulteriormente. Dovrebbe essere ormai chiaro, che i formati Immersivi presentano per noi una nuova sfida impegnativa.

Deve essere eseguito un'eccellente bilanciamento per gli effetti Immersivi. Il bilanciamento è definito per quei posti con un segnale dall'altoparlante, all'interno di una certa finestra valore di +/- dB. Il punto calibratura nel cinema è solamente il punto garantito da raggiungere per il bilanciamento. La copertura di uniformità di ogni altoparlante determina il bilanciamento per tutti gli altri posti.

La mappa SPL interpreta direttamente la risposta in frequenza. Per esempio, **Fig. 8** mostra una tipica risposta fuori asse normalizzata su una risposta in asse. La curva verde e quella rossa sono due possibili variazioni misurate su una linea attorno ai -8 dB sulla mappa SPL. La linea rossa è la risposta di un tipico surround fuori asse verticalmente mentre la curva verde è fuori asse orizzontalmente. La tecnica di risposta normalizzata può anche estendersi alle mappe.

**Fig. 9** mostra la mappa di differenza di una copertura surround normalizzata al centro della copertura dell'altoparlante. Mentre la tipica mappa SPL mostra l'assoluta copertura, la mappa di differenza mostra la copertura bilanciata tra due altoparlanti. Se qui c'è un perfetto bilanciamento, l'intera mappa dovrebbe essere di un unico colore, in questa scala: blu/verde. Una mappa di uso comune al cinema è la mappa per ogni surround normalizzata agli altoparlanti dello schermo. Un'altra importante mappa di bilanciamento è per vedere la differenza fra la coppia di sinistra e destra, Left/Right.

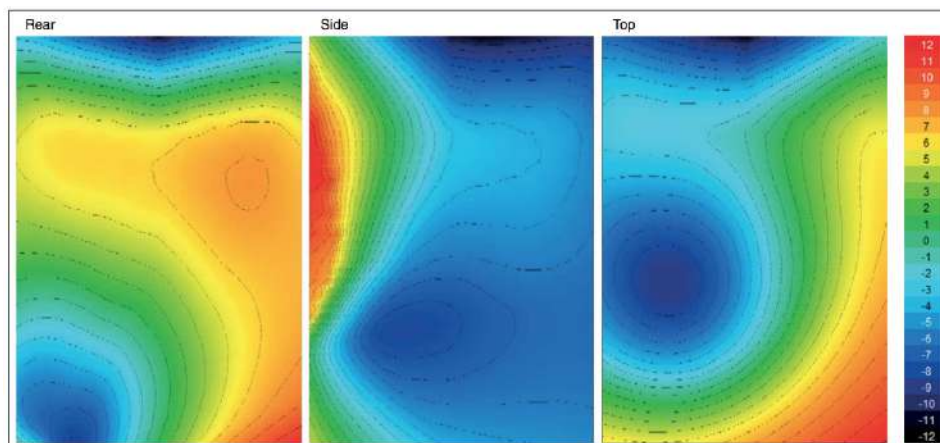


Fig. 9 Modello di copertura surround normalizzata verso la copertura dell'altoparlante centrale allo schermo.

Queste mappe mostrano che gli oggetti sonori nei cinema devono avere una variazione fra +/- 12 dB in copertura del bilanciamento complessivo senza un'area comune centralizzata. Il punto di calibrazione è virtualmente l'unico posto dove ci sarà un buon bilanciamento. Queste mappe rappresentano le comuni sale e i tipici altoparlanti. Questo è lo stato odierno dei cinema *Immersivi*.

### Una soluzione?

La soluzione per una copertura bilanciata migliore è direttamente relazionata alle direzionalità dell'altoparlante piuttosto che rispondere alle esigenze della sala. Qual'è un modello di direzionalità adeguatamente progettato? Uno strumento di modellazione matematica è stato sviluppato per esplorare e capire questa questione. Fig. 10 mostra un tipico altoparlante centrale dello schermo con due direzionalità "ideali": un ideale 90° x 50° un ideale matematico che è legato all'area del pubblico in sala. La direzionalità ideale 90° x 50° è puramente basata sul valore contorno di 6 dB. L'ideale matematico è basato sulla geometria della sala. Ogni colore cambia negli intrecci e rappresenta un cambiamento nel livello di 3 dB.

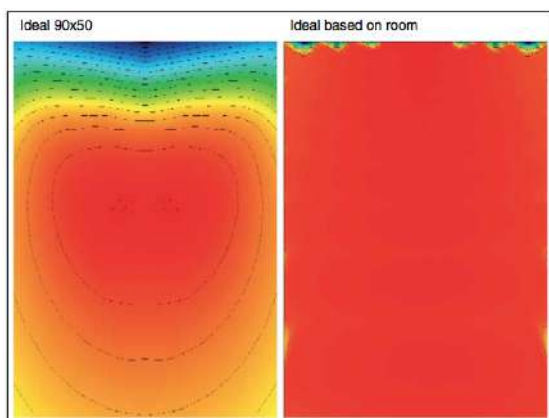


Fig. 10 Tipica copertura centrale a confronto con ideale copertura centrale.

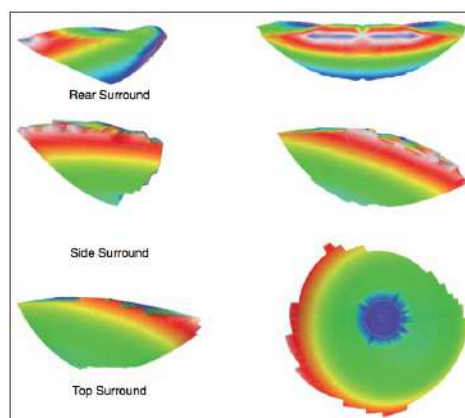


Fig. 12 Direttività a palloncino dei surround derivati matematicamente.

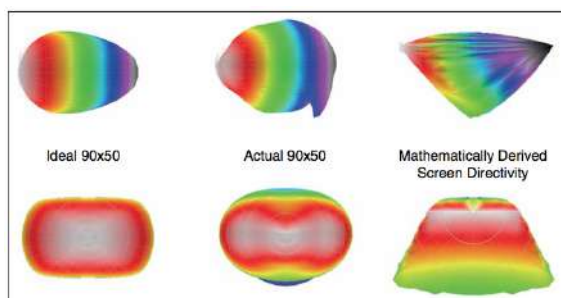


Fig. 11 Direttività a palloncino per gli attuali e virtuali altoparlanti.

**Fig. 11** mostra una comparazione tra le direttività a palloncino: (1) un palloncino di direttività a modello matematico 90 x 50 (sinistra), (2) una reale e attuale direttività d'altoparlante (al centro), e (3) un palloncino ideale per l'altoparlante centrale derivato matematicamente che corrisponde alla mappa SPL mostrata nella **Fig. 10**. Le trame colore sembrano molto differenti perché due sono derivate da un punto di vista di un altoparlante e il terzo è derivato dal punto di vista della sala. La trama colore derivata dalla sala è un esatto complemento della differenza ISL attraverso il pubblico.

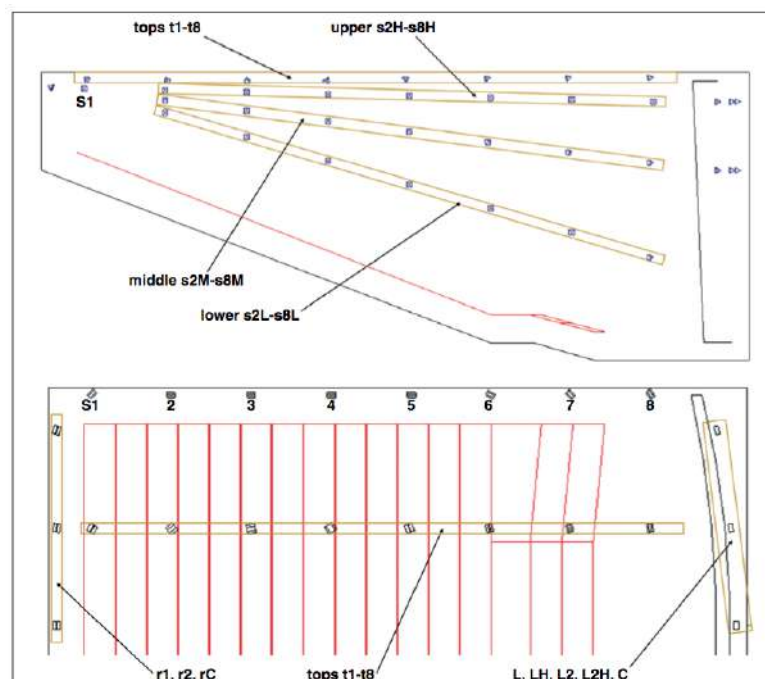
Per riferimento, ogni colore mostrato sui palloncini rappresenta un transiente di 3 dB, quindi, questa forma ideale a palloncino è critica sopra i 10 dB.

Noi ora valuteremo i palloncini derivati dalla sala – **Fig. 12** – per le posizioni di tre generici surround precedentemente approfonditi. Noi conosciamo dalle mappe ISL che le direttività richieste sono molto differenti. Allo stesso modo, i loro palloncini sono molto diversi, per non parlare di una sfida da creare acusticamente. Ciò conferma la deduzione precedente, che sono necessari almeno quattro modelli di direttività nel cinema a oggetti sonori. La direttività ideale del Rear surround (posteriore) è l'unico ad essere molto incentrato di energia, la quale deve essere mirata verso in giù per avvicinarsi ai posti davanti allo schermo nella sala.

L'energia sfiora i posti e deve esporre il controllo oltre il suo profilo 18 dB. L'angolatura ideale è di 180° e deve assumere l'inclinazione della schiera dei posti in sala. Se necessario è possibile anche asimmetrica per la giusta distribuzione d'energia nel piano verticale. L'ideale posizione sopra sul soffitto ha un'unica caratteristica a ciambella per eliminare direttamente l'unico punto caldo che è disegnato molto scolpito a 360°.

### Tutte le posizioni

**Fig. 13** mostra un tipico impianto surround per tutti i formati *Immersivi* cinematografici a oggetti sonori. I principali altoparlanti dello schermo LCR sono comuni per tutti i formati. La geometria del cinema impone che i surround posteriori (rears) e quelli del soffitto (tops) siano praticamente uguali per tutti i formati. L'aggiunta di altoparlanti di riempimento (fills) e di altezze (heights) dallo schermo è dipendente dal formato e sono sempre inclusi. I surround laterali provvedono diverse variazioni nel posizionamento. Questi vengono ultimamente traslati su tre “livelli” di surround e sono etichettati come upper, middle, e lower (sopra, mezzo e basso) nel nostro modello come mostrato sotto e sono dipendenti dal formato utilizzato.



**Fig. 13** Posizioni surround in un cinema *Immersivo*.

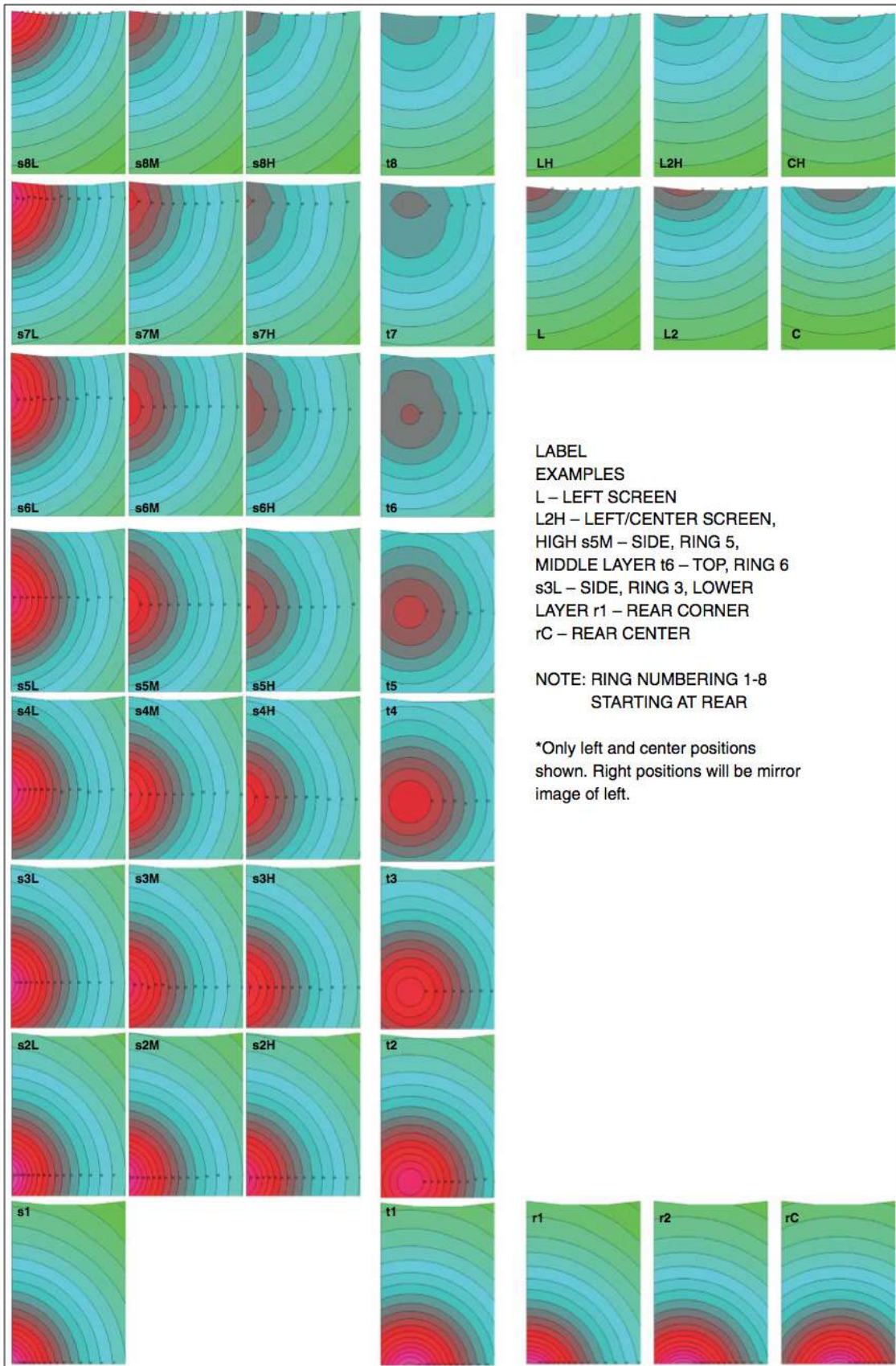


Fig. 14 Mappe ISL per tutte le posizioni nel cinema a oggetti sonori.

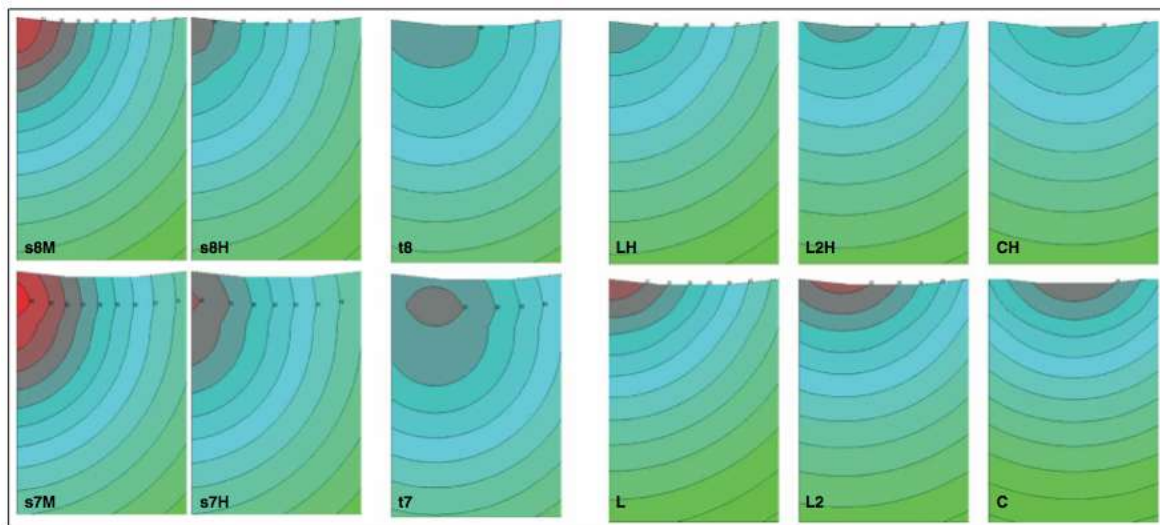


**Fig. 14** mostra le mappature per tutte le posizioni. Il modello sala cinema include otto anelli surround ed è un numero tipico per questa grandezza. Per scopi di analisi, queste mappe sono etichettate come mostrato alla destra della **Fig. 14**. Dovrebbe essere noto che il nono livello per gli oggetti sonori usa lo stesso posizionamento dei tipici cinema 5.1 / 7.1, il quale sarebbe leggermente più alto rispetto al livello inferiore. Questo diventa un problema quando un cinema *Immersivo* riproduce un contenuto 5.1 / 7.1. Come dovrebbe essere evidente, tutti i livelli condividono la posizione S1 (zona posteriore).

La posizione S1 diviene il più piccolo comune denominatore per la progettazione di tutti i formati a causa del soffitto e dell'architettura tipica delle sale cinematografiche.

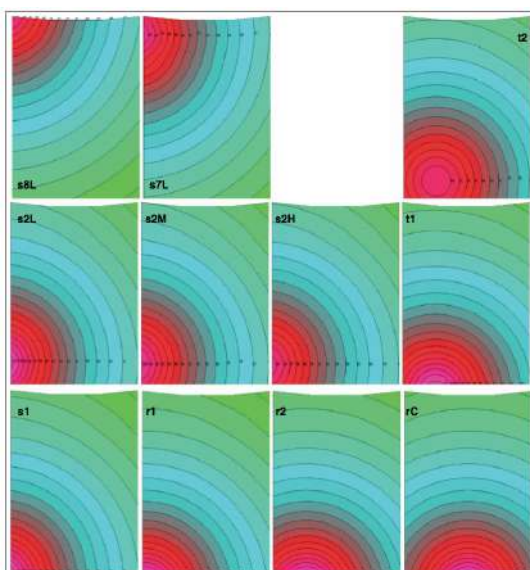
Questi formati che utilizzano i surround laterali presentano una sfida nell'architettura dei posti a sedere che sarà approfondita successivamente nell'articolo.

Le rappresentazioni in mappa rivelano che ci sono quattro tendenze di direttività che sono relative al fronte, al posteriore, al centro del laterale e di sopra della sala.

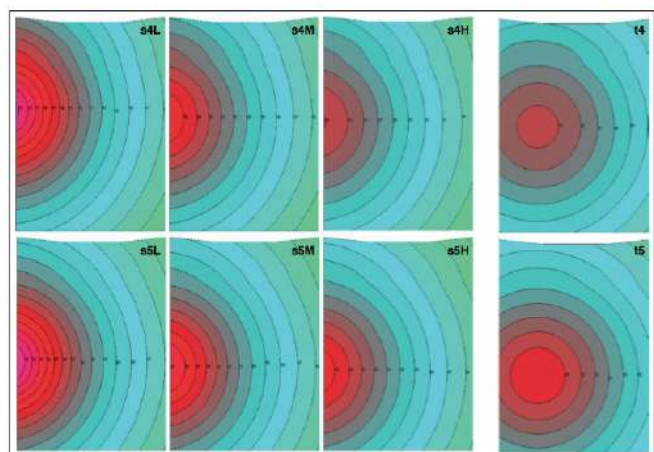


**Fig. 15** Mappe ISL per il gruppo frontale.

Il gruppo frontale è mostrato nella **Fig. 15** e include i surround di sopra (top) e i surround laterali (sides) di questa area. Tutti hanno requisiti angolari simili e differenze nell'ISL. Sarà immediatamente evidente che i gruppi di direttività si riferiscono al posizionamento nella stanza, ma non seguono la pratica convenzionale. I dati mostrano che tutti gli altoparlanti all'interno di 4 metri dallo schermo hanno la stessa direttività di base e la capacità di uscita indipendentemente dalla posizione.



**Fig. 16** Mappe ISL per il gruppo posteriore.



**Fig. 17** Mappe ISL per i due gruppi di mezzo.

La **Fig. 16** mostra la posizione nei surround posteriori della sala che hanno un'angolatura simile e differenze sulla mappa ISL. La cosa interessante è che ci sono sul muro posteriore, sul muro laterale e sul soffitto. Indipendentemente dall'orientamento del muro, questi altoparlanti devono arrivare ai posti a sedere e avere una forma di uscita attorno ai 18 dB. Il gruppo frontale **Fig. 15** vede un tasso di ISL molto meno drammatico e deve avere un'uscita attorno ai 10 dB.

Tutte le posizioni frontali e posteriori condividono la "gittata" di distanza e perciò hanno requisiti simili di uscita. I due gruppi che rimangono sono molto differenti fra loro. Il loro requisito di angolatura è molto più largo ma meno energia di direzione.

**Fig. 17** mostra la mappatura del gruppo di mezzo e include gli anelli da 3 – 6 dei laterali e di sopra (4 e 5 sono mostrati, 3 e 6 non ci sono ma virtualmente identici). Questi si differenziano dagli altri gruppi per il requisito di angolatura con larghezza a 180° e perché "vedono" i posti a sedere da una direzione ortogonale.

Quelli di sopra sono mostrati nella **Fig. 17**, ma hanno un'angolatura verticale richiesta maggiore e un tasso di ISL leggermente diverso; perciò, i top 3-6 compongono il quarto gruppo. Da notare che i top 1 e 2 si trovano nel gruppo posteriore, i top 7 e 8 compongono quello anteriore.

Con queste importanti informazioni, dovrebbero essere implementate quattro direttività delle sale cinematografiche a oggetti sonori. Questi possono essere quattro distinti altoparlanti con trama di copertura configurabile o con una configurazione per eseguire direzioni appropriate. Va notato che tutti i surround dovrebbero presentare caratteristiche sonore molto simili.

Nota: una eccezione ai gruppi generali sono i laterali (sides) di livello inferiore s7L e s8L. Il loro orientamento alle posizioni di seduta più vicine corrisponde verso sia a quelle posizioni posteriori che a quelle frontali.

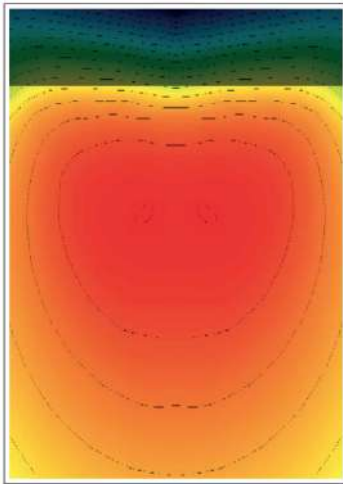
## Il livello

Molta considerazione è stata data ai requisiti di direttività poiché si riferiscono direttamente alla risposta in frequenza e al livello. Se la direttività è scarsa, così è la risposta in frequenza, il bilanciamento e il livello per una larga porzione di posti. Per stabilire un livello di progettazione, pertanto, è necessario stabilire prima quale posto riceverà un'adeguata risposta in frequenza e bilanciamento da tutte le posizioni degli altoparlanti. In pratica è stato visto che ci sono quattro regioni quando si considera il bilanciamento: molto buono [ $\pm 1$  dB], buono [ $\pm 2$  dB], accettabile [ $\pm 3$  dB] e povero tutti gli altri. Prima di stabilire il bilanciamento, tuttavia, è necessario esaminare l'altoparlante di copertura di riferimento (normalmente il centrale) per avere una copertura accettabile su tutti i posti. A questo proposito, nessun posto al di fuori del valore di 6 dB dall'altoparlante di riferimento nella mappatura SPL può essere considerato, è nella categoria povera. Ciò è dovuto alla calibrazione con il canale LFE, anche se tutti gli altri altoparlanti si bilanciano con esso. La **Fig. 18** mostra questa area per il nostro altoparlante centrale mostrato precedentemente.

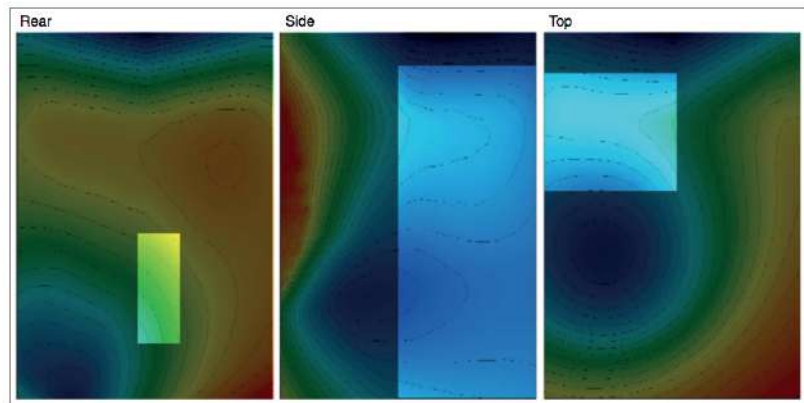
È stato dimostrato che le posizioni generiche introdotte precedentemente sono buone rappresentazioni dei quattro gruppi di direttività richiesti. Se noi valutiamo la pratica corrente e sviluppiamo zone di prestazioni immersive, si può dedurre una disposizione per tutti gli altoparlanti. La **Fig. 19** mostra le mappe SPL normalizzate, precedentemente mostrate, ma solo con le aree rivelate di bilancio ottimali. Similmente, la **Fig. 20** mostra gli stessi altoparlanti con l'area rivelata bilanciata da sinistra / destra. Tutte e sei le aree devono ora essere sovrapposte per rivelare l'attuale area bilanciata del sistema totale.

La **Fig. 21** mostra la regione di sovrapposizione una volta normalizzata al punto di calibrazione nella stanza. Questo rappresenta una buona zona ed è l'area entro i  $\pm 2$  dB per tutti i canali, cioè l'area di bilanciamento del sistema, meno del 10% del pubblico.

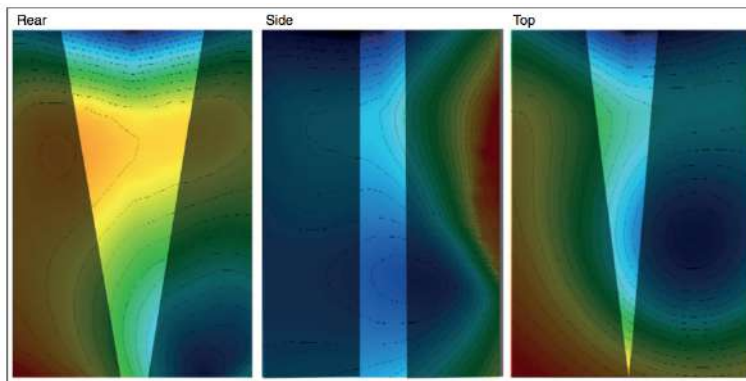
Dovrebbe essere evidente che la pratica corrente produce una piccola area di copertura bilanciata. Come gli altoparlanti sono migliorati e queste aree sono aumentate, il posizionamento surround sarà più difficile.



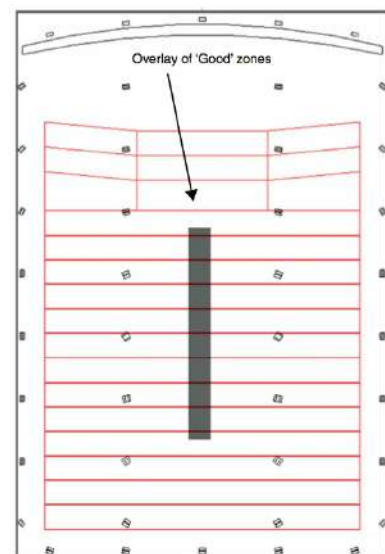
**Fig. 18** Mappa centrale SPL che mostra la regione più povera in grigio.



**Fig. 19** Copertura surround dove in grigio la regione più povera nel bilanciamento con l'altoparlanti dello schermo.



**Fig. 20** Copertura surround dove in grigio la regione più povera nel bilanciamento tra la coppia di sinistra e destra.



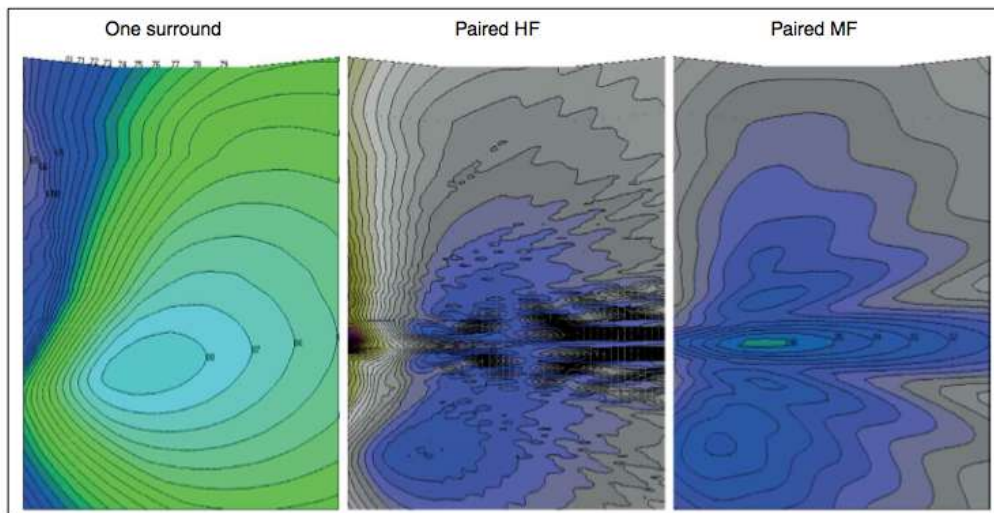
**Fig. 21** Sistema *Immersivo* con area bilanciata.

### Direzionalità e tempo di calcolo

Solo una volta che le zone di copertura sono stabilite, la direzionalità può essere valutata. La direzionalità può avere effetti anche in aree con scarso equilibrio, ma se la risposta in frequenza e livello sono al di fuori di intervalli accettabili, l'effetto immersivo viene perso o esagerato grossolanamente. Il posizionamento degli altoparlanti, pertanto, in termini di direzionalità dovrebbe essere fatto soltanto per quelle regioni all'interno di un'accettabile zona di bilanciamento. (Questa non è molto più grande dell'area mostra nella **Fig. 21** nei cinema attuali).

Il posizionamento dei surround nelle sale cinematografiche *Immersive* è iniziato utilizzando i posizionamenti del formato 5.1 che già preesistevano. Questa era una necessità e non una scelta per teorie fisiche o matematiche. Come i formati *Immersivi* si sono evoluti, è tendenza crescente che le coppie surround vengano utilizzate per cercare di migliorare la copertura. Questo, naturalmente, riduce la granularità direzionale, che è una delle caratteristiche del cinema a oggetti sonori.

Gli altoparlanti accoppiati soffrono, inoltre, di gravi filtri comb (filtri a pettine). La **Fig. 22** mostra il risultato di coppie surround che sono orientate nella stessa direzione di base, che la pratica comune per i side surrounds (laterali). I modelli di interferenza dipendono dalla frequenza e sono molto diversi tra loro. Un accoppiamento, inoltre, perde un punto di origine acustico distinto, diminuendo notevolmente la direzionalità. La combinazione a coppie di surround non è una soluzione.



**Fig. 22** Mappe di SPL di coppie di surrounds.

La matrice di direzionalità dovrebbe essere fondata sulla disposizione stabilita in studio utilizzando le regole di base dell'immagine stereofonica. Bisogna applicare questo solo considerando, quindi, l'area reale del cinema che riceve un'adeguata risposta di livello e di frequenza: in una sala cinematografica con una zona di bilanciamento accettabile del 50% del cinema che è 16 metri di larghezza, la direzionalità potrebbe circondare le pareti laterali a circa ogni 3 metri e per il 40% ogni 4 metri. Per il 20% che è comune nella pratica corrente, sono sufficienti 5 metri.

Le considerazioni di calcolo del tempo sono compromesse quasi in ogni modo in una sala cinematografica rispetto un'ambiente di studio. Questa è una misura, il timing, che non può essere ridimensionata o fissata. Il tempo, naturalmente, può essere impostato perfetto se si trova nel punto di calibrazione, ma se oltre la zona del punto di calibrazione si disintegra completamente. Il timing dovrebbe essere l'ultima misura da considerare e non dovrebbe mai assumere precedenza sulle altre. Se la disposizione ha soltanto il 25% di una buona misurazione bilanciata, il timing è virtualmente irrilevante se la misura di direzionalità è corretta. Solo quando la percentuale di equilibrio diventa abbastanza grande, il timing deve essere considerato oltre i posizionamenti richiesti della misura della direzionalità.

## Conclusioni

Il cinema basato su oggetti sonori è un mezzo con un grande potenziale. Questo potenziale sarà manifestato soltanto quando gli altoparlanti delle sale cinematografiche potranno “recuperare” i requisiti acustici presentati in questo articolo. Il suono immersivo del cinema è di precisione, potenza e sottigliezza. Non ci potrà essere alcuna precisione o sottigliezza senza che ogni posto a sedere possa ricevere il segnale corretto. La pratica generale è quella di mettere maggiori surround tradizionali per compensare la carenza ma abbiamo bisogno dell'esatto contrario: altoparlanti meno numerosi ma molto specifici posti strategicamente. Questa tecnica fornirà un'esperienza sonora molto più avvolgente e immersiva. Questo articolo suggerisce che nuovi modelli di direttività siano utilizzati nella progettazione dell'altoparlante cinematografico e una misura per disporre gli altoparlanti nelle sale cinema *Immersive*. Dato che le direttività sono migliorate e le zone di equilibrio diventano più grandi, saranno necessari studi sul campo per sviluppare ulteriormente le misure di direzione e di tempo. Gli studi che sono stati intrapresi finora soffrono tutti delle limitazioni fisiche qui descritte. La misura di posizionamento fino ad oggi sono state largamente aneddotiche. Gli aspetti più pratici ed economici semplicemente dominano quelle decisioni che vengono prese attualmente.

**Traduzione** di Giulio Conversi, Roma, Agosto 2017.

**Articolo** di Paul Peace, “Loudspeaker Requirements in Object-Based Cinema”, SMPTE Motion Imaging Journal, Volume 126, Number 5, July 2017.