

# ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902036222A1

Publication Date

20130927

Applicant

INSTITUT FUER RUNDFUNKTECHNIK GMBH

Title

DISPOSITIVO PER IL MISSAGGIO DI ALMENO DUE SEGNALI AUDIO.

## **IRT110**

### **Titolo:**

### **DISPOSITIVO PER IL MISSAGGIO DI ALMENO DUE SEGNALI AUDIO.**

di Institut für Rundfunktechnik GmbH di nazionalità tedesca con sede in Floriansmühlstraße 60, 80939 Monaco di Baviera, ed elettivamente domiciliata presso i Mandatari Ing. Roberto Dini (No. Iscr. Albo 270 BM), Ing. Corrado Borsano (No. Iscr. Albo 446 BM), Ing. Marco Camolese (No. Iscr. Albo 882 BM), Dott. Giancarlo Reposio (No. Iscr. Albo 1168 BM) c/o Metroconsult S.r.l., Via Sestriere 100, 10060 None (TO).

Inventori designati:

- Jens, GROH;
- Sebastian GOOSSENS;
- Christian HARTMANN

### **DESCRIZIONE**

#### Parte introduttiva della descrizione

L'invenzione ha per oggetto un dispositivo per il missaggio di almeno due segnali audio, come da preambolo della rivendicazione principale. Un siffatto dispositivo è descritto dal brevetto WO2011/057922A1, e in tale sede viene utilizzato in un apparecchio di downmix ai fini della conversione di un segnale audio surround in segnale audio stereo.

In detto apparecchio di downmix viene utilizzata una compensazione filtro comb, finalizzata all'eliminazione di colorazioni timbriche. Ciò facendo si presuppone che durante la riproduzione si generi un campo sonoro in cui le potenze sonore mediane dei monocanali si sommano. Essa genera pertanto, in media, uno spettro di frequenza nell'ambiente di riproduzione tale, come se i segnali in ingresso da miscelare fossero scorrelati.

L'apparecchio di downmix noto presenta l'inconveniente di riprodurre a volume errato, durante il downmix compensato a filtro comb, componenti di segnale a frequenza bassa.

Nelle produzioni audio le componenti a frequenza bassa sono incluse nel segnale di canale, prettamente in fase (o quantomeno intensamente correlate). In questo caso, per via dell'elevata lunghezza d'onda, anche nell'ambiente di riproduzione le fasi delle onde sonore dei monocanali si discostano poco le une dalle altre, e pertanto qui si

## IRT110

sommano le pressioni sonore, non le potenze sonore.

Ciò fa sì che spesso, nella musica, la compensazione filtro comb di downmix renda più sommersa la gamma dei bassi rispetto al resto, mostrando con la somma delle potenze un – per così dire – “eccesso di zelo”. Un downmix basato sulla consueta addizione (quindi senza compensazione filtro comb) sarebbe più congruo per i bassi. Un ingegnere del suono che creasse due messaggi distinti per surround e stereo sarebbe in grado di avvertire durante l’ascolto dette distinzioni nel campo sonoro, e ne terrebbe pertanto conto durante il messaggio. Non è però possibile definire un indicatore fisso per tali distinzioni in quanto detto indicatore, oltre che dai segnali stessi, dipenderà anche dalle caratteristiche dell’ambiente di riproduzione. Il rapporto tra componente sonora diretta e componente sonora riverberata è una grandezza determinante (vedi T.Görne, *Tontechnik*, pag. 377).

Scopo dell’invenzione è quello di fornire un dispositivo mixer che garantisca che nel corso di un downmix da surround a stereo, oltre alla sostanziale conservazione del timbro e dell’effetto spaziale, durante la riproduzione della versione stereo il volume venga percepito uguale a quello dell’originale in surround, e che la qualità del messaggio sia in tal modo maggiormente vicina a quella di un messaggio distinto, praticato da un ingegnere del suono.

Al riguardo, il dispositivo mixer proposto dall’invenzione è connotato dalle caratteristiche di cui alla rivendicazione 1. Nelle rivendicazioni dipendenti sono descritte varianti realizzative vantaggiose del dispositivo mixer secondo l’invenzione.

L’invenzione si basa sull’accorgimento di prevedere nel messaggio uno scaling in funzione della frequenza. In particolare, per frequenze da medie ad alte detto scaling ha un valore costante  $D_U$  dipendente dalla frequenza, e nell’intervallo di transizione a frequenze basse detto scaling viene progressivamente ridotto fino a una piccola componente residua  $a.D_U$ .

Valori praticabili per detto intervallo di transizione si attestano, per ambienti di riproduzione tipici, approssimativamente sull’ordine di grandezza dei 250...500 Hz per la soglia minima  $k_L$ , 750...1500 Hz per la soglia massima  $k_U$  e zero per il fattore di componente residua  $a$  del segnale di scaling. La scelta dei valori relativi a  $k_L$ ,  $k_U$  ed  $a$  può essere preticata anche per ottimizzare il messaggio e, in funzione della natura dell’ambiente di riproduzione, divergere dai citati valori tipici.

Per la transizione si presta l’utilizzo di una funzione lineare.

## IRT110

Un'idea di soluzione avanzata consta nell'effettuare, se mai lo si voglia, uno scaling in misura ridotta in quelle componenti spettrali da sommare che sono reciprocamente anticorrelate. Così si evita che l'accorgimento dello scaling vada a scapito dell'auspicata compensazione dei notch del filtro comb, nell'ipotesi in cui detti notch dovessero insorgere anche a basse frequenze. Le componenti anticorrelate sono riconoscibili dal fatto che l'annesso valore di correlazione incrociata dei segnali da missare è al di sotto di una soglia avente vantaggiosamente il valore zero.

L'approccio risolutivo consta nel creare nel sommatore di downmix una transizione continua tra addizione consueta per frequenze basse e sommatoria di potenze per frequenze maggiori.

Lo scaling di cui alla presente invenzione viene applicato a una sommatoria di potenze nell'intervallo di frequenza, dotata di un grado controllabile di azione di compensazione filtro comb, ed eventualmente di un discriminante tra componenti spettrali correlate tra loro e componenti spettrali anticorrelate da sommare.

### Descrizione sintetica delle figure

L'invenzione verrà ora illustrata più dettagliatamente con riferimento alle figure descritte in appresso che ne illustrano alcuni esempi di realizzazione in cui:

la fig. 1 illustra un primo esempio realizzativo di dispositivo mixer secondo l'invenzione,

la fig. 2 illustra il comportamento del segnale di scaling, in quanto funzione della frequenza, nell'esempio di realizzazione di fig. 1,

la fig. 3 illustra un secondo esempio realizzativo di dispositivo mixer secondo l'invenzione,

la fig. 4 illustra un terzo esempio realizzativo di dispositivo mixer che rappresenta una versione avanzata del primo esempio di realizzazione,

la fig. 5 illustra il comportamento dell'altro segnale di scaling, in quanto funzione della frequenza, nell'esempio di realizzazione di fig. 3,

la fig. 6 illustra un quarto esempio realizzativo di dispositivo mixer che rappresenta una versione avanzata del secondo esempio di realizzazione,

la fig. 7 illustra un dispositivo mixer volto al missaggio di più di due segnali audio, e

la fig. 8 illustra il comportamento del segnale di scaling, in quanto funzione della frequenza, nell'esempio di realizzazione di fig. 6 nel caso in cui il segnale di

## IRT110

correlazione incrociata è inferiore al valore di soglia preventivamente stabilito.

### Descrizione delle figure

La fig. 1 illustra un esempio realizzativo di dispositivo mixer secondo l'invenzione. In detto esempio realizzativo due segnali audio vengono missati a formare un unico segnale audio missato. Il dispositivo mixer è provvisto di un primo ingresso 101 e di un secondo ingresso 102 volti alla ricezione dei due segnali audio  $A[k]$  e  $B[k]$ , qui già convertiti nell'intervallo di frequenza. Ambedue gli ingressi sono collegati a corrispettivi ingressi di un dispositivo di correlazione incrociata (103) volto alla derivazione di un segnale di correlazione incrociata  $x_{AB}[k]$ , che costituisce un indicatore della correlazione incrociata tra il primo e il secondo segnale audio  $A[k]$  e  $B[k]$ . L'ingresso 101 è parimenti collegato a un ingresso di un primo dispositivo 104 volto alla derivazione di un primo segnale di potenza  $e_A[k]$  che costituisce un indicatore della potenza del primo segnale audio  $A[k]$ . L'ingresso 102 è parimenti collegato a un ingresso di un secondo dispositivo (105) volto alla derivazione di un secondo segnale di potenza  $e_B[k]$  che costituisce un indicatore della potenza del secondo segnale audio  $B[k]$ .

Il dispositivo mixer comprende inoltre un dispositivo 106 volto alla derivazione di almeno un parametro moltiplicatore dal primo e dal secondo segnale di potenza e dal segnale di correlazione incrociata. A tal scopo, ingressi del dispositivo 106 sono collegati a corrispettive uscite dei dispositivi 103, 104 e 105. E' inoltre prevista un'unità moltiplicatoria e combinatoria 107 volta all'esecuzione di un trattamento del segnale praticato sul primo e sul secondo segnale audio  $A[k]$  e  $B[k]$ . A tal scopo, ingressi dell'unità moltiplicatoria e combinatoria 107 sono collegati a corrispettivi ingressi 101 e 102 del dispositivo mixer. L'unità moltiplicatoria e combinatoria 107 è atta all'esecuzione del trattamento del segnale praticato sul primo e sul secondo segnale audio  $A[k]$  e  $B[k]$ , che equivale alla

- moltiplicazione del primo segnale audio  $A[k]$  per un parametro moltiplicatore  $m_A[k]$ ,
- moltiplicazione del secondo segnale audio  $B[k]$  per un parametro moltiplicatore  $m_B[k]$ , e
- combinazione dei segnali audio primo e secondo così moltiplicati ai

## IRT110

fini della produzione di un segnale audio missato  $S[k]$  e ai fini dell'erogazione di detto segnale audio missato  $S[k]$  a un'uscita 108.

Il dispositivo derivatore 106 è provvisto di uno scaler 109 volto allo scaling di un segnale entro il dispositivo derivatore 106 mediante un segnale di scaling  $D[k]$ . In questo esempio di realizzazione il segnale di correlazione incrociata  $x_{AB}[k]$  viene moltiplicato per il detto segnale di scaling  $D[k]$  allo scopo di ottenere un segnale di correlazione incrociata scalato  $y_{AB}[k]$ .

Il segnale di correlazione incrociata scalato  $y_{AB}[k]$  viene addotto a un ingresso di un dispositivo combinatorio 110 al fine di derivare un segnale combinatorio che costituisce un indicatore della combinazione tra il primo e il secondo segnale di potenza  $e_A[k]$  ed  $e_B[k]$  e il segnale di correlazione incrociata (in questo caso scalato)  $y_{AB}[k]$ . A tal proposito, le uscite del primo dispositivo 103 e del secondo dispositivo 104 sono parimenti collegate a corrispettivi ingressi del dispositivo combinatorio 110.

Il segnale di scaling  $D[k]$  ha una curva caratteristica di frequenza come quella di cui in fig. 2. Al di sotto di una prima frequenza  $k_L$  detta curva caratteristica di frequenza è una retta essenzialmente costante, cresce tra la prima frequenza  $k_L$  e una seconda frequenza maggiore  $k_U$ , e al di sopra della seconda frequenza  $k_U$  è di nuovo una retta essenzialmente costante.

La retta essenzialmente costante al di sopra della seconda frequenza  $k_U$  ha un valore  $D_U$  compreso in un intervallo  $[0,36; 0,81]$  e preferibilmente è pari a 0,49. La retta essenzialmente costante al di sotto della prima frequenza  $k_L$  ha un valore pari ad  $a \cdot D_U$ , laddove:  $0 \leq a < 1$ .

In questo esempio di realizzazione il dispositivo combinatorio 110 è atto alla derivazione del segnale combinatorio in base alla seguente formula:

$$C[k] = ((1+L) \cdot (e_A[k] + e_B[k]) / ((1+L) \cdot (e_A[k] + e_B[k]) + 2 \cdot y_{AB}[k]))^{1/2}$$

$L$  è uguale o maggiore di zero e fa sì che vengano limitati i valori dei parametri moltiplicatori derivati, evitando in tal modo discontinuità del segnale in uscita e riducendo la probabilità di artefatti udibili in modo fastidioso. Valori tipici di  $L$  sono compresi nell'intervallo  $[0,05; 0,5]$ .

In questo esempio di realizzazione, il dispositivo (106) atto alla derivazione di almeno un parametro moltiplicatore ricava due parametri moltiplicatori, l'uno uguale all'altro, e più precisamente in questo caso il segnale combinatorio  $C[k]$  è uguale ai due

## IRT110

parametri moltiplicatori identici, ossia  $C[k] = m[k] = m_A[k] = m_B[k]$ .

L'unità moltiplicativa e combinatoria 107 è dunque atta all'esecuzione di un trattamento del segnale praticato sul primo e sul secondo segnale audio, che equivale alla moltiplicazione del primo segnale audio e del secondo segnale audio per detto unico parametro moltiplicatore, e alla combinazione dei segnali audio primo e secondo così moltiplicati al fine di ottenere il segnale missato  $S[k]$ . Detto processo di moltiplicazione e combinazione può essere eseguito nella modalità di cui in fig. 1. Va però da sé che il moltiplicare e combinare possono essere effettuati anche in altre modalità. Ad esempio si potrebbero, naturalmente, dapprima sommare  $A[k]$  e  $B[k]$  e poi moltiplicare il segnale di somma per il solo parametro moltiplicatore  $m[k]$ .

Ora si illustrerà il principio di funzionamento del dispositivo mixer di fig. 1.

L'unità moltiplicativa e combinatoria 107 produce un missaggio dei segnali in ingresso  $A[k]$  e  $B[k]$  durante il quale le ampiezze dei segnali in ingresso vengono corrette di modo che la potenza del segnale missato equivalga in larga parte alla somma delle potenze dei segnali in ingresso. Detta equivalenza produce una preponderante compensazione dell'effetto filtro comb. E' inoltre necessario che i segnali sui quali viene praticato il missaggio siano segnali audio convertiti nell'intervallo di frequenza e che per la specifica componente di segnale di ciascuna frequenza  $k$  il missaggio venga eseguito nella modalità descritta.

La correzione d'ampiezza viene effettuata moltiplicando  $A[k]$  e  $B[k]$  rispettivamente per i parametri moltiplicatori  $m_A[k]$  ed  $m_B[k]$ . Al fine di ottenere la citata correzione, i parametri moltiplicatori vengono a loro volta derivati dai segnali in ingresso  $A[k]$  e  $B[k]$  in un dato modo che verrà illustrato più avanti. Nella casistica di cui in fig. 1 viene derivato un unico parametro moltiplicatore condiviso  $m[k]$ , identificato sia con  $m_A[k]$  sia con  $m_B[k]$ .

Occorre rilevare che, qualora  $m_A[k]$  ed  $m_B[k]$  vengano entrambi posti al valore 1, non viene indotta alcuna correzione d'ampiezza, ossia nessuna compensazione filtro comb. Ciò viene sfruttato al fine di conseguire l'auspicata transizione tra diversi gradi di effetto di compensazione filtro comb. Variando la derivata di  $m_A[k]$  ed  $m_B[k]$ , si produce una transizione entro un intervallo compreso tra nessuna compensazione filtro comb e compensazione filtro comb preponderante. Detta variazione è oggetto della seguente descrizione del dispositivo 106 atto alla derivazione di parametri moltiplicatori.

## IRT110

La modalità operativa del dispositivo 106 atto alla derivazione di parametri moltiplicatori si basa sulla derivazione di parametri moltiplicatori destinati alla preponderante compensazione filtro comb, realizzata per mezzo del dispositivo combinatorio 110, e su uno scaling a monte in 109.

Il segnale combinatorio  $C[k]$ , da derivarsi dal dispositivo combinatorio, emerge dal succitato esame della potenza, la cui conseguente deduzione verrà ora illustrata in sintesi. Si supponga innanzitutto una condizione di potenza destinata a una compensazione filtro comb integrale e successivamente si aggiunga alla derivazione originaria di un  $C[k]$  corrispondente a detta condizione uno scaling a piacimento, tale per cui al massimo effetto di scaling  $m_A[k]$  e  $m_B[k]$  diventino entrambi 1, facendo in tal modo venir meno l'effetto della compensazione filtro comb.

La compensazione filtro comb integrale significherebbe che la potenza  $e_S[k] = \text{Re}(S[k]) \cdot \text{Re}(S[k]) + \text{Im}(S[k]) \cdot \text{Im}(S[k])$  del segnale missato  $S[k] = A[k] \cdot m_A[k] + B[k] \cdot m_B[k]$  è uguale alla somma delle potenze dei segnali in ingresso, ossia  $e_A[k] + e_B[k]$ . Si deduce aritmicamente che questa equazione di potenza viene soddisfatta, *inter alia*, se la derivazione originaria dei parametri moltiplicatori relativa a

$$m_A[k] = m_B[k] = C[k] = ((e_A[k] + e_B[k]) / (e_A[k] + e_B[k] + 2 \cdot x_{AB}[k]))^{1/2}$$

è definita, con le già note definizioni di  $e_A[k]$ ,  $e_B[k]$  e  $x_{AB}[k]$ . Come precedentemente detto, con questa derivazione originaria priva di scaling sarebbe possibile ottenere solo una compensazione filtro comb integrale.

Si può vedere che nella derivazione originaria, quando la correlazione incrociata  $x_{AB}[k]$  tende a 0, il risultato passa a  $C[k] = 1$ . Pertanto, riducendo arbitrariamente gradualmente  $x_{AB}[k]$ , è possibile in tutti i casi produrre un graduale avvicinamento del parametro moltiplicatore al valore 1.

Sulla base di questo nesso viene effettuato uno scaling con il segnale di correlazione incrociata  $x_{AB}[k]$ . Detto scaling consiste nella moltiplicazione per il segnale di scaling  $D[k]$  dipendente dalla frequenza, e il relativo risultato,  $y_{AB}[k]$ , rimpiazza l' $x_{AB}[k]$  della derivazione originaria.

Per quanto attiene alle disposizioni per la derivazione del segnale combinatorio di cui all'invenzione, manca soltanto il fattore aggiuntivo  $(1+L)$ , applicato ai segnali di potenza  $e_A[k]$  ed  $e_B[k]$ . Ai fini della spiegazione dello scaling è possibile ignorarne l'effetto.

Per  $L > 0$ , il fattore  $(1+L)$  fa sì che, nel caso in cui si cancellino componenti dei

## IRT110

segnali in ingresso, possa verificarsi uno sfasamento che potrebbe eventualmente essere udito in modo fastidioso. Detta cancellazione presuppone, *inter alia*, che le componenti dei segnali in ingresso siano reciprocamente in controfase, dunque anticorrelate.

Come auspicato, lo scaling mediante  $D[k]$  induce la transizione dalla compensazione filtro comb preponderante a ridotta, transizione che si attesta entro un intervallo compreso tra nessuna compensazione filtro comb e compensazione filtro comb integrale. Uno scaling con 1 indurrebbe ad es. una compensazione filtro comb integrale, uno scaling con 0 non indurrebbe alcuna compensazione filtro comb. La dipendenza dalla frequenza viene pertanto espressa mediante una curva caratteristica di frequenza che cresce con la frequenza  $k$ . La frequenza limite  $k_U$  delimita l'intervallo delle frequenze di segnale alte. La frequenza limite inferiore  $k_L$  delimita l'intervallo delle frequenze di segnale basse. Nel frammenzo c'è un intervallo di transizione. Il valore costante di scaling  $D_U$  al di sopra della frequenza limite superiore  $k_U$  fa sì che le frequenze di segnale alte vengano elaborate con compensazione filtro comb preponderante, il valore costante di scaling inferiore a  $D_U$  al di sotto della frequenza limite inferiore  $k_L$  fa sì che le frequenze di segnale basse vengano elaborate con compensazione filtro comb ridotta. E' da preferirsi una curva di transizione senza punti di discontinuità, evitando così artefatti. Pertanto, quale soluzione semplice si presta un segmento fungente da raccordo per l'intervallo tra le frequenze limite. In fig. 2 sono raffigurate, a titolo esemplificativo, le caratteristiche della curva caratteristica di frequenza. Quali curve di transizione si prestano anche altre funzioni continue crescenti, ad esempio un segmento di parabola che unisce i punti  $(k_L, a \cdot D_U)$  e  $(k_U, D_U)$ , grazie cui non si verificano punti di discontinuità.

I requisiti per i valori di  $k_U$ ,  $k_L$ ,  $D_U$  ed  $a$  discendono dalla avvertibilità di effetti filtro comb per frequenze alte, da snaturamenti dei volumi sonori relativi alle frequenze basse e da artefatti. I valori possono essere ottimizzati e stabiliti dal costruttore oppure resi accessibili all'utente ai fini della personalizzazione.

La fig. 3 illustra un secondo esempio realizzativo di dispositivo mixer secondo l'invenzione. Il dispositivo mixer di fig. 3 è simile al dispositivo mixer di fig. 1. Il dispositivo mixer è provvisto di un primo ingresso 301 e di un secondo ingresso 302 volti alla ricezione dei due segnali audio  $A[k]$  e  $B[k]$ , qui già convertiti nell'intervallo di frequenza. Entrambi gli ingressi sono collegati a corrispettivi ingressi del

## IRT110

dispositivo di correlazione incrociata 303 atto alla derivazione del segnale di correlazione incrociata  $x_{AB}[k]$ . L'ingresso 301 è parimenti collegato a un ingresso del primo dispositivo 304 atto alla derivazione del primo segnale di potenza  $e_A[k]$ . L'ingresso 302 è parimenti collegato all'ingresso del secondo dispositivo 305 volto alla derivazione del secondo segnale di potenza  $e_B[k]$ .

Dal canto suo, il dispositivo mixer comprende un dispositivo 306 atto alla derivazione di almeno un parametro moltiplicatore (in questo caso, di nuovo, due parametri moltiplicatori  $m_A[k]$  ed  $m_B[k]$  che si equivalgono) dal primo e dal secondo segnale di potenza e dal segnale di correlazione incrociata. E' prevista inoltre l'unità moltiplicativa e combinatoria 307 atta alla produzione del segnale  $S[k]$  in uscita da 308.

Il dispositivo derivatore 306 è provvisto, di nuovo, di uno scaler 309 volto alla moltiplicazione, per il segnale di scaling  $D'[k]$ , di un segnale entro il dispositivo derivatore 306. In questo esempio di realizzazione il segnale in uscita dal dispositivo combinatorio 310 viene moltiplicato per il detto segnale di scaling  $D'[k]$  allo scopo di ottenere un segnale combinatorio scalato.

Il segnale di scaling  $D'[k]$  ha una curva caratteristica di frequenza come quella di cui in fig. 5. Al di sotto di una prima frequenza  $k_L'$  detta curva caratteristica di frequenza è una retta essenzialmente costante, cresce tra la prima frequenza  $k_L'$  e una seconda frequenza maggiore  $k_U'$ , e al di sopra della seconda frequenza  $k_U'$  è di nuovo una retta essenzialmente costante.

La retta essenzialmente costante al di sopra della seconda frequenza  $k_U'$  ha un valore  $D_U'$  compreso in un intervallo  $[0,6; 0,9]$  e preferibilmente pari a 0,7. La retta essenzialmente costante al di sotto della prima frequenza  $k_L'$  ha un valore pari ad  $a'$ .  $D_U'$ , laddove:  $0 \leq a' < 1$ .

Il dispositivo combinatorio 310 è atto alla derivazione di un segnale combinatorio che costituisce un indicatore della combinazione tra il primo e il secondo segnale di potenza  $e_A[k]$  ed  $e_B[k]$  e il segnale di correlazione incrociata  $x_{AB}[k]$ . A tal proposito, le uscite dei dispositivi 303, 304 e 305 sono collegate a corrispondenti ingressi del dispositivo combinatorio 310.

In questo esempio di realizzazione il dispositivo combinatorio 310 è atto alla derivazione del segnale combinatorio  $C[k]$  in base alla seguente formula:

$$C[k] = ((1+L) \cdot (e_A[k] + e_B[k])) / ((1+L) \cdot (e_A[k] + e_B[k]) + 2 \cdot x_{AB}[k])^{1/2}$$

## IRT110

Ai fini della derivazione del segnale combinatorio scalato, nello scaler 309 il segnale combinatorio viene moltiplicato per il segnale di compensazione  $D'[k]$  in base alla seguente formula:

$$(C[k] - 1) \cdot D'[k] + 1.$$

In questo esempio di realizzazione il dispositivo derivatore 306 è inoltre atto alla derivazione dell'unico parametro moltiplicatore  $m[k]$  dal segnale combinatorio scalato secondo la formula:  $m[k] = (C[k] - 1) \cdot D'[k] + 1$ .

Ora si illustrerà il principio di funzionamento del dispositivo mixer di fig. 3.

Il principio di funzionamento coincide in larga misura con quanto illustrato con riferimento alla fig. 1, solo che nel dispositivo 306 atto alla derivazione di un parametro moltiplicatore c'è una differenza, ossia qui lo scaling in 309 è a valle del dispositivo combinatorio 310.

Il segnale combinatorio  $C[k]$ , da derivarsi dal dispositivo combinatorio 310, si ottiene come in 110.

Si può vedere che, a differenza di quanto riportato in fig. 1, anche mediante una riduzione arbitraria, graduale della differenza tra  $C[k]$  e 1 è possibile indurre un graduale avvicinamento del parametro moltiplicatore al valore 1.

Sulla base di questo nesso viene effettuato lo scaling con il segnale combinatorio  $C[k]$ . Nella fattispecie, detto scaling consta nella sottrazione di 1, nella successiva moltiplicazione per il segnale di scaling dipendente dalla frequenza  $D'[k]$  e nella successiva addizione di 1.

Lo scaling, similmente a quanto accade in 109, induce la desiderata transizione tra gradi diversi dell'effetto compensazione filtro comb. Anche in 309 il valore di scaling 1 indurrebbe una compensazione filtro comb integrale, un valore di scaling 0 non indurrebbe alcuna compensazione filtro comb, e la dipendenza dalla frequenza viene pertanto realizzata sotto forma di curva caratteristica di frequenza che cresce con la frequenza  $k$ . Tuttavia, in 306 i valori di scaling compresi tra 0 e 1 hanno sul parametro moltiplicatore un effetto lievemente diverso rispetto a in 106. Perciò in 306 viene definita, e se del caso ottimizzata, una curva caratteristica di frequenza a sé stante per il segnale di scaling  $D'[k]$ , con proprie caratteristiche  $k_U'$ ,  $k_L'$ ,  $D_U'$  ed  $a'$ . Tale curva è rappresentata, a titolo esemplificativo, in fig. 5. I requisiti per i relativi valori sono soggetti alle medesime considerazioni espresse in 106.

## IRT110

In genere,  $k_L$  di fig. 2 sarà uguale a  $k_L'$  di fig. 5 e  $k_U$  di fig. 2 sarà uguale a  $k_U'$  di fig. 5. Non è tuttavia da escludersi che, in determinati casi, per  $k_L$  e  $k_U$  si scelgano valori diversi da quelli di  $k_L'$  e  $k_U'$ .

La fig. 4 illustra un terzo esempio realizzativo di dispositivo mixer secondo l'invenzione. Il dispositivo mixer di fig. 4 è simile al dispositivo mixer di fig. 1. L'esempio realizzativo di fig. 4 è sostanzialmente l'esempio realizzativo di cui in fig. 1, provvisto tuttavia aggiuntivamente di un rivelatore di soglia 411. Il rivelatore di soglia 411 è provvisto di un ingresso collegato all'uscita del dispositivo di correlazione incrociata 403. All'interno del rivelatore di soglia 411 il segnale di correlazione incrociata  $x_{AB}[k]$  viene comparato con un valore di soglia  $T$  preventivamente stabilito.

Se il segnale di correlazione incrociata  $x_{AB}[k]$  non è inferiore al valore di soglia  $T$ , nel dispositivo derivatore 406 i parametri moltiplicatori  $m_A[k]$  e  $m_B[k]$  vengono derivati nello stesso modo in cui vengono derivati nel dispositivo derivatore 106 di fig. 1.

Vero è che la formula nel blocco 410 di fig. 4 è diversa rispetto a quella del blocco 110 di fig. 1, tuttavia in fig. 4 si presuppone che  $L = 0$ . E, per  $L = 0$ , la formula nel blocco 110 di fig. 1 si tramuta direttamente nella formula di cui al blocco 410 di fig. 4. Qui è consentito sancire che  $L = 0$  perché dalla elaborazione a mezzo dispositivo 406 sono escluse componenti anticorrelate dei segnali in ingresso. Il dispositivo 406 elabora solo componenti correlate dei segnali in ingresso. Questa differenza è dovuta alla funzione del rivelatore di soglia, che verrà illustrata in seguito. Il principio di funzionamento di  $L$  è già stato descritto con riferimento alla fig. 1. Da tale figura emerge che, se  $L > 0$ ,  $L$  assolve al proprio scopo, ossia quello di impedire sfasamenti a causa di possibili cancellazioni, solo per componenti anticorrelate dei segnali in ingresso. Per le componenti correlate dei segnali in ingresso non è possibile il verificarsi di cancellazioni. Quindi per le componenti correlate dei segnali in ingresso esclusivamente elaborate nel dispositivo 406 non sarebbe necessaria l'azione di  $L$ , e per le componenti correlate dei segnali in ingresso la differenza aritmetica residua tra le due formule sarebbe talmente minima da non avere alcuna rilevanza pratica. Il sancire che  $L = 0$  produce quindi principalmente la ravvisabile semplificazione della formula di derivazione di cui nel blocco 410 rispetto a quella di cui nel blocco 110.

Nel caso in cui il segnale di correlazione incrociata sia inferiore al valore di soglia  $T$ , nel dispositivo derivatore 406 viene effettuato un altro trattamento del segnale,

## IRT110

applicato ai segnali  $x_{AB}[k]$ ,  $e_A[k]$  ed  $e_B[k]$ , ai fini della derivazione dei parametri moltiplicatori  $m_A[k]$  e  $m_B[k]$ . Quanto sopra è raffigurato in fig. 4 dal blocco 406'. Detto altro trattamento del segnale all'interno del dispositivo derivatore 406' viene illustrato più dettagliatamente in appresso.

Il segnale di correlazione incrociata viene ora moltiplicato per un altro segnale di scaling  $D''[k]$  allo scopo di ottenere un segnale di correlazione incrociata scalato  $y'_{AB}[k]$ . Il segnale di scaling  $D''[k]$  è illustrato in fig. 8

Il segnale di scaling  $D''[k]$  ha una curva caratteristica di frequenza che al di sotto di una terza frequenza  $k_L''$  è una retta essenzialmente costante, cresce tra la terza frequenza  $k_L''$  e una quarta frequenza maggiore  $k_U''$ , e al di sopra della quarta frequenza è di nuovo una retta essenzialmente costante. La retta essenzialmente costante al di sopra della quarta frequenza  $k_U''$  ha un valore  $D_U''$  compreso in un intervallo  $[0,5; 1]$ .  $D_U''$  è preferibilmente uguale a 1. La retta essenzialmente costante al di sotto della terza frequenza  $k_L''$  ha un valore uguale ad  $a''$ .  $D_U''$ , laddove  $a''$  è compreso in un intervallo  $[0; 1]$ .

Nel blocco 406' viene ora derivato il primo parametro moltiplicatore  $m_A[k]$  secondo la formula:

$$m_A[k] = ((y'_{AB}[k] / (e_A[k] + L' \cdot e_B[k]))^2 + 1)^{1/2} - y'_{AB}[k] / (e_A[k] + L' \cdot e_B[k])$$

Il secondo parametro moltiplicatore  $m_B[k]$  ha un valore pari a 1.

Il valore di soglia T preventivamente stabilito è preferibilmente pari a zero. Il rivelatore di soglia 411 ha un'uscita per l'erogazione di un segnale di comando che viene addotto a un ingresso di comando del dispositivo derivatore 406, 406'. Se il segnale di correlazione incrociata  $x_{AB}[k]$  è maggiore o uguale al valore di soglia T, viene generato un primo segnale di comando all'uscita del rivelatore di soglia 411. Se il segnale di correlazione incrociata  $x_{AB}[k]$  è inferiore al valore di soglia T, viene generato un secondo segnale di comando all'uscita del rivelatore di soglia 411. In risposta al primo segnale di comando il dispositivo derivatore 406 opera come illustrato nel blocco 106 di fig. 1, potendo L eventualmente essere uguale a zero, come mostra il blocco 406. In risposta al secondo segnale di comando il dispositivo derivatore opera come illustrato nel blocco 406' di fig. 4.

Il trattamento del segnale all'interno del dispositivo derivatore 406 (406') può essere effettuato a livello hardware o software, e pertanto può essere convertito a livello hardware o software, come riportato nei blocchi 406 e 406' di fig. 4, in risposta al

## IRT110

primo o al secondo segnale di comando 415.

Qualora il segnale di correlazione incrociata  $x_{AB}[k]$  non sia inferiore al valore di soglia  $T$ , il principio di funzionamento dell'esempio realizzativo di fig. 4 è identico a quello già illustrato con riferimento alla fig. 1. Qualora il segnale di correlazione incrociata  $x_{AB}[k]$  sia inferiore al valore di soglia  $T$ , avrà effetto il trattamento del segnale di cui al blocco 406'. Quest'ultimo principio di funzionamento verrà illustrato qui di seguito in sintesi.

Il dispositivo di fig. 4 opera una distinzione tra componenti di segnale correlate e componenti di segnale anticorrelate, con la finalità di sottoporre queste ultime a un trattamento speciale. Una componente di segnale di frequenza  $k$  viene considerata correlata o anticorrelata se la differenza tra l'annesso segnale di correlazione incrociata e il valore di soglia  $T$  è rispettivamente positivo o negativo. In presenza del tipico valore  $T = 0$ , si ha una rispondenza con la definizione usuale.

Le componenti correlate del segnale in ingresso vengono trattate dal dispositivo combinatorio 410. La riduzione, in funzione della frequenza, dell'effetto compensazione filtro comb in 410 ad opera dello scaler 409 funziona come in 110.

Le componenti anticorrelate del segnale in ingresso vengono trattate dal dispositivo combinatorio 410'. Le variare disposizioni di derivazione per il dispositivo combinatorio 410' producono, esattamente come quelle in 110, una compensazione filtro comb integrale e, per  $L' > 0$ , fanno sì che si evitino sfasamenti nei casi in cui si cancellano componenti dei segnali in ingresso. La riduzione, in funzione della frequenza, dell'effetto compensazione filtro comb in 410' ad opera dello scaler 409' funziona come in 110.

In 409' viene di nuovo definita, e se del caso ottimizzata, una funzione  $D''[k]$  a sé stante, con proprie caratteristiche funzionali  $k_U''$ ,  $k_L''$ ,  $D_U''$  e  $a''$ . Tale funzione è rappresentata, a titolo esemplificativo, in fig. 8. I requisiti per i relativi valori sono già stati descritti in precedenza.

Il fatto che  $D''[k]$  si riferisca solo alle componenti di segnale anticorrelate e che le componenti di di segnale anticorrelate di solito non emergano a frequenze basse fa sì che per siffatte componenti di segnale si possa ottenere un effetto compensazione filtro comb maggiore rispetto a trattarle alla pari di componenti di segnale correlate. A tal scopo si sceglie per  $D''[k]$  una minore dipendenza dalla frequenza rispetto a  $D'[k]$ , essendo opportunamente  $a'' > a'$ , laddove vengono mantenute  $k_U'' = k_U'$  e  $k_L'' = k_L'$  e

## IRT110

$D_U'' = D_U'$ . Ivi inclusa è altresì la possibile esigenza, consequenziale a un'ottimizzazione, che la dipendenza dalla frequenza di  $D''[k]$  svanisca completamente, scegliendo  $a'' = 1$ .

La fig. 6 illustra un quarto esempio realizzativo di dispositivo mixer secondo l'invenzione. Il dispositivo mixer di fig. 6 è simile al dispositivo mixer di fig. 3 e al dispositivo mixer di fig. 4. L'esempio realizzativo di fig. 6 è sostanzialmente l'esempio realizzativo di cui in fig. 3, provvisto tuttavia aggiuntivamente di un rivelatore di soglia 611. Il rivelatore di soglia 611 è provvisto di un ingresso collegato all'uscita del dispositivo di correlazione incrociata 603.

Se il segnale di correlazione incrociata  $x_{AB}[k]$  non è inferiore al valore di soglia  $T$ , nel dispositivo derivatore 606 i parametri moltiplicatori  $m_A[k]$  e  $m_B[k]$  vengono derivati nello stesso modo in cui vengono derivati nel dispositivo derivatore 306 di fig. 3.

Vero è che la formula nel blocco 610 di fig. 6 è diversa rispetto a quella del blocco 310 di fig. 3, tuttavia in fig. 6 si presuppone che  $L = 0$ . E, per  $L = 0$ , la formula nel blocco 310 di fig. 3 si tramuta direttamente nella formula di cui al blocco 610 di fig. 6. Ciò è consentito per le stesse ragioni già esposte con riferimento alla fig. 4.

Nel caso in cui il segnale di correlazione incrociata sia inferiore al valore di soglia  $T$ , viene effettuato un altro trattamento del segnale, praticato sui segnali  $x_{AB}[k]$ ,  $e_A[k]$  ed  $e_B[k]$ , ai fini della derivazione dei parametri moltiplicatori  $m_A[k]$  e  $m_B[k]$ . Quanto sopra è raffigurato in fig. 6 dal blocco 606'.

Detto altro trattamento del segnale all'interno del dispositivo derivatore 606' viene illustrato più dettagliatamente in appresso.

Il segnale di correlazione incrociata viene ora moltiplicato per un altro segnale di scaling  $D''[k]$  allo scopo di ottenere un segnale di correlazione incrociata scalato  $y'_{AB}[k]$ . Il segnale di scaling è nuovamente illustrato in fig. 8 ed è già stato diffusamente descritto con riferimento alla fig. 4.

Nel blocco 606' viene ora derivato il primo parametro moltiplicatore  $m_A[k]$  secondo la formula:

$$m_A[k] = ((y'_{AB}[k] / (e_A[k] + L' \cdot e_B[k]))^2 + 1)^{1/2} - y'_{AB}[k] / (e_A[k] + L' \cdot e_B[k]).$$

Il secondo parametro moltiplicatore  $m_B[k]$  ha un valore pari a 1.

Il principio di funzionamento di  $x_{AB}[k]$  minore del valore di soglia  $T$  è pertanto identico al principio di funzionamento già descritto con riferimento alla fig. 4.

La riduzione, in funzione della frequenza, dell'effetto compensazione filtro comb per

## IRT110

le componenti correlate del segnale in ingresso in 610 ad opera dello scaler 609 funziona come in 310.

La riduzione, in funzione della frequenza, dell'effetto compensazione filtro comb per le componenti anticorrelate del segnale in ingresso in 610' ad opera dello scaler 609' funziona come in 410'.

Il trattamento del segnale all'interno del dispositivo derivatore 606, 606' può essere effettuato, di nuovo, a livello hardware o software, e pertanto può essere convertito a livello hardware o software, come riportato nei blocchi 606 e 606' di fig. 6, in risposta al primo o al secondo segnale di comando 615 del rivelatore di soglia 611.

In tutti gli esempi di realizzazione del dispositivo mixer descritti i segnali in ingresso sono segnali digitalizzati e già convertiti in frequenza.

Nella soluzione digitale il primo dispositivo 104, 304, 404 ovvero 604 è atto alla derivazione del primo segnale di potenza  $e_A[k]$  secondo la formula:

$$e_A[k] = \text{Re}(A[k]) \cdot \text{Re}(A[k]) + \text{Im}(A[k]) \cdot \text{Im}(A[k]),$$

come già in precedenza indicato.

Il secondo dispositivo 105, 305, 405 ovvero 605 è atto alla derivazione del secondo segnale di potenza  $e_B[k]$  secondo la formula:

$$e_B[k] = \text{Re}(B[k]) \cdot \text{Re}(B[k]) + \text{Im}(B[k]) \cdot \text{Im}(B[k]).$$

Il dispositivo di correlazione incrociata 103, 303, 403 ovvero 603 è atto alla derivazione del segnale di correlazione incrociata  $x_{AB}[k]$  secondo la formula:

$$x_{AB}[k] = \text{Re}(A[k]) \cdot \text{Re}(B[k]) + \text{Im}(A[k]) \cdot \text{Im}(B[k]).$$

I dispositivi mixer avrebbero potuto essere anche integralmente analogici. Tutte le unità all'interno del dispositivo mixer, descritte sinora quali circuiti digitali, sarebbero in tal caso realizzate, in modalità equivalente, a guisa di circuiti analogici.

La fig. 7 illustra schematicamente un esempio di realizzazione di dispositivo mixer volto al missaggio di tre segnali audio. Detto dispositivo mixer è provvisto di tre terminali di ingresso 751, 752, 753 volti alla ricezione dei tre segnali audio  $A[k]$  ovvero  $B[k]$  ovvero  $E[k]$  (di nuovo, già convertiti nell'intervallo di frequenza). I due terminali di ingresso 751 e 752 sono collegati a rispettivi ingressi 701 e 702 di un sottocircuito indicato in fig. 7 dal blocco circuitale 754. Detto blocco circuitale 754 comprende un dispositivo di quelli già precedentemente descritti con riferimento alle figg. 1, 3, 4 o 6. I segnali audio  $A[k]$  e  $B[k]$  vengono pertanto missati nel sottocircuito 754, come già descritto con riferimento alle figg. 1, 3, 4 o 6. Il segnale  $S[k]$  in uscita

## IRT110

dal sottocircuito 754 viene inviato a un'uscita 708. Tramite una linea 755 l'uscita 708 è collegata a un primo ingresso 701' di un secondo sottocircuito 756. Il terzo terminale di ingresso 753 è collegato a un secondo ingresso 702' del secondo sottocircuito 756.

Detto sottocircuito 756 comprende, a sua volta, un dispositivo di quelli già precedentemente descritti con riferimento alle figg. 1, 3, 4 o 6. Il segnale missato  $S[k]$  prodotto già nel sottocircuito 754 e il segnale audio  $E[k]$  vengono pertanto missati nel sottocircuito 756, come già descritto con riferimento alle figg. 1, 3, 4 o 6. Il segnale  $S'[k]$  in uscita dal sottocircuito 756 viene inviato a un'uscita 708'. L'uscita 708' è collegata al terminale di uscita 757 del dispositivo mixer.

Si specifica in questa sede che l'invenzione non si limita agli esempi di realizzazione illustrati. L'invenzione viene definita come da rivendicazioni. Sono dunque possibili svariate modifiche degli esempi di realizzazione illustrati, detti esempi di realizzazione modificati essendo, però, sempre ricompresi nelle rivendicazioni. Così, come già menzionato, il dispositivo mixer potrebbe essere realizzato a guisa di circuito analogico oppure essere installato a guisa di soluzione software in un microprocessore. Come peraltro già discusso, i diversi elementi nei blocchi 107, 307, 407 ovvero 607 possono essere strutturati in diversa sequenza.

Si specifica inoltre che, se negli esempi di realizzazione di fig. 4 e di fig. 6 l'unità di scaling 409' e 609' è collocata a monte del dispositivo combinatorio 410' e 610', è altresì ipotizzabile una soluzione in cui l'unità di scaling sia inserita a valle dell'unità combinatoria, nella modalità già peraltro descritta nei blocchi 306 e 606 rispettivamente di fig. 3 e di fig. 6.

**RIVENDICAZIONI**

1. Dispositivo per il missaggio di almeno due segnali audio, provvisto di

- ingressi (101, 102) per la ricezione di almeno due segnali audio,
- un primo dispositivo (104) volto alla derivazione di un primo segnale di potenza che costituisce un indicatore della potenza del primo segnale audio,
- un secondo dispositivo (105) volto alla derivazione di un secondo segnale di potenza che costituisce un indicatore della potenza del secondo segnale audio,
- un dispositivo di correlazione incrociata (103) volto alla derivazione di un segnale di correlazione incrociata che costituisce un indicatore della correlazione incrociata tra il primo e il secondo segnale audio,
- un dispositivo (106) volto alla derivazione di almeno un parametro moltiplicatore dal primo e dal secondo segnale di potenza e dal segnale di correlazione incrociata,
- un'unità moltiplicatoria e combinatoria (107) volto all'esecuzione di un trattamento del segnale praticato sul primo e sul secondo segnale audio, che equivale alla
  - o moltiplicazione del primo segnale audio per un parametro moltiplicatore,
  - o moltiplicazione del secondo segnale audio per un parametro moltiplicatore,
  - o combinazione dei segnali audio primo e secondo così moltiplicati ai fini della produzione di un segnale audio missato,

caratterizzato dal fatto

che il dispositivo volto alla derivazione di un parametro moltiplicatore (106) è provvisto di un dispositivo combinatorio (110) volto alla derivazione di un segnale combinatorio che costituisce un indicatore della combinazione tra il primo e il secondo segnale di potenza e il segnale di correlazione incrociata, ed è provvisto di uno scaler (109) volto, entro il dispositivo volto alla derivazione di un parametro moltiplicatore, allo scaling di un segnale mediante un segnale di scaling,

che il segnale di scaling ( $D[k]$ ) ha una curva caratteristica di frequenza che al di sotto di una prima frequenza ( $kL$ ) è una retta essenzialmente costante, cresce tra la prima frequenza ( $kL$ ) e una seconda frequenza maggiore ( $kU$ ) e al di sopra della seconda frequenza è di nuovo una retta essenzialmente costante,

che il dispositivo volto alla derivazione di un parametro moltiplicatore (106) è atto alla derivazione di un unico parametro moltiplicatore ( $m[k]$ ) dal segnale combinatorio e

## IRT110

che l'unità moltiplicatoria e combinatoria (107) è atta all'esecuzione di un trattamento del segnale praticato sul primo e sul secondo segnale audio, che equivale alla

o moltiplicazione del primo segnale audio e del secondo segnale audio per detto unico parametro moltiplicatore, e

o combinazione dei segnali audio primo e secondo così moltiplicati.

(figg. 1, 2)

**2.** Dispositivo come da rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che, al di sopra della seconda frequenza, la retta essenzialmente costante ha un valore DU compreso in un intervallo [0,36; 0,81] e preferibilmente uguale a 0,49, e che, al di sotto della prima frequenza, la retta essenzialmente costante ha un valore uguale ad  $a \cdot DU$ , laddove:  $0 \leq a < 1$ . (fig. 2)

**3.** Dispositivo come da rivendicazione 1 o 2, il primo e il secondo segnale audio e il segnale audio missato essendo segnali audio  $(A[k], B[k], S[k])$  convertiti nell'intervallo di frequenza, caratterizzato dal fatto che lo scaler (109) è atto allo scaling del segnale di correlazione incrociata mediante il segnale di scaling, ai fini della derivazione di un segnale di correlazione incrociata scalato secondo la formula:

$$y_{AB}[k] = x_{AB}[k] \cdot D[k]$$

laddove  $y_{AB}[k]$  è il segnale di correlazione incrociata scalato,  $x_{AB}[k]$  è il segnale di correlazione incrociata,  $D[k]$  è il segnale di scaling e  $k$  è un parametro frequenziale. (fig. 1)

**4.** Dispositivo come da rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che il dispositivo combinatorio (110) è atto alla derivazione del segnale combinatorio  $C[k]$  secondo la formula:

$$C[k] = ((1+L) \cdot (eA[k] + eB[k]) / ((1+L) \cdot (eA[k] + eB[k]) + 2 \cdot y_{AB}[k]))^{1/2}$$

laddove  $eA[k]$  ed  $eB[k]$  sono rispettivamente il primo e il secondo segnale di potenza e  $L$  è un parametro di limitazione costante il cui valore è non negativo e preferibilmente compreso nell'intervallo [0,05; 0,5]. (fig. 1)

**5.** Dispositivo come da rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che il dispositivo (106) volto alla derivazione di un parametro moltiplicatore è inoltre atto alla derivazione dell'unico parametro moltiplicatore dal segnale combinatorio secondo la formula:

$$m[k] = C[k]$$

laddove  $m[k]$  è l'unico parametro moltiplicatore. (fig. 1)

## IRT110

**6.** Dispositivo come da rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che, al di sopra della seconda frequenza, la retta essenzialmente costante ha un valore  $DU'$  compreso in un intervallo  $[0,6; 0,9]$  e preferibilmente uguale a 0,7, e che, al di sotto della prima frequenza, la retta essenzialmente costante ha un valore uguale ad  $a \cdot DU'$ , laddove:  $0 \leq a' < 1$ . (fig. 5)

**7.** Dispositivo come da rivendicazione 1 o 6, il primo e il secondo segnale audio e il segnale audio missato essendo segnali audio  $(A[k], B[k], S[k])$  convertiti nell'intervallo di frequenza, caratterizzato dal fatto che il dispositivo combinatorio (310) volto alla derivazione di un segnale combinatorio  $C[k]$  è atto all'esecuzione di un trattamento del segnale secondo la formula:

$$C[k] = ((1+L) \cdot (eA[k] + eB[k]) / ((1+L) \cdot (eA[k] + eB[k]) + 2 \cdot xAB[k]))^{1/2}$$

laddove

$eA[k]$  ed  $eB[k]$  sono rispettivamente il primo e il secondo segnale di potenza,  $xAB[k]$  è il segnale di correlazione incrociata,  $L$  è un parametro di limitazione costante il cui valore è non negativo e preferibilmente compreso nell'intervallo  $[0,05; 0,5]$ , e  $k$  è un parametro frequenziale. (fig. 3)

**8.** Dispositivo come da rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che lo scaler (309) è atto allo scaling del segnale combinatorio mediante il segnale di scaling, allo scopo di derivare il segnale combinatorio scalato secondo la formula:

$$(C[k] - 1) \cdot D'[k] + 1$$

laddove  $D'[k]$  è il segnale di scaling. (fig. 3)

**9.** Dispositivo come da rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto che il dispositivo (306) volto alla derivazione di un parametro moltiplicatore è inoltre atto alla derivazione dell'unico parametro moltiplicatore dal segnale combinatorio scalato secondo la formula:

$$m[k] = (C[k] - 1) \cdot D'[k] + 1$$

laddove  $m[k]$  è l'unico parametro moltiplicatore. (fig. 3)

**10.** Dispositivo come da rivendicazione 4 o 7, caratterizzato dal fatto che  $L = 0$ . (figg. 4, 6)

**11.** Dispositivo come da una delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che il dispositivo è provvisto di un rivelatore di soglia (411) per

- appurare se il segnale di correlazione incrociata è inferiore a un valore di soglia (T) preventivamente stabilito,

## IRT110

- produrre un segnale di comando commutazione in risposta all'essere al di sotto del valore di soglia (T) da parte del segnale di correlazione incrociata, e

- addurre detto segnale di comando commutazione al dispositivo volto alla deduzione (406, 406') dei parametri moltiplicatori,

e dal fatto che il dispositivo (406, 406') volto alla deduzione di un parametro moltiplicatore è atto alla commutazione, in funzione della ricezione del segnale di comando commutazione (415), a un altro trattamento del segnale (406') del primo e del secondo segnale di potenza e del segnale di correlazione incrociata, allo scopo di derivare da ciò un primo parametro moltiplicatore ( $m_A[k]$ ) e derivare un secondo parametro moltiplicatore ( $m_B[k]$ ) avente un valore costante, e dal fatto che l'unità moltiplicativa e combinatoria (407) è inoltre atta all'esecuzione di un trattamento del segnale praticato sul primo e sul secondo segnale audio, che equivale alla moltiplicazione del primo segnale audio per il primo parametro moltiplicatore, moltiplicazione del secondo segnale audio per il secondo parametro moltiplicatore, e combinazione del primo segnale audio e del secondo segnale audio così moltiplicati. (fig. 4)

**12.** Dispositivo come da rivendicazione 11, il primo e il secondo segnale audio e il segnale audio missato essendo segnali audio ( $A[k]$ ,  $B[k]$ ,  $S[k]$ ) convertiti nell'intervallo di frequenza, caratterizzato dal fatto che lo scaler (409') è atto alla commutazione, in funzione della ricezione del segnale di comando commutazione (415), a un altro scaling del segnale di correlazione incrociata, allo scopo di derivare il segnale di correlazione incrociata scalato secondo la formula:

$$y'_{AB}[k] = x_{AB}[k] \cdot D''[k]$$

laddove  $y'_{AB}[k]$  è il segnale di correlazione incrociata scalato,  $x_{AB}[k]$  è il segnale di correlazione incrociata,  $D''[k]$  è l'altro segnale di scaling e  $k$  è un parametro frequenziale. (figg. 4, 8)

**13.** Dispositivo come da rivendicazione 12, caratterizzato dal fatto che l'altro segnale di scaling ( $D''[k]$ ) ha una curva caratteristica di frequenza che al di sotto di una terza frequenza ( $kL''$ ) è una retta essenzialmente costante, cresce tra la terza frequenza ( $kL''$ ) e una quarta frequenza maggiore ( $kU''$ ), e al di sopra della quarta frequenza è di nuovo una retta essenzialmente costante. (fig. 8)

**14.** Dispositivo come da rivendicazione 13, caratterizzato dal fatto che, al di sopra della quarta frequenza ( $kU''$ ), la retta essenzialmente costante ha un valore  $DU''$

## IRT110

compreso in un intervallo  $[0,5; 1]$  e preferibilmente uguale a 1, e che, al di sotto della terza frequenza ( $kL''$ ), la retta essenzialmente costante ha un valore uguale ad  $a'' \cdot DU''$ , laddove  $a''$  è compreso in un intervallo  $[0; 1]$ . (fig. 8)

**15.** Dispositivo come da una delle rivendicazioni da 12 a 14, caratterizzato dal fatto che il dispositivo (406') volto alla derivazione dei parametri moltiplicatori è atto alla derivazione del primo parametro moltiplicatore ( $mA[k]$ ) secondo la formula:

$$((y'AB[k] / (eA[k] + L' \cdot eB[k]))^2 + 1)^{1/2} - y'AB[k] / (eA[k] + L' \cdot eB[k])$$

laddove

$eA[k]$  ed  $eB[k]$  sono rispettivamente il primo e il secondo segnale di potenza,  $y'AB[k]$  è il segnale di correlazione incrociata scalato,  $L'$  è un parametro di limitazione costante il cui valore è non negativo e preferibilmente compreso nell'intervallo  $[0,05; 0,5]$ , e  $k$  è un parametro frequenziale, e dal fatto che il secondo parametro moltiplicatore ( $mB[k]$ ) ha un valore pari a 1. (figg. 4, 6)

**16.** Dispositivo come da una delle rivendicazioni da 11 a 15, caratterizzato dal fatto che il valore di soglia preventivamente stabilito ( $T$ ) è uguale a zero.

**17.** Dispositivo secondo una delle rivendicazioni da 13 a 16, caratterizzato dal fatto che la prima frequenza è uguale alla terza frequenza e la seconda frequenza è uguale alla quarta frequenza.

**18.** Dispositivo come da rivendicazione 2, 6 o 14, caratterizzato dal fatto che  $a$  e  $a'$  sono preferibilmente uguali a 0 e  $a''$  è preferibilmente uguale a 1.

**19.** Dispositivo come da rivendicazione 15, caratterizzato dal fatto che  $L' = 0$ .

**20.** Dispositivo secondo una delle rivendicazioni da 3 a 19, caratterizzato dal fatto che il primo dispositivo (104) è atto alla derivazione del primo segnale di potenza secondo la formula:

$$eA[k] = \text{Re}(A[k]) \cdot \text{Re}(A[k]) + \text{Im}(A[k]) \cdot \text{Im}(A[k]),$$

laddove  $A[k]$  sono i valori del primo segnale audio convertiti nell'intervallo di frequenza,

il secondo dispositivo (105) è atto alla derivazione del secondo segnale di potenza secondo la formula:

$$eB[k] = \text{Re}(B[k]) \cdot \text{Re}(B[k]) + \text{Im}(B[k]) \cdot \text{Im}(B[k]),$$

laddove  $B[k]$  sono i valori del secondo segnale audio convertiti nell'intervallo di frequenza,

il dispositivo di correlazione incrociata (103) è atto alla derivazione del segnale di

## **IRT110**

correlazione incrociata secondo la formula:

$$x_{AB}[k] = \text{Re}(A[k]) \cdot \text{Re}(B[k]) + \text{Im}(A[k]) \cdot \text{Im}(B[k]),$$

e laddove Re e Im sono rispettivamente le parti reali e immaginarie di questi valori di segnale dell'intervallo di frequenza. (fig. 1)

**ANSPRÜCHE**

1. Einrichtung zum Mischen von wenigstens zwei Audiosignalen, versehen mit
- Eingängen (101, 102) zum Empfangen der wenigstens zwei Audiosignale,
  - einer ersten Einrichtung (104) zum Ableiten eines ersten Leistungssignals, das ein Maß für die Leistung des ersten Audiosignals ist,
  - einer zweiten Einrichtung (105) zum Ableiten eines zweiten Leistungssignals, das ein Maß für die Leistung des zweiten Audiosignals ist,
  - einer Kreuzkorreliereinrichtung (103) zum Ableiten eines Kreuzkorrelationssignals, das ein Maß für eine Kreuzkorrelation zwischen dem ersten und dem zweiten Audiosignal ist,
  - einer Einrichtung (106) zum Ableiten mindestens eines Multiplikationsparameters aus dem ersten und dem zweiten Leistungssignal und dem Kreuzkorrelationssignal,
  - einer Multiplikations- und Kombiniereinheit (107) zum Ausführen einer auf das erste und das zweite Audiosignal angewendeten Signalverarbeitung, die äquivalent ist zum
    - o Multiplizieren des ersten Audiosignals mit einem Multiplikationsparameter,
    - o Multiplizieren des zweiten Audiosignals mit einem Multiplikationsparameter,
    - o Kombinieren der so multiplizierten ersten und zweiten Audiosignale zum Erzeugen eines gemischten Audiosignals,dadurch gekennzeichnet,
- dass die Einrichtung zum Ableiten eines Multiplikationsparameters (106) versehen ist mit einer Kombiniereinrichtung (110) zum Ableiten eines Kombinationssignals, das ein Maß für die Kombination des ersten und zweiten Leistungssignals und des Kreuzkorrelationssignals ist, und mit einer Skalierungseinrichtung (109) zum Skalieren eines Signals in der Einrichtung zum Ableiten eines Multiplikationsparameters mit einem Skalierungssignal,
- dass das Skalierungssignal ( $D[k]$ ) eine Frequenzkennlinie hat, die unterhalb einer ersten Frequenz ( $kL$ ) eine hauptsächlich konstante Gerade ist, zwischen der ersten Frequenz ( $kL$ ) und einer höheren zweiten Frequenz ( $kU$ ) ansteigt und oberhalb der zweiten Frequenz wiederum eine hauptsächlich konstante Gerade ist,
- dass die Einrichtung zum Ableiten eines Multiplikationsparameters (106) eingerichtet ist zum Ableiten eines einzigen Multiplikationsparameters ( $m[k]$ ) aus dem Kombinationssignal, und

## IRT110

das die Multiplikations- und Kombiniereinheit (107) eingerichtet ist zum Ausführen einer auf das erste und das zweite Audiosignal angewendeten Signalverarbeitung, die äquivalent ist zum

- o Multiplizieren des ersten Audiosignals und des zweiten Audiosignals mit diesem einzigen Multiplikationsparameter, und
- o Kombinieren der so multiplizierten ersten und zweiten Audiosignale.

(Fig. 1, 2)

2. Einrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die hauptsächlich konstante Gerade oberhalb der zweiten Frequenz einen Wert  $DU$  hat, der in einem Wertbereich  $[0,36; 0,81]$  liegt und bevorzugt gleich  $0,49$  ist, und die hauptsächlich konstante Gerade unterhalb der ersten Frequenz einen Wert hat, der gleich  $a \cdot DU$  ist, wobei für  $a$  gilt:  $0 \leq a < 1$ . (Fig. 2)

3. Einrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei das erste und das zweite Audiosignal und das gemischte Audiosignal in den Frequenzbereich umgesetzte Audiosignale ( $A[k]$ ,  $B[k]$ ,  $S[k]$ ) sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Skalierungseinrichtung (109) eingerichtet ist zum Skalieren des Kreuzkorrelationssignals mit dem Skalierungssignal zum Ableiten eines skalierten Kreuzkorrelationssignals gemäß:

$$y_{AB}[k] = x_{AB}[k] \cdot D[k]$$

wobei  $y_{AB}[k]$  das skalierte Kreuzkorrelationssignal ist,  $x_{AB}[k]$  das Kreuzkorrelationssignal ist,  $D[k]$  das Skalierungssignal ist und  $k$  ein Frequenzparameter ist. (Fig. 1)

4. Einrichtung gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Kombiniereinrichtung (110) eingerichtet ist zum Ableiten des Kombinationssignals  $C[k]$  gemäß:

$$C[k] = ((1+L) \cdot (eA[k] + eB[k]) / ((1+L) \cdot (eA[k] + eB[k]) + 2 \cdot y_{AB}[k]))^{1/2}$$

wobei  $eA[k]$  bzw.  $eB[k]$  das erste bzw. das zweite Leistungssignal sind und  $L$  ein konstanter Begrenzungsparameter ist, dessen Wert nichtnegativ ist und vorzugsweise im Wertbereich  $[0,05; 0,5]$  liegt. (Fig. 1)

5. Einrichtung gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (106) zum Ableiten eines Multiplikationsparameters weiter eingerichtet ist zum Ableiten des einzigen Multiplikationsparameters aus dem Kombinationssignal gemäß:

$$m[k] = C[k]$$

wobei  $m[k]$  der einzige Multiplikationsparameter ist. (Fig. 1)

6. Einrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die hauptsächlich

## IRT110

konstante Gerade oberhalb der zweiten Frequenz einen Wert  $DU'$  hat, der in einem Wertebereich  $[0,6; 0,9]$  liegt und bevorzugt gleich 0,7 ist, und die hauptsächlich konstante Gerade unterhalb der ersten Frequenz einen Wert hat, der gleich  $a' \cdot DU'$  ist, wobei für  $a'$  gilt:  $0 \leq a' < 1$ . (Fig. 5)

7. Einrichtung gemäß Anspruch 1 oder 6, wobei das erste und das zweite Audiosignal und das gemischte Audiosignal in den Frequenzbereich umgesetzte Audiosignale ( $A[k]$ ,  $B[k]$ ,  $S[k]$ ) sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Kombiniereinrichtung (310) zum Ableiten eines Kombinationssignals  $C[k]$  eingerichtet ist zum Ausführen einer Signalverarbeitung gemäß:

$$C[k] = ((1+L) \cdot (eA[k] + eB[k]) / ((1+L) \cdot (eA[k] + eB[k]) + 2 \cdot xAB[k]))^{1/2}$$

wobei

$eA[k]$  das bzw.  $eB[k]$  das erste bzw. das zweite Leistungssignal sind,  $xAB[k]$  das Kreuzkorrelationssignal ist,  $L$  ein konstanter Begrenzungsparameter ist, dessen Wert nichtnegativ ist und vorzugsweise im Wertebereich  $[0,05; 0,5]$  liegt und  $k$  ein Frequenzparameter ist. (Fig. 3)

8. Einrichtung gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Skalierungseinrichtung (309) eingerichtet ist zum Skalieren des Kombinationssignals mit dem Skalierungssignal zum Ableiten des skalierten Kombinationssignals gemäß:

$$(C[k] - 1) \cdot D'[k] + 1$$

wobei  $D'[k]$  das Skalierungssignal ist. (Fig. 3)

9. Einrichtung gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (306) zum Ableiten eines Multiplikationsparameters weiter eingerichtet ist zum Ableiten des einzigen Multiplikationsparameters aus dem skalierten Kombinationssignal gemäß:

$$m[k] = (C[k] - 1) \cdot D'[k] + 1$$

wobei  $m[k]$  der einzige Multiplikationsparameter ist. (Fig. 3)

10. Einrichtung gemäß Anspruch 4 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass  $L = 0$  ist. (Fig. 4, 6)

11. Einrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung versehen ist mit einem Schwellwertdetektor (411) zum

- Feststellen, ob das Kreuzkorrelationssignal einen vorab festgelegten Schwellwert ( $T$ ) unterschreitet,
- Erzeugen eines Umschaltsteuersignals in Antwort auf das Unterschreiten des Schwellwerts ( $T$ ) durch das Kreuzkorrelationssignal, und

- Zuführen dieses Umschaltsteuersignals an die Einrichtung zum Ableiten (406, 406') der Multiplikationsparameter, und dass die Einrichtung (406, 406') zum Ableiten eines Multiplikationsparameters eingerichtet ist zum vom Empfang des Umschaltsteuersignals (415) abhängigen Umschalten auf eine andere Signalverarbeitung (406') des ersten und des zweiten Leistungssignals und des Kreuzkorrelationssignals zum daraus Ableiten eines ersten Multiplikationsparameters ( $m_A[k]$ ) und zum Ableiten eines zweiten Multiplikationsparameters ( $m_B[k]$ ) mit einem konstanten Wert, und dass die Multiplikations- und Kombiniereinheit (407) weiter eingerichtet ist zum Ausführen einer auf das erste und das zweite Audiosignal angewendeten Signalverarbeitung, die äquivalent ist zum Multiplizieren des ersten Audiosignals mit dem ersten Multiplikationsparameter, Multiplizieren des zweiten Audiosignals mit dem zweiten Multiplikationsparameter und Kombinieren des so multiplizierten ersten Audiosignals und multiplizierten zweiten Audiosignals. (Fig. 4)

**12.** Einrichtung gemäß Anspruch 11, wobei das erste und das zweite Audiosignal und das gemischte Audiosignal in den Frequenzbereich umgesetzte Audiosignale ( $A[k]$ ,  $B[k]$ ,  $S[k]$ ) sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Skalierungseinrichtung (409') eingerichtet ist zum vom Empfang des Umschaltsteuersignals (415) abhängigen Umschalten auf eine andere Skalierung des Kreuzkorrelationssignals zum Ableiten des skalierten Kreuzkorrelationssignals gemäß:

$$y'_{AB}[k] = x_{AB}[k] \cdot D''[k]$$

wobei  $y'_{AB}[k]$  das skalierte Kreuzkorrelationssignal ist,  $x_{AB}[k]$  das Kreuzkorrelationssignal ist,  $D''[k]$  das andere Skalierungssignal ist und  $k$  ein Frequenzparameter. (Fig. 4, 8)

**13.** Einrichtung gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das andere Skalierungssignal ( $D''[k]$ ) eine Frequenzkennlinie hat, die unterhalb einer dritten Frequenz ( $k_L''$ ) eine hauptsächlich konstante Gerade ist, zwischen der dritten Frequenz ( $k_L''$ ) und einer höheren vierten Frequenz ( $k_U''$ ) ansteigt und oberhalb der vierten Frequenz wiederum eine hauptsächlich konstante Gerade ist. (Fig. 8)

**14.** Einrichtung gemäß Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die hauptsächlich konstante Gerade oberhalb der vierten Frequenz ( $k_U''$ ) einen Wert  $D_U''$  hat, der in einem Wertbereich  $[0,5; 1]$  liegt und bevorzugt gleich 1 ist, und die hauptsächlich konstante Gerade unterhalb der dritten Frequenz ( $k_L''$ ) einen Wert hat, der gleich  $a'' \cdot D_U''$  ist, wobei  $a''$  in einem Wertbereich  $[0; 1]$  liegt. (Fig. 8)

## IRT110

15. Einrichtung gemäß einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (406') zum Ableiten der Multiplikationsparameter eingerichtet ist zum Ableiten des ersten Multiplikationsparameters ( $m_A[k]$ ) gemäß:

$$((y'AB[k] / (eA[k] + L' \cdot eB[k]))^2 + 1)^{1/2} - y'AB[k] / (eA[k] + L' \cdot eB[k])$$

wobei

$eA[k]$  bzw.  $eB[k]$  das erste bzw. das zweite Leistungssignal ist,  $y'AB[k]$  das skalierte Kreuzkorrelationssignal ist,  $L'$  ein konstanter Begrenzungsparameter ist, dessen Wert nichtnegativ ist und vorzugsweise im Wertbereich  $[0,05; 0,5]$  liegt,  $k$  ein Frequenzparameter ist, und dass der zweite Multiplikationsparameter ( $m_B[k]$ ) einen Wert gleich 1 hat. (Fig. 4, 6)

16. Einrichtung gemäß einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der vorab festgelegte Schwellwert ( $T$ ) gleich null ist.

17. Einrichtung gemäß einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Frequenz gleich der dritten Frequenz ist und die zweite Frequenz gleich der vierten Frequenz.

18. Einrichtung gemäß Anspruch 2, 6 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass  $a$  und  $a'$  bevorzugt gleich 0 sind und  $a''$  bevorzugt gleich 1.

19. Einrichtung gemäß Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass  $L' = 0$ .

20. Einrichtung gemäß einem der Ansprüche 3 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Einrichtung (104) eingerichtet ist zum Ableiten des ersten Leistungssignals gemäß:

$$eA[k] = \text{Re}(A[k]) \cdot \text{Re}(A[k]) + \text{Im}(A[k]) \cdot \text{Im}(A[k])$$

wobei  $A[k]$  die in den Frequenzbereich umgesetzten Werte des ersten Audiosignals sind,

die zweite Einrichtung (105) eingerichtet ist zum Ableiten des zweiten Leistungssignals gemäß:

$$eB[k] = \text{Re}(B[k]) \cdot \text{Re}(B[k]) + \text{Im}(B[k]) \cdot \text{Im}(B[k])$$

wobei  $B[k]$  die in den Frequenzbereich umgesetzten Werte des zweiten Audiosignals sind, und

die Kreuzkorreliereinrichtung (103) eingerichtet ist zum Ableiten des Kreuzkorrelationssignals gemäß:

$$x_{AB}[k] = \text{Re}(A[k]) \cdot \text{Re}(B[k]) + \text{Im}(A[k]) \cdot \text{Im}(B[k]),$$

und wobei  $\text{Re}$  bzw.  $\text{Im}$  die reellen bzw. imaginären Teile dieser Frequenzbereichssignalwerte sind. (Fig. 1)

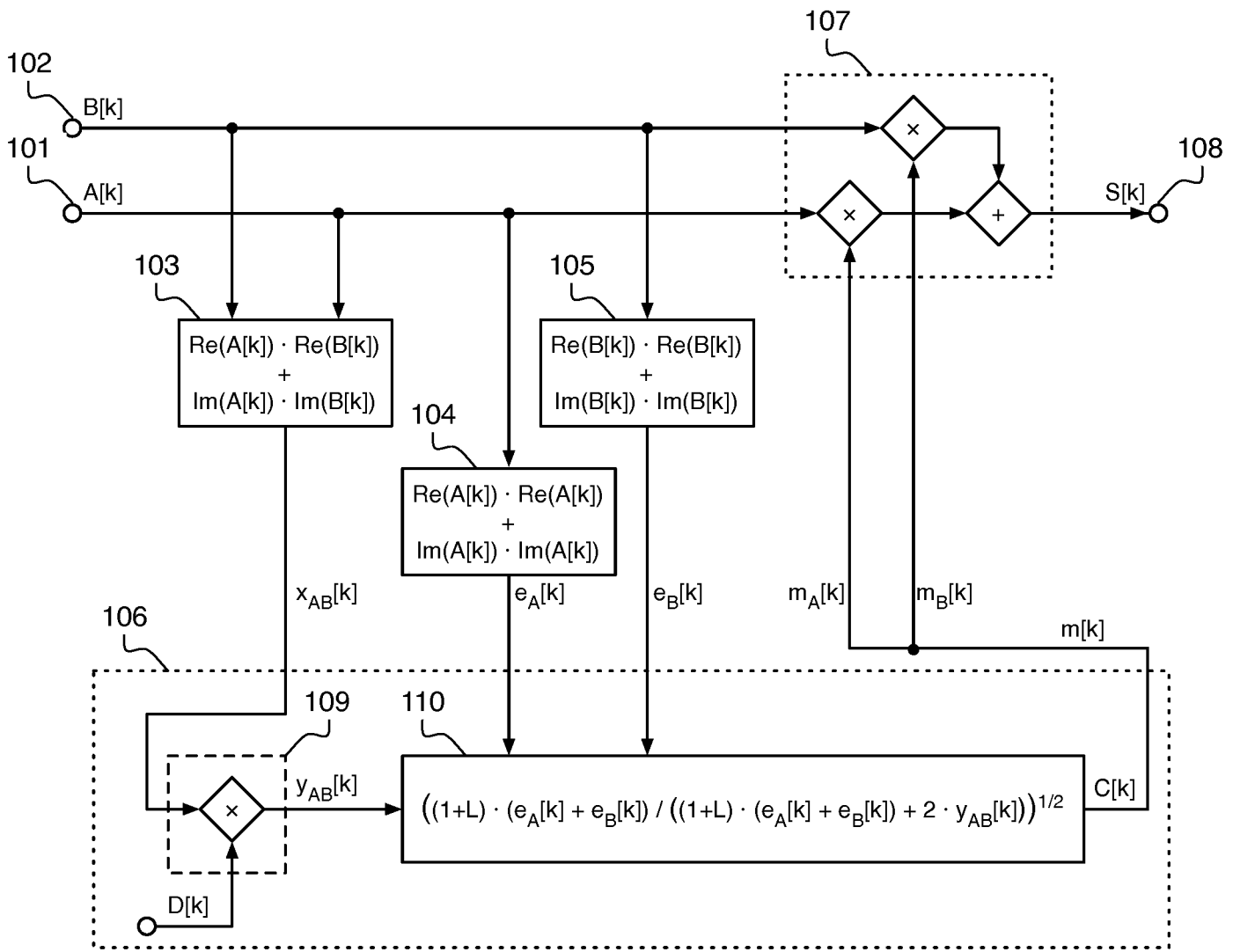


Fig. 1

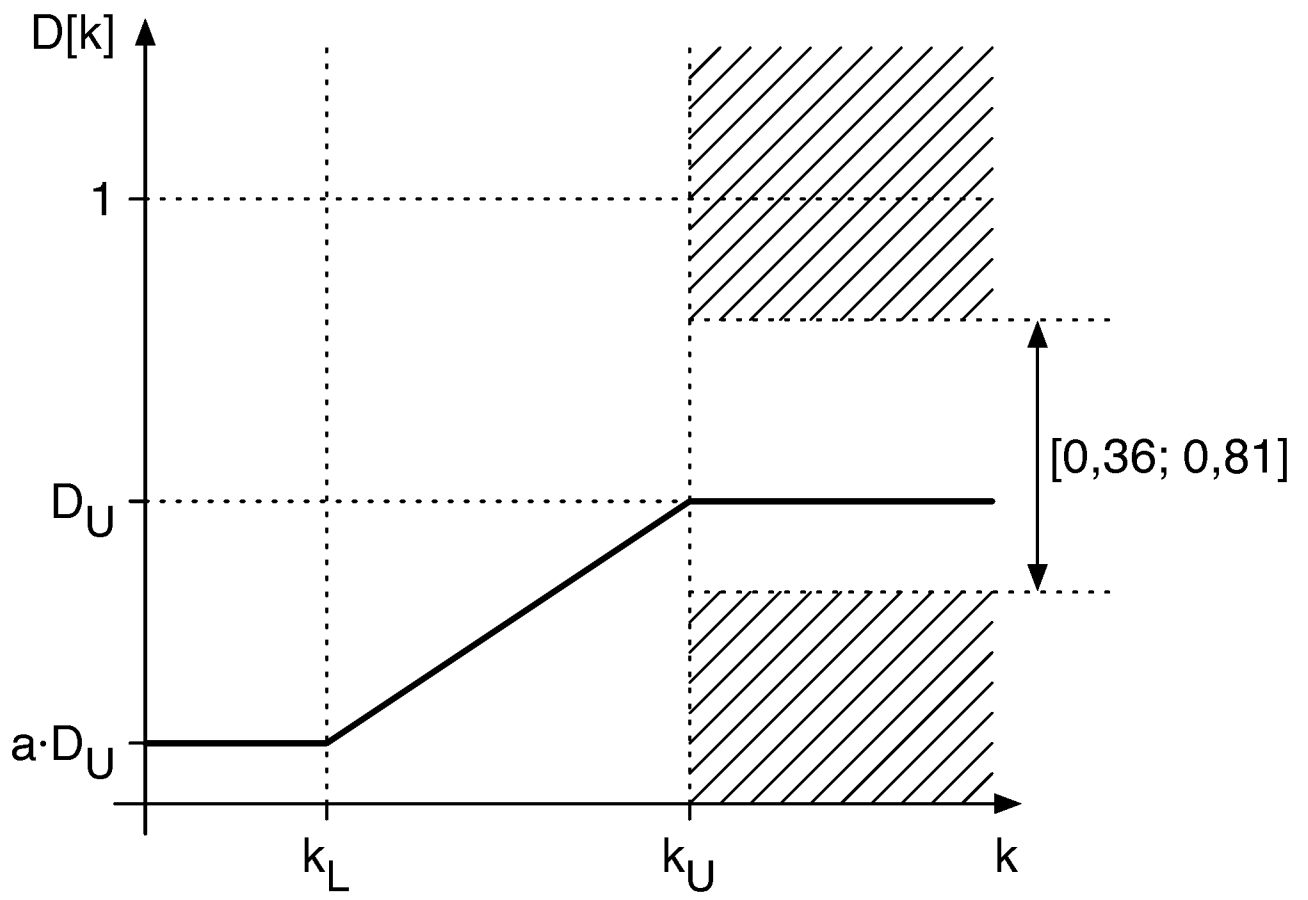


Fig. 2

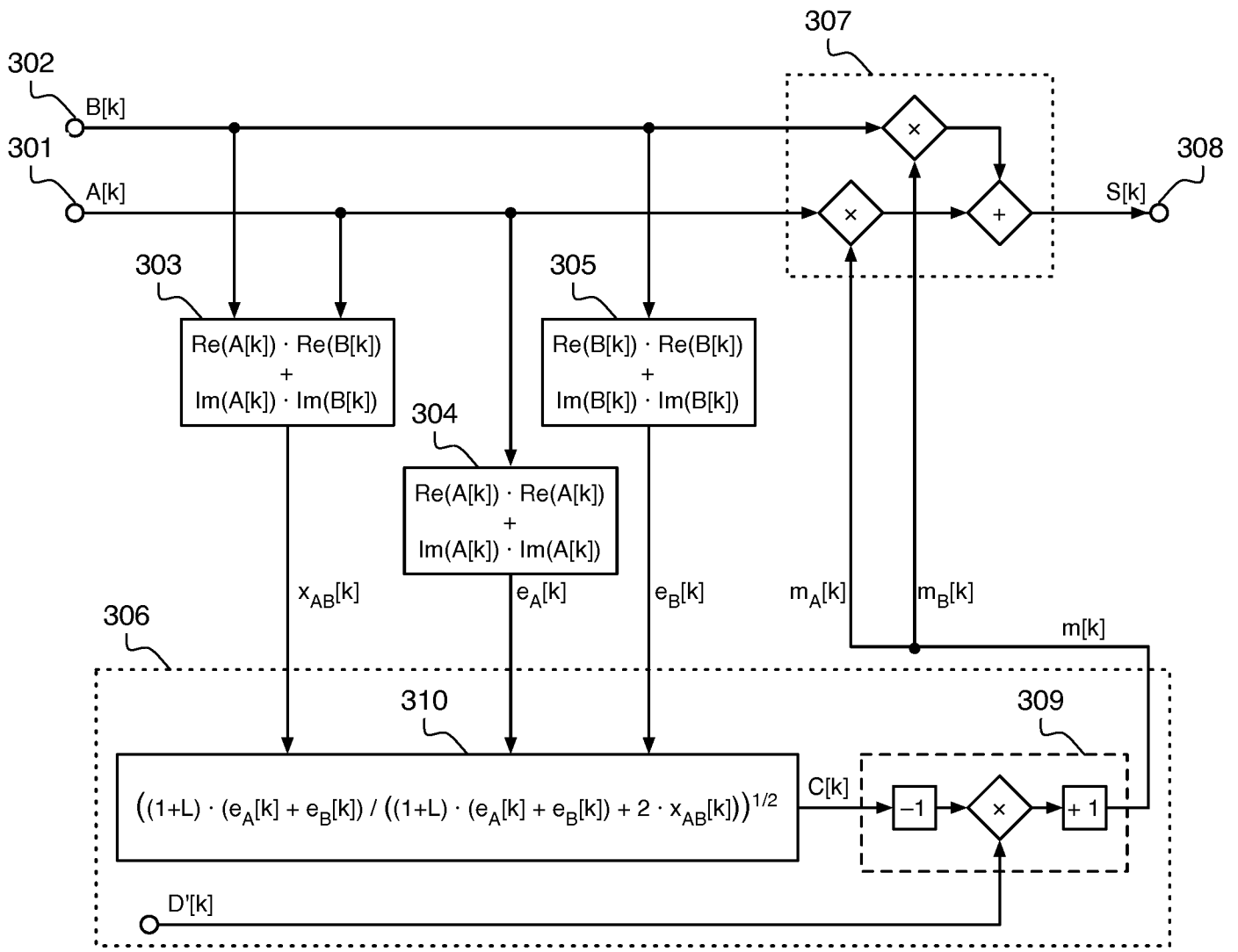


Fig. 3

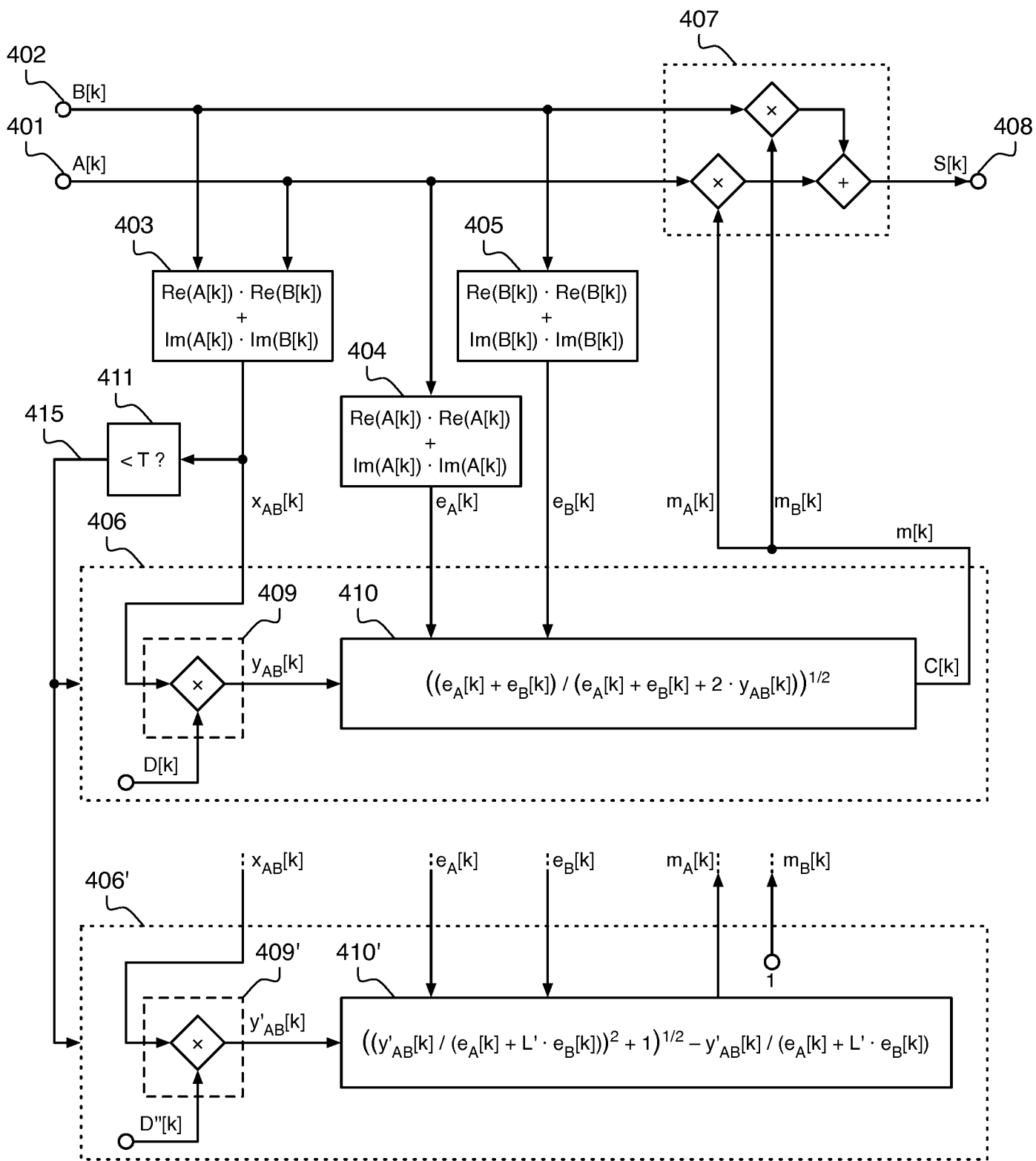


Fig. 4

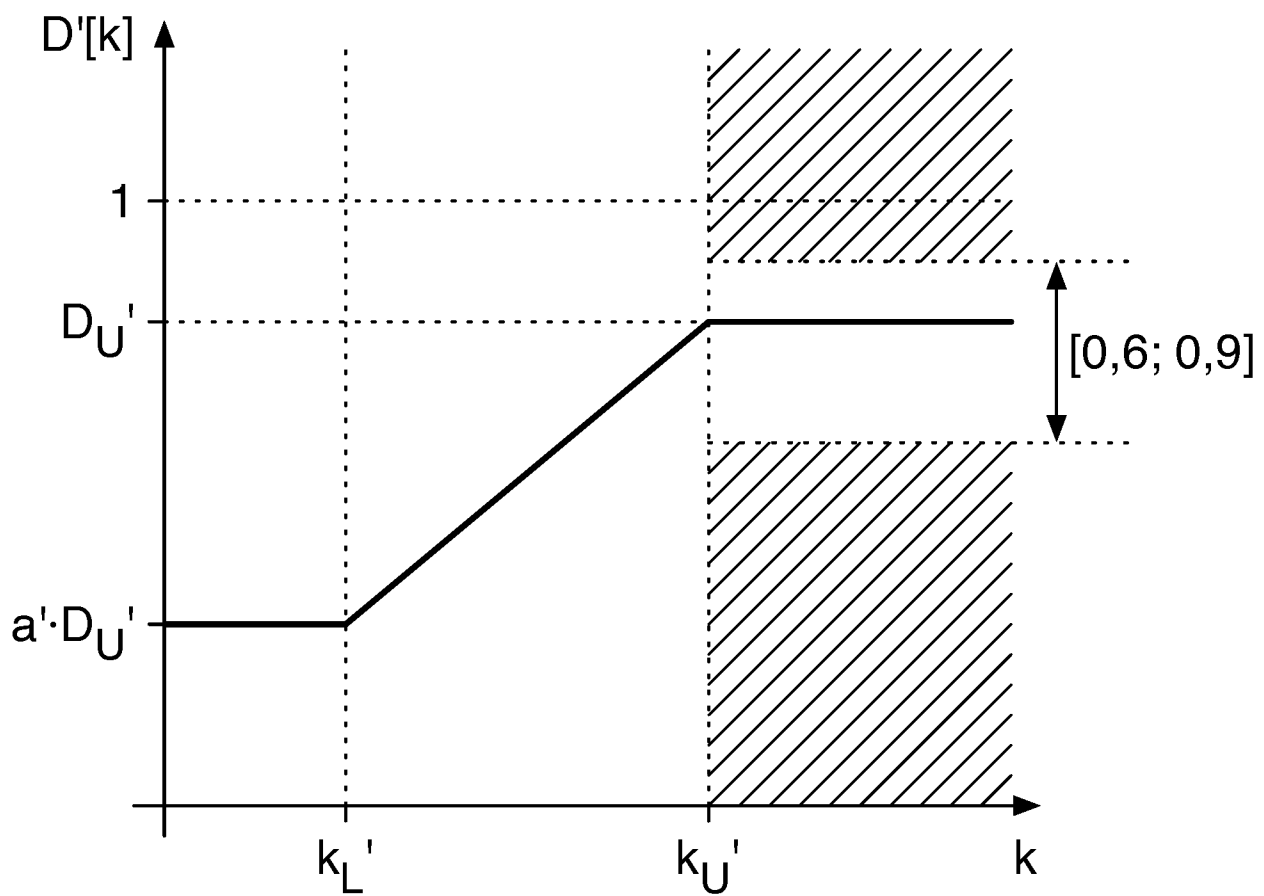


Fig. 5

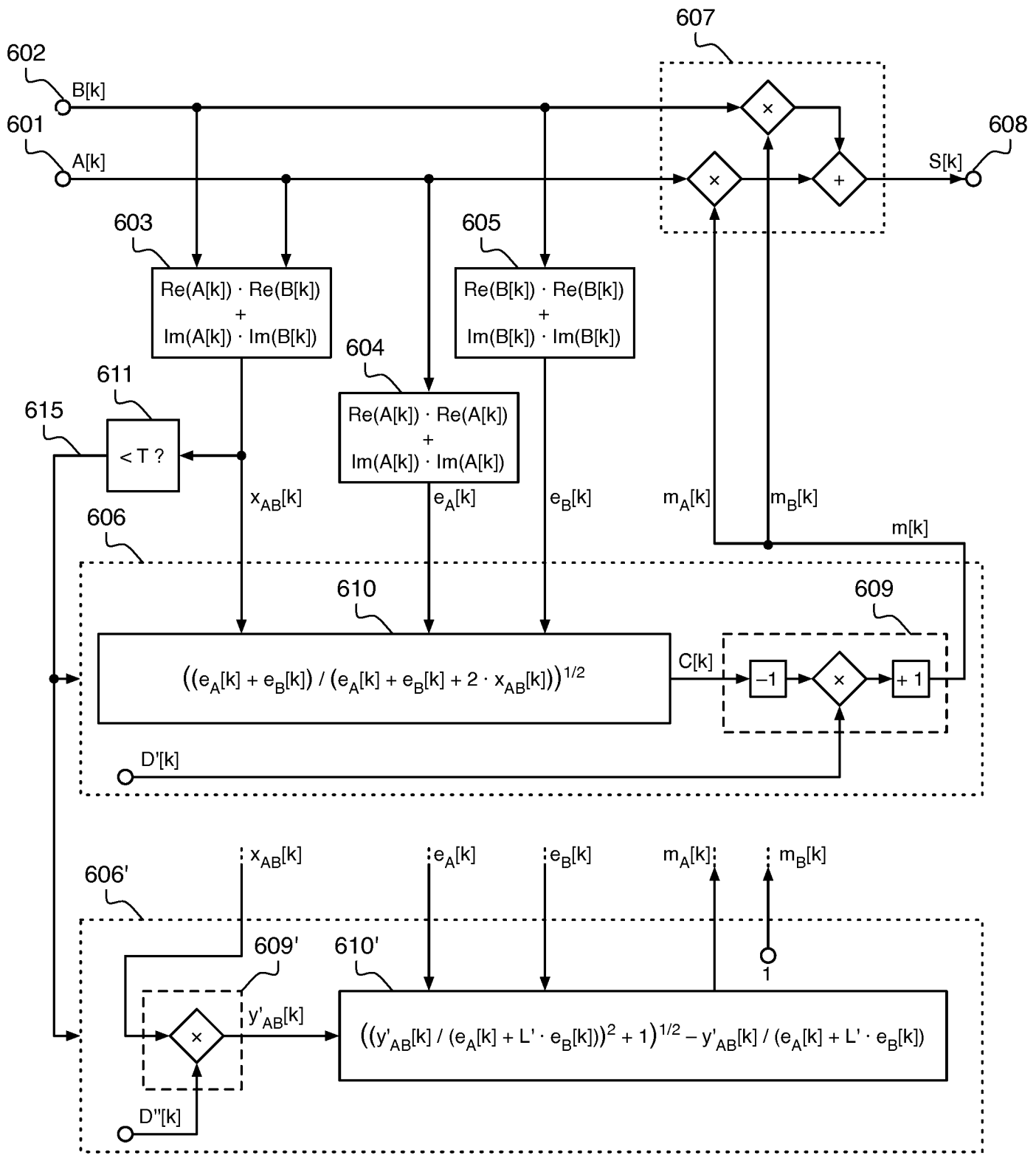


Fig. 6

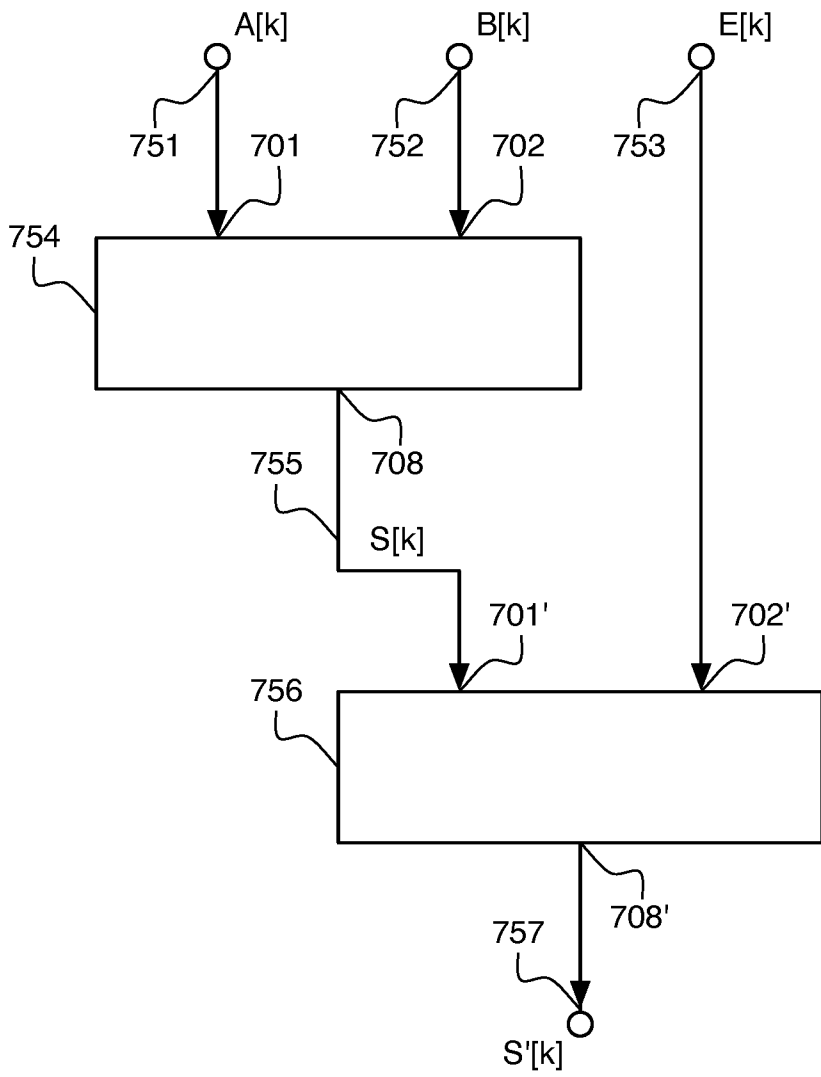


Fig. 7

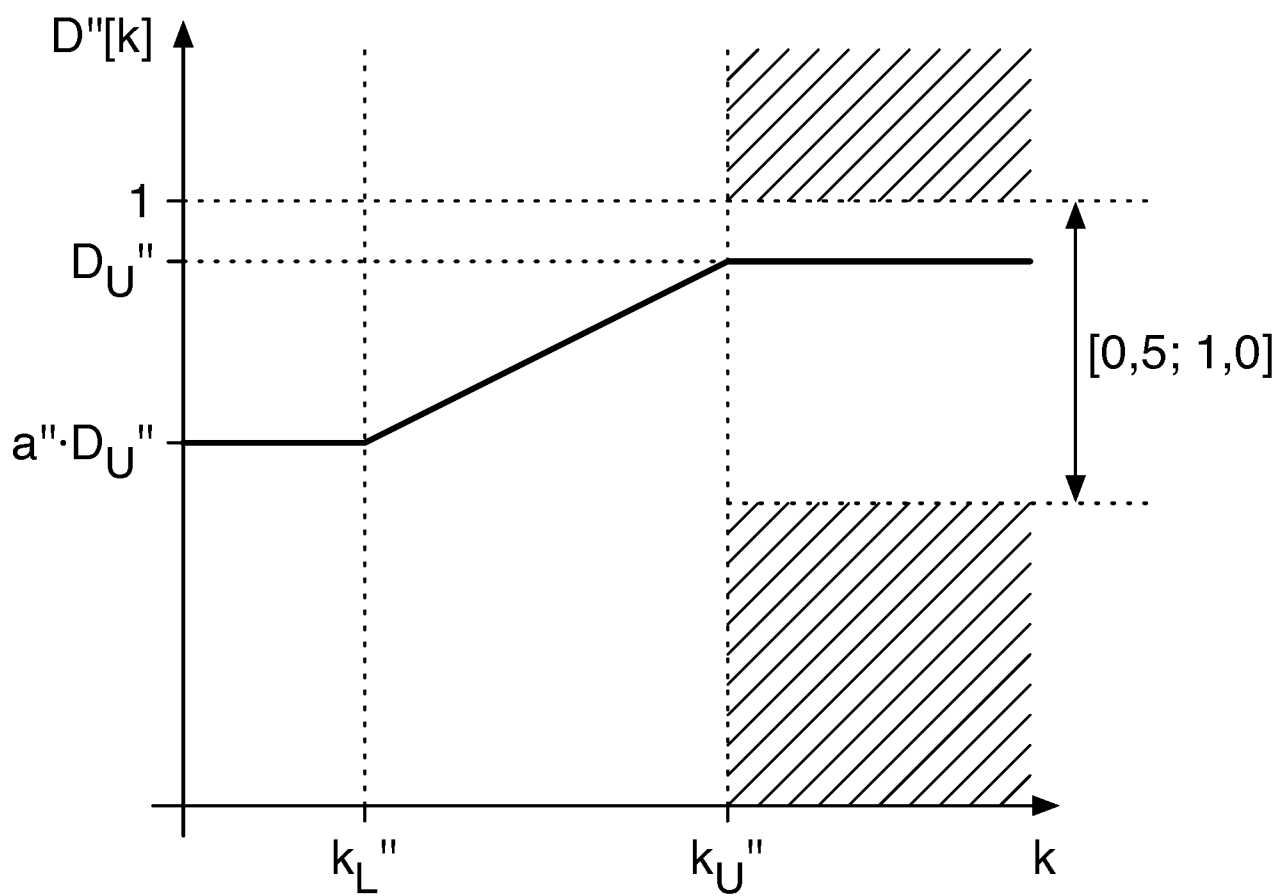


Fig. 8