



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102015000087603
Data Deposito	23/12/2015
Data Pubblicazione	23/06/2017

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	04	B	7	04

Titolo

DISPOSITIVO E SISTEMA PER LA RADIOCOMUNICAZIONE CON PROTOCOLLO MIMO

Descrizione di Brevetto per Invenzione Industriale avente per titolo:
`DISPOSITIVO E SISTEMA PER LA RADIOCOMUNICAZIONE
CON PROTOCOLLO MIMO`.

A nome: FERRARI Miki, di cittadinanza italiana, residente in 42030
VEZZANO SUL CROSTOLO (RE).

Inventore designato: LO STESSO RICHIEDENTE.

DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce ad un dispositivo e sistema per la radiocomunicazione con protocollo MIMO.

Nel particolare ambito delle radiocomunicazioni, è noto l'impiego dello standard di comunicazione 802.11n che consente di operare nell'intorno delle frequenze di 2,4 GHz e 5 GHz ad una velocità di trasmissione intorno ai 300Mb/s.

Lo standard 802.11n permette l'utilizzo della tecnologia MIMO (`Multiple Input Multiple Output`).

In particolare, la tecnologia MIMO consente di utilizzare una molteplicità di antenne per trasmettere ed una molteplicità di antenne per ricevere, incrementando così la fornitura di data rate e migliorando il BER (`Bit Error Rate`), utilizzando una moltiplicazione di tipo spaziale che consente all'utente di usufruire di un servizio migliore.

In particolare, la tecnologia MIMO consente di sfruttare la propagazione multi-cammino, migliorando quindi le prestazioni dei collegamenti radio a banda larga in ambienti di propagazione affetti da cammini multipli, dovuti alla presenza di palazzi o oggetti che provocano la riflessione dei segnali.

Nei sistemi di trasmissione wireless, i sistemi per la radiocomunicazione con protocollo MIMO utilizzano arrays di antenne multiple sia in trasmissione che in ricezione e le relazioni tra i segnali di ingresso ed i segnali di uscita sono rappresentate da una matrice di canale che comprende tutti i possibili percorsi dei cammini dei segnali tra le antenne in trasmissione e le antenne in ricezione.

Il canale radio comprende l'ambiente di propagazione, i dispositivi di trasmissione e di ricezione ed il circuito di elaborazione connesso ai dispositivi stessi.

Nei sistemi MIMO ogni antenna ricevente riceve i segnali trasmessi da parte di ogni antenna trasmittente e il canale di comunicazione può essere rappresentato da una matrice $NR \times NT$, dove con NR si intende il numero di antenne riceventi e con NT il numero di antenne trasmittenti, in cui gli elementi della matrice corrispondono alla risposta impulsiva dell'equivalente passa-basso per ogni combinazione di antenne trasmittenti e riceventi.

La relazione di ingresso-uscita di un sistema SISO (`Single Input Single Output_) può essere scritta come:

$$y(t) = h(t)x(t) + n(t)$$

Dove $y(t)$, $x(t)$ e $n(t)$ sono una realizzazione di un processo aleatorio che rappresentano, rispettivamente, il segnale ricevuto, il segnale trasmesso ed il rumore.

Fissando un istante di campionamento t_k , la relazione di ingresso-uscita diventa:

係隱傳碼

Dove y_k , x_k e n_k sono variabili aleatorie.

Il canale, generalmente, è un processo aleatorio e di conseguenza anche h_k è una variabile aleatoria, ma se il canale varia nel tempo lentamente allora h_k si può considerare costante in ogni istante k in cui il canale è costante.

Considerando un sistema per la radiocomunicazione con protocollo MIMO a banda stretta, rappresentato schematicamente in figura 1, la relazione ingresso-uscita in un generico istante può essere scritta come:

係隱傳碼

dove y rappresenta il vettore dei segnali ricevuti (avente dimensione N), x rappresenta il vettore dei segnali trasmessi (dimensione M), n rappresenta il vettore contenente i campioni di rumore (dimensione N) ed H rappresenta la matrice (dimensione NxM) delle risposte impulsive o matrice di canale e può essere scritta come:

$$\begin{matrix} & \text{金} & \text{伞} & \text{金} \\ & \text{傳} & \text{傳} & \text{傳} \\ \text{金} & \text{金} & \text{金} \end{matrix}$$

Le relazioni ingresso-uscita possono essere scritte nel seguente modo:

$$y = Hx + n$$

in cui il generico elemento h_{ij} rappresenta il coefficiente complesso di canale fra il j -esimo trasmettitore e l' i -esimo ricevitore.

Il segnale trasmesso da ognuna delle antenne trasmettenti arriva ad ognuna delle antenne riceventi, influenzando però il segnale di ciascuna antenna ricevente.

Tale comportamento è causato dalla propagazione multicammino e dalla presenza del fenomeno del 'fading', ovvero una forma di distorsione di un segnale che giunge a destinazione sotto forma di un certo numero di repliche sfasate nel tempo.

Considerando le funzioni di trasferimento MIMO nel caso di un modello in 'time diversity' e 'spatial diversity', ciascun coefficiente h_{ij} si riduce ad combinazione lineare di attenuazione e di ritardo del segnale iniziale.

A tal proposito, si precisa che, nell'ambito della presente trattazione, con il termine 'time diversity' si intende la particolare tecnica per la riduzione del fenomeno di fading in cui vengono trasmesse copie del segnale nel tempo mediante l'impiego di tecniche di codifica di canale che si combinano ai ritardi temporali introdotti tra le varie repliche del segnale trasmesso. In tal caso, per ottenere un corretto comportamento risulta necessario che la distanza temporale fra le repliche del segnale sia superiore al tempo di coerenza del canale.

Al contempo, con il termine 'spatial diversity' si intende la tecnica per la riduzione del fenomeno di fading in cui le repliche di ciascun segnale trasmesso sono ricevute da differenti antenne riceventi poste ad una distanza superiore alla lunghezza di coerenza.

Introducendo il concetto di multi-cammino e considerando i termini y_k come sommatorie delle copie ritardate ed attenuate dei vari segnali di ingresso x_k , i coefficienti h_{ij} della matrice H risultano modellizzate in prima approssimazione come segue:

否
金 嘴 電 池 保 護 組 合 便 捷 快 速 充 份
否

Nel particolare ambito di sistemi per le radiocomunicazioni mobili di nuova generazione, vengono impiegati gli standard di comunicazione LTE (Long Term Evolution) e LTE-Advanced, i quali fanno uso di schemi di trasmissione con protocollo MIMO per migliorare le prestazioni e raggiungere elevate velocit̄ di trasmissione dati.

Tali sistemi, particolarmente nell'ambito della comunicazione indoor, presentano il principale inconveniente di raggiungere difficilmente elevate prestazioni di radiotrasmissione a causa dell'insufficiente livello di rapporti segnale/rumore nella particolare area di servizio in cui si trovano gli utenti mobili.

Per ovviare a tali inconvenienti, - noto l'impiego della tecnologia DAS (Distributed Antenna System) in cui una pluralit̄ di antenne distanziate spazialmente tra loro sono collegate ad una sorgente comune, mediante un mezzo di trasporto, tramite cui avviene la trasmissione dei segnali all'interno di una determinata area.

La tecnologia DAS consente di estendere e di migliorare la copertura fornita all'utente mediante l'impiego dei sistemi per la radiocomunicazione con protocollo MIMO.

La combinazione delle tecnologie MIMO e DAS in ambienti indoor permette di sfruttare la possibilit̄ di distribuire opportunamente nello spazio le Remote Antenna Units (RAU).

Al fine di garantire buone performance, le antenne delle diverse RAU

devono essere disposte nello spazio in maniera ‘interleaved’, ovvero il più possibile interallacciate tra loro.

In altre parole, in un sistema interleaved-MIMO DAS (I-MIMO DAS) gli elementi degli arrays di antenne in trasmissione devono essere sufficientemente distanziati tra loro per consentire condizioni di propagazione diverse, ma allo stesso tempo sufficientemente vicini da consentire una sensibile sovrapposizione delle zone di copertura per poter utilizzare tutti i segnali provenienti dai diversi rami del sistema MIMO.

Tali sistemi per la radiocomunicazione interleaved-MIMO-DAS presentano il principale inconveniente legato alla necessità di introdurre una ridondanza di antenne interallacciate tra loro comportando, però, l’insorgenza di pluralità di distribuzioni dei segnali emessi dalle antenne trasmittenti alle antenne riceventi che influenzano i segnali delle antenne riceventi stesse.

Nello scenario outdoor - noto, ad esempio, l’impiego di sistemi per la radiocomunicazione di tipo SISO (Single Input Single Output) tra ponti radio punto-punto o punto-multipunto o di sistemi di tipo MIMO 2x2 realizzabili con singola antenna dual-polarity.

Tali sistemi presentano il principale inconveniente legato al fatto di presentare una notevole complessità di collegamento fisico tra le varie antenne ed i ponti radio.

Il compito principale della presente invenzione - quello di escogitare un dispositivo e sistema per la radiocomunicazione con protocollo MIMO che consenta di ridurre la complessità strutturale ed operativa nella

radiocomunicazione tra una o più antenne trasmittenti ed una o più antenne riceventi sia in scenari indoor che outdoor, e quindi una semplice installazione ed interconnessione tra le antenne stesse.

Altro scopo del presente trovato · quello di escogitare un dispositivo e sistema per la radiocomunicazione con protocollo MIMO che consenta di superare i menzionati inconvenienti della tecnica nota nell'ambito di una soluzione semplice, razionale, di facile ed efficace impiego e dal costo contenuto.

Gli scopi sopra esposti sono raggiunti dal presente dispositivo e sistema per la radiocomunicazione con protocollo MIMO avente, rispettivamente, le caratteristiche di rivendicazione 1 e 9.

Altre caratteristiche e vantaggi della presente invenzione risulteranno maggiormente evidenti dalla descrizione di una forma di esecuzione preferita, ma non esclusiva, di un dispositivo e sistema per la radiocomunicazione con protocollo MIMO, illustrata a titolo indicativo, ma non limitativo, nelle unte tavole di disegni in cui:

la figura 1 · una · uno schema a blocchi generale di un sistema per la radiocomunicazione con protocollo MIMO tra una pluralit̄ di antenne trasmittenti ed una pluralit̄ di antenne riceventi;

la figura 2 · uno schema a blocchi generale di un dispositivo secondo il trovato;

la figura 3 · uno schema a blocchi che mostra in dettaglio i mezzi di elaborazione del dispositivo di figura 2;

la figura 4 · uno schema a blocchi generale di un dispositivo secondo il

trovato;

la figura 5 · uno schema a blocchi che mostra in dettaglio i mezzi di elaborazione del dispositivo di figura 4;

la figura 6 · uno schema a blocchi generale di un sistema secondo il trovato;

la figura 7 · uno schema a blocchi che mostra in dettaglio i dispositivi del sistema di figura 6;

la figura 8 · uno schema a blocchi che mostra in dettaglio i dispositivi del sistema di figura 6 in una forma di realizzazione alternativa.

Il dispositivo 1 MISO per la radiocomunicazione con protocollo MIMO · atta alla comunicazione tra una pluralit̄ di antenne ricetrasmitteneti 2 di segnali a radiofrequenza e una singola antenna ricetrasmittenete 3 dei segnali a radiofrequenza stessi.

Nell ambito della presente trattazione, con il termine MISO (Multiple Input Single Output) si intende il particolare sottosistema di radiocomunicazione con protocollo MIMO di segnali a radiofrequenza via etere tra una pluralit̄ di antenne ricetrasmitteneti ed una singola antenna ricetrasmittenete.

Secondo il trovato, il dispositivo 1 comprende:

- una pluralit̄ di porte di ingresso 4 operativamente collegabili alla pluralit̄ di antenne ricetrasmitteneti 2. Pià in dettaglio, ognuna delle antenne ricetrasmitteneti 2 · collegata a ciascuna rispettiva porta di ingresso 4;
- una porta di uscita 5 operativamente collegabile ad un'antenna di uscita 6 atta a comunicare con la singola antenna ricetrasmittenete 3.

Preferibilmente, la porta di uscita 5 · costituita da un apposito connettore che consente il collegamento fisico all'antenna di uscita 6;

- mezzi di elaborazione 7 operativamente collegati alle porte di ingresso 4 e alla porta di uscita 5 ed atti ad elaborare i segnali a radiofrequenza provenienti dalla pluralit̄ di antenne ricetrasmittenenti 2 per l'ottenimento di un singolo segnale di uscita atto ad essere trasmesso dall'antenna di uscita 6 verso la singola antenna ricetrasmittenente 3.

Non si esclude, tuttavia, una forma di realizzazione alternativa mostrata in figura 2a in cui ciascuna delle porte di ingresso 4 del dispositivo 1 sono operativamente collegate ad una pluralit̄ di antenne ricetrasmittenenti 2, mentre l'antenna di uscita 6, operativamente collegata alla porta di uscita 5, comunica via etere con una pluralit̄ di antenne ricetrasmittenenti 3.

I mezzi di elaborazione 7 comprendono mezzi di ripartizione 8 operativamente collegati a ciascuna delle porte di ingresso 4 ed atti alla ripartizione di ciascuno dei segnali a radiofrequenza provenienti da ciascuna delle antenne ricetrasmittenenti 2 in una pluralit̄ di repliche dei segnali a radiofrequenza.

Nella preferita forma di realizzazione mostrata in figura 3, i mezzi di ripartizione 8 comprendono una pluralit̄ di unit̄ di ripartizione 8a ognuna delle quali · operativamente collegata, rispettivamente, a ciascuna delle porte di ingresso 4.

Pià in dettaglio, ognuna delle unit̄ di ripartizione 8a · del tipo di un 'power splitter' · atto suddividere la potenza dei segnali a radiofrequenza trasmessi da ciascuna antenna trasmittente 2 in un numero di repliche di

ciascuno dei segnali a radiofrequenza.

Il numero di repliche di ciascuno dei segnali a radiofrequenza · coincidente con il numero di antenne ricetrasmettenti 2 che sono operativamente collegate alle porte di ingresso del dispositivo 1.

Utilmente, i mezzi di elaborazione 7 comprendono:

- mezzi attenuatori 9 operativamente collegati ai mezzi di ripartizione 8 e atti ad attenuare l'intensit̄ del segnale di ciascuna delle repliche. Nella preferita forma di realizzazione mostrata nelle figure, i mezzi attenuatori 9 comprendono una pluralit̄ di unit̄ attenuatrici 9a, ognuna delle quali · operativamente collegata alla rispettiva unit̄ di ripartizione 8a ed · atta ad attenuare l'intensit̄ del segnale di ognuna delle repliche; e
- mezzi ritardatori 10 operativamente collegati ai mezzi attenuatori 9 ed atti ad introdurre un tempo di ritardo al segnale di ciascuna delle repliche. Pià in dettaglio, i mezzi ritardatori 10 comprendono una pluralit̄ di unit̄ ritardatrici 10a, ognuna della quali · operativamente collegata alla rispettiva unit̄ attenuatrice 9a ed · atta ad introdurre un tempo di ritardo differente ai segnali di ognuna delle repliche.

Non si escludono, tuttavia, forme di realizzazione alternative in cui l'attenuazione dei segnali ed il tempo di ritardo delle repliche dei segnali a radiofrequenza vengono effettuati mediante mezzi di elaborazione di diverso tipo.

Nell'ambito della presente trattazione, i mezzi attenuatori 9 ed i mezzi ritardatori 10 di ognuna delle repliche dei segnali a radiofrequenza

trasmessi dalla pluralità di antenne ricetrasmettenti 2 sono atti all'introduzione di un'attenuazione, e ritardo ad essa correlato, caratteristica per ogni singola replica di ognuno dei segnali a radiofrequenza.

Ognuna delle repliche è esprimibile con l'equazione:

$$\text{律長度乘急} \cdot \frac{\text{倍數}}{\text{各頻段}} = \text{律長度乘急} \cdot \text{倍數} \cdot \text{發時}$$

dove:

$$\begin{aligned} & \text{律長度乘急} = \text{律長度} \cdot \text{倍數} \cdot \text{發時} \\ & \text{倍數} = \text{倍數} \cdot \text{發時} \end{aligned}$$

in cui:

$$\text{律長度} = \text{倍數} \cdot \text{發時} \cdot \text{倍數} \cdot \text{發時} \cdot \text{倍數} \cdot \text{發時}$$

In particolare, il termine $\text{倍數} \cdot \text{發時}$ rappresenta un ritardo esprimibile come multiplo della lunghezza d'onda λ : $\text{倍數} \cdot \text{發時} = \text{倍數} \cdot \frac{\lambda}{\text{發時}}$, in cui 倍數 è un moltiplicativo scelto opportunamente e dipendente dal singolo segnale di ingresso alla porta di ingresso 4 i-esima collegata alla rispettiva antenna ricetrasmettente 2 i-esima.

Si ottiene quindi:

$\text{律長度乘急} = \text{律長度} \cdot \text{倍數} \cdot \text{發時}$, che rappresenta un'attenuazione lineare e variabile sul singolo percorso n-esimo di ciascuna unità attenuatrice 9a; e

$\text{倍數} \cdot \text{發時} = \text{倍數} \cdot \frac{\lambda}{\text{發時}}$, che rappresenta un ritardo in funzione della lunghezza d'onda λ variabile sul singolo percorso n-esimo di ciascuna unità ritardatrice 10a.

Mediante i mezzi di ripartizione 8 si ottengono $S[i]$ -esime repliche di ciascuno dei segnali a radiofrequenza di ingresso, in cui ogni replica è attenuata e ritardata opportunamente mediante le rispettive unità attenuatrici 9a ed unità ritardatrici 10a per l'ottenimento dei segnali a radiofrequenza attenuati e ritardati $w[i]$, in modo da simulare al meglio il canale.

Realizzando un numero sempre più alto di repliche per ciascun ramo, ovvero assumendo $S[i]$ tendente ad infinito, si ottiene un modello sempre più aderente al canale reale.

Assumendo come significativi i soli contributi più vicini al cammino diretto è possibile assumere $S[i]$ pari a qualche unità.

I mezzi di elaborazione 7 comprendono mezzi di ricombinazione 11 operativamente collegati ai mezzi ritardatori 10 e alla porta di uscita 5 ed atti a ricombinare le repliche di ciascuno dei segnali a radiofrequenza attenuati e ritardati.

Preferibilmente, i mezzi di ricombinazione 11 comprendono una singola unità di ricombinazione 11a provvista di una pluralità di ingressi operativamente collegati a ciascuna unità ritardatrice 10a.

Più in dettaglio, l'unità di ricombinazione 11a è del tipo di un 'power combiner' atto ad accoppiare le potenze delle repliche dei segnali a radiofrequenza attenuati e ritardati $w[i]$ per l'ottenimento di un unico segnale di uscita a radiofrequenza che viene poi trasmesso all'antenna di uscita 6, la quale, a sua volta, atta a comunicare con la singola antenna ricetrasmettente 3.

Non si escludono, tuttavia, forme di realizzazione alternative in cui i mezzi di elaborazione 7 sono atti ad elaborare i segnali a radiofrequenza provenienti dalla singola antenna ricetrasmettente 3 mediante l'antenna di uscita 6 per l'ottenimento di una pluralità di segnali di uscita atto ad essere trasmessi dall'antenna di uscita stessa verso la pluralità di antenne ricetrasmettenti 2.

Tale dispositivo 1 può essere passivo, ovvero non dotato di alimentazione propria e presenta perdite di inserzione variabili a seconda del numero di antenne ricetrasmettenti 3.

Non si esclude, tuttavia, una forma di realizzazione alternativa mostrata in figura 8 in cui il dispositivo 1 è attivo, ovvero dotato di alimentazione propria e consente di eliminare le perdite di inserzione ed ottenere un guadagno maggiore dell'unità.

Per eliminare tali perdite di inserzione introdotte dalle unità di ripartizione 8a e dall'unità di ricombinazione 11a è necessario che le unità di ripartizione e l'unità di ricombinazione stesse commutino in modo sincrono ad alta frequenza sui diversi rami mediante, ad esempio, un micro-commutatore ad alta frequenza.

In particolare, le unità di ripartizione 8a devono produrre una replica campionata del segnale di ingresso x_k sulle varie unità attenuatrici 9a e unità ritardatrici 10a.

Analogamente, l'unità di ricombinazione 11a, ad esempio del tipo di un micro-commutatore ad alta frequenza ed un filtro passa basso e/o passabanda collegato in cascata al micro-commutatore, deve ricombinare i

contributi attenuati e ritardati sui vari rami in modo sincronizzato rispetto alle unità di ripartizione 8a.

Utilmente, il dispositivo 1 comprende un dispositivo di controllo 12 operativamente collegato alle unità di ripartizione 8a ed all'unità di ricombinazione 11a per la sincronizzazione dell'unità di ripartizione stessa e delle unità di ricombinazione stesse, tenendo conto dei tempi di ritardo introdotti dai fasori sui diversi rami.

Preferibilmente, il dispositivo di controllo 12 è del tipo di un microcontrollore.

La frequenza di commutazione, o di campionamento è determinata dalla banda passante B caratteristica di ogni singolo segnale $x_k(t)$ sulla base del principio di Nyquist secondo cui:

偏設図2

Utilmente, il dispositivo 1 comprende un dispositivo amplificatore 13, collegato in cascata all'unità di ricombinazione 11a atto a fornire un'amplificazione alternata ai segnali di uscita in quanto privi di duplexing in frequenza.

Preferibilmente, il dispositivo amplificatore 13 è del tipo di un amplificatore bidirezionale.

Il presente trovato riguarda anche il dispositivo 20 SIMO per la radiocomunicazione con protocollo MIMO tra una singola antenna ricetrasmettente 21 di segnali a radiofrequenza ed una pluralità di antenne ricetrasmettenti 22 dei segnali a radiofrequenza.

Nell'ambito della presente trattazione, con il termine SIMO (Single Input

Multiple Output) si intende il particolare sottosistema di comunicazione con protocollo MIMO di segnali a radiofrequenza via etere tra una singola antenna ricetrasmittenente ed una pluralit[~] di antenne ricetrasmittenenti.

Secondo il trovato, il dispositivo 20 comprende:

- una porta di ingresso 23 operativamente collegabile ad un'antenna di ingresso 24 atta a comunicare con la singola antenna ricetrasmittenente 21. Preferibilmente, la porta di ingresso 23 è costituita da un apposito connettore che consente il collegamento fisico all'antenna di ingresso 24;
- una pluralit[~] di porte di uscita 25 ognuna delle quali operativamente collegabili ad ognuna delle antenne riceventi 22;
- mezzi di elaborazione 26 dei segnali a radiofrequenza operativamente collegati alla porta di ingresso 23 ed alle porte di uscita 25 ed atti ad elaborare i segnali a radiofrequenza provenienti dall'antenna ricetrasmittenente 21 e ricevuti dall'antenna di ingresso 24 per l'ottenimento di una pluralit[~] di segnali di uscita inviati, a sua volta, alla pluralit[~] di antenne ricetrasmittenenti 22.

Non si esclude, tuttavia, una forma di realizzazione alternativa mostrata in figura 4a in cui ciascuna delle porte di uscita 25 del dispositivo 20 sono operativamente collegate ad una pluralit[~] di antenne ricetrasmittenenti 22, mentre il connettore di ingresso 23 comunica via etere mediante l'antenna di ingresso 24 con una pluralit[~] di antenne ricetrasmittenenti 21.

I mezzi di elaborazione 26 comprendono mezzi di ripartizione 27 operativamente collegati alla porta di ingresso 23 ed atti alla ripartizione

dei segnali a radiofrequenza ricevuti dall'antenna di ingresso 24 in una pluralit̄ di repliche dei segnali a radiofrequenza stessi.

Nella preferita forma di realizzazione mostrata in figura 5, i mezzi di ripartizione 27 comprendono una singola unit̄ di ripartizione 27a operativamente collegata alla porta di ingresso 23.

Pià in dettaglio, l'unit̄ di ripartizione 27a · del tipo di un divisore di segnale in banda, o `power splitter', atto suddividere la potenza dei segnali a radiofrequenza ricevuti dall'antenna di ingresso 24, comunicante con l'antenna trasmittente 21, in una pluralit̄ di repliche dei segnali a radiofrequenza stessi.

Tale numero di repliche · coincidente con il numero di antenne riceventi 22 che sono operativamente collegate alle porte di uscita 25 del dispositivo 20.

I mezzi di elaborazione 26 comprendono:

- mezzi attenuatori 28 operativamente collegati ai mezzi di ripartizione 27 ed atti ad attenuare l'intensit̄ del segnale di ciascuna delle repliche.

Nella preferita forma di realizzazione mostrata nelle figure, i mezzi attenuatori 28 comprendono una pluralit̄ di unit̄ attenuatrici 28a, ognuna delle quali · operativamente collegata all'unit̄ di ripartizione 27a ed · atta ad attenuare l'intensit̄ dei segnale di ognuna delle repliche ottenute mediante l'unit̄ di ripartizione 27a; e

- mezzi ritardatori 29 operativamente collegati ai mezzi attenuatori 28 e atti ad introdurre un tempo di ritardo al segnale di ciascuna delle repliche. Pià in dettaglio, i mezzi ritardatori 29 comprendono una pluralit̄ di unit̄ ritardatrici 29a, ognuna della quali · operativamente

collegata alla rispettiva unità attenuatrice 28a ed atta ad introdurre un tempo di ritardo differente ai segnali di ognuna delle repliche.

Non si escludono, tuttavia, forme di realizzazione alternative in cui l'attenuazione dei segnali ed il tempo di ritardo delle repliche dei segnali a radiofrequenza vengono effettuati mediante mezzi di elaborazione di diverso tipo.

Nell'ambito della presente trattazione, i mezzi attenuatori 28 ed i mezzi ritardatori 29 di ognuna delle repliche dei segnali a radiofrequenza ricevuti dalla singola antenna ricetrasmettente 21 sono atti all'introduzione di un'attenuazione, e ritardo ad essa correlato, caratteristica per ogni singola replica dei segnali a radiofrequenza.

Ognuna delle repliche è esprimibile con l'equazione:

$$\text{信号} = \frac{\text{信号}}{\text{信号}} \cdot \text{信号}$$

dove:

$$\begin{aligned} & \text{信号} = \text{信号} \\ & \text{信号} = \text{信号} \end{aligned}$$

in cui:

$$\text{信号} = \text{信号} \cdot \text{信号}$$

In particolare, il termine 信号 rappresenta un ritardo esprimibile come multiplo della lunghezza d'onda λ : $\text{信号} = \text{信号} \cdot \frac{\text{信号}}{\text{信号}}$, in cui 信号 è un moltiplicativo scelto opportunamente e dipendente dal singolo segnale di ingresso alla porta di ingresso 23 j-esima.

Si ottiene quindi:

che rappresenta un'attenuazione lineare e variabile sul singolo percorso n-esimo di ciascuna unità attenuatrice 28a; e

等候時間 $\Delta t_{n,i}$ ，代表了第 n 單元在第 i 路徑上所遇到的延遲，這延遲是由於波長 λ 在各單元的各路徑上的變動而造成的。

I mezzi di elaborazione 26 comprendono mezzi di ricombinazione 30 delle repliche dei segnali a radiofrequenza operativamente collegati ai mezzi ritardatori 29 e alla pluralit[~] di antenne ricetrasmittenenti 22 ed atti a ricombinare le repliche dei segnali a radiofrequenza attenuati e ritardati per l'ottenimento della pluralit[~] di segnali di uscita.

Ciascuno dei segnali di uscita viene a sua volta inviato, rispettivamente, a ciascuna delle antenne ricetrasmittenti 22.

Preferibilmente, i mezzi di ricombinazione 30 comprendono una pluralit^à di unit^à di ricombinazione 30a ognuna delle quali provvista di una pluralit^à di ingressi operativamente collegati a ciascuna unit^à ritardatrice 29a delle repliche dei segnali a radiofrequenza.

Più in dettaglio, l'unità di ricombinazione 30a · del tipo di un 'power combiner' atto ad accoppiare le potenze delle repliche dei segnali a radiofrequenza attenuati e ritardati $z[j]$ per l'ottenimento di un unico segnale di uscita a radiofrequenza che viene poi trasmesso alla rispettiva antenna ricetrasmettente 22.

In altre parole, ognuno dei segnali di uscita, ottenuto ricombinando la pluralit` di repliche dei segnali a radiofrequenza, viene trasmesso

dall'antenna di ingresso 24 rispettivamente ad una delle antenne ricetrasmittenenti 22.

Mediante i mezzi di ripartizione 27 si ottengono $S[j]$ -esime repliche dei segnali a radiofrequenza di ingresso, in cui ogni replica è attenuata e ritardata opportunamente mediante le rispettive unità attenuatrici 9a ed unità ritardatrici 10a per l'ottenimento dei segnali a radiofrequenza attenuati e ritardati $z[j]$, in modo da simulare al meglio il canale.

Realizzando un numero sempre più alto di repliche per ciascun ramo, ovvero assumendo $S[j]$ tendente ad infinito, si ottiene un modello sempre più approssimabile al canale reale.

Assumendo come significativi i soli contributi più vicini al cammino diretto è possibile assumere $S[j]$ pari a qualche unità.

Non si escludono, tuttavia, forme di realizzazione alternative in cui i mezzi di elaborazione 26 sono atti ad elaborare i segnali a radiofrequenza provenienti dalla pluralità di antenna ricetrasmittenenti 22 per l'ottenimento di un singolo segnale di uscita atto ad essere trasmesso dall'antenna di ingresso 24 verso la singola antenna ricetrasmittente 21.

Tale dispositivo 20 può essere passivo, ovvero non dotato di alimentazione propria e presenta perdite di inserzione variabili a seconda del numero di antenne riceventi.

Non si esclude, tuttavia, una forma di realizzazione alternativa mostrata in figura 8 in cui il dispositivo 20 è attivo, ovvero dotato di alimentazione propria e consente di eliminare le perdite di inserzione ed ottenere un guadagno maggiore dell'unità.

Per eliminare tali perdite di inserzione introdotte dall'unit[~] di ripartizione 27a e dalle unit[~] di ricombinazione 30a · necessario che l'unit[~] di ripartizione e le unit[~] di ricombinazione stesse commutino in modo sincrono ad alta frequenza sui diversi rami mediante, ad esempio, un micro-commutatore ad alta frequenza.

In particolare, l'unit[~] di ripartizione 27a deve produrre una replica campionata del segnale di ingresso x_k sulle varie unit[~] attenuatrici 28a e unit[~] ritardatrici 29a.

Analogamente, le unit[~] di ricombinazione 30a, ad esempio del tipo di un micro-commutatore ad alta frequenza ed un filtro passa basso e/o passabanda collegato in cascata al micro-commutatore, devono ricombinare i contributi attenuati e ritardati sui vari rami in modo sincronizzato rispetto all'unit[~] di ripartizione 27a.

Utilmente, il dispositivo 20 comprende un dispositivo di controllo 31 operativamente collegato all'unit[~] di ripartizione 27a ed alle unit[~] di ricombinazione 30a e atto alla sincronizzazione dell'unit[~] di ripartizione stessa e delle unit[~] di ricombinazione stesse, tenendo conto dei tempi di ritardo introdotti dai fasori sui diversi rami.

Preferibilmente, il dispositivo di controllo 31 · del tipo di un microcontrollore.

La frequenza di commutazione, o di campionamento 僵 · determinata dalla banda passante B caratteristica di ogni singolo segnale $x_k(t)$ sulla base del principio di Nyquist secondo cui:

僨殻図併

Utilmente, il dispositivo 20 comprende un dispositivo amplificatore 32, collegato in cascata a ciascuna delle unità di ricombinazione 30a e atto a fornire un'amplificazione alternata ai segnali di uscita in quanto privi di duplexing in frequenza.

Preferibilmente, il dispositivo amplificatore 32 è del tipo di un amplificatore bidirezionale.

Inoltre, il presente trovato riguarda un sistema 40 per la radiocomunicazione completa con protocollo MIMO tra una prima pluralità di antenne ricetrasmittenenti 41 ed una seconda pluralità di antenne ricetrasmittenenti 42.

Nell'ambito della presente trattazione, con il termine MIMO (Multiple Input Multiple Output) si intende il particolare sistema di radiocomunicazione bidirezionale di segnali a radiofrequenza via etere tra una pluralità di antenne ricetrasmittenenti ed una pluralità di antenne ricetrasmittenenti.

Secondo il trovato, il sistema 40 mostrato schematicamente nelle figure 6 e 7 comprende:

- un primo dispositivo 1 per la radiocomunicazione operativamente collegabile alla prima pluralità di antenne ricetrasmittenenti 41. Il primo dispositivo 1 presenta le caratteristiche precedentemente descritte; e
- un secondo dispositivo 42 per la radiocomunicazione operativamente collegabile alla seconda pluralità di antenne ricetrasmittenenti 42. Il secondo dispositivo 20 presenta le caratteristiche precedentemente descritte.

In particolare, le porte di ingresso 4 del dispositivo 1 sono operativamente collegate alla prima pluralità di antenne ricetrasmittenenti 41 e le porte di uscita 25 del secondo dispositivo 20 sono operativamente collegate alla seconda pluralità di antenne ricetrasmittenenti 42.

Utilmente, la porta di uscita 5 e la porta di ingresso 23 sono operativamente collegabili rispettivamente all'antenna di uscita 6 ed all'antenna di ingresso 24.

Più in dettaglio, l'antenna di uscita 6 e l'antenna di ingresso 24 sono attese a comunicare tra loro per la trasmissione dei segnali a radiofrequenza dalla prima pluralità di antenne ricetrasmittenenti 41 alla seconda pluralità di antenne ricetrasmittenenti 42.

A tal proposito, non si escludono forme di realizzazione alternative in cui i mezzi di elaborazione 7 del primo dispositivo 1 ed i mezzi di elaborazione 26 del secondo dispositivo 20 sono atti ad elaborare opportunamente i segnali a radiofrequenza provenienti dalla seconda pluralità di antenne ricetrasmittenenti 42 per la trasmissione dei segnali a radiofrequenza stessi verso la prima pluralità di antenne ricetrasmittenenti 41.

Si è in pratica constatato come l'invenzione descritta raggiunga gli scopi proposti e in particolare si sottolinea il fatto che negli scenari indoor, mediante il sistema per la radiocomunicazione MIMO realizzato, è possibile applicare la tecnologia MIMO nei sistemi DAS realizzando una singola distribuzione a singola antenna mettendo in comunicazione il dispositivo per la radiocomunicazione MISO con apparati remoti dotati di tecnologia MIMO e provvisti di antenne ricetrasmittenenti comunicanti col

connettore di uscita del dispositivo per la radiocomunicazione MISO stesso.

Al contempo, negli scenari outdoor ad esempio nella radiocomunicazione tra link radio punto-punto o punto-multi punto, è possibile aggiornare i vecchi sistemi per la radiocomunicazione SISO esistenti con i nuovi sistemi per la radiocomunicazione con protocollo MIMO realizzati senza dover sostituire le antenne dei sistemi SISO già installate in luoghi ad alta quota, ad esempio sulle vette delle montagne, ed i relativi cablaggi.

Inoltre, tale sistema per la radiocomunicazione con protocollo MIMO permette di realizzare link radio MIMO tra una pluralità di antenne trasmittenti ed una pluralità di antenne riceventi utilizzando singola antenna dotata di singola polarità.

RIVENDICAZIONI

- 1) Dispositivo (1) per la radiocomunicazione con protocollo MIMO tra una pluralit̄ di antenne ricetrasmittenenti (2) di segnali a radiofrequenza ed una singola antenna ricetrasmittenente (3) di detti segnali a radiofrequenza, caratterizzato dal fatto che comprende:
 - una pluralit̄ di porte di ingresso (4) operativamente collegabili a detta pluralit̄ di antenne ricetrasmittenenti (2);
 - almeno una porta di uscita (5) operativamente collegabile ad almeno una antenna di uscita (6) atta a comunicare con detta singola antenna ricetrasmittenente (3);
 - mezzi di elaborazione (7) operativamente collegati a dette porte di ingresso (4) e a detta porta di uscita (5) ed atti ad elaborare detti segnali a radiofrequenza provenienti da detta pluralit̄ di antenne ricetrasmittenenti (2) per l'ottenimento di almeno un segnale di uscita atto ad essere trasmesso da detta antenna di uscita (5) verso detta singola antenna ricetrasmittenente (3).
- 2) Dispositivo (1) secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detti mezzi di elaborazione (7) comprendono mezzi di ripartizione (8) operativamente collegati a ciascuna di dette porte di ingresso (4) ed atti alla ripartizione di ciascuno di detti segnali a radiofrequenza provenienti da ciascuna di dette antenne ricetrasmittenenti (2) in una pluralit̄ di repliche di detti segnali a radiofrequenza.
- 3) Dispositivo (1) secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detti mezzi di elaborazione (7) comprendono:

- mezzi attenuatori (9) operativamente collegati a detti mezzi di ripartizione (8) ed atti ad attenuare l'intensit` del segnale di ciascuna di dette repliche; e
 - mezzi ritardatori (10) operativamente collegati a detti mezzi attenuatori (9) ed atti ad introdurre un tempo di ritardo al segnale di ciascuna di dette repliche.
- 4) Dispositivo (1) secondo una o pi` delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detti mezzi di elaborazione (7) comprendono mezzi di ricombinazione (11) operativamente collegati a detti mezzi ritardatori (10) e a detta antenna di uscita (6) ed atti a ricombinare dette repliche di ciascuno di detti segnali a radiofrequenza attenuati e ritardati.
- 5) Dispositivo (20) per la radiocomunicazione con protocollo MIMO tra una singola antenna ricetrasmittente (21) di segnali a radiofrequenza ed una pluralit` di antenne ricetrasmittenti (22) di detti segnali a radiofrequenza, caratterizzato dal fatto che comprende:
- almeno una porta di ingresso (23) operativamente collegabile ad almeno un'antenna di ingresso (24) atta a comunicare con detta singola antenna ricetrasmittente (21);
 - una pluralit` di porte di uscita (25) operativamente collegabili a detta pluralit` di antenne ricetrasmitteniti (22);
 - mezzi di elaborazione (26) di detti segnali a radiofrequenza, operativamente collegati a detta porta di ingresso (23) e a dette porte di uscita (25) ed atti ad elaborare detti segnali a radiofrequenza provenienti da detta singola antenna ricetrasmittente (21) e ricevuti da

detta antenna di ingresso (24) per l'ottenimento di una pluralit[~] di segnali di uscita atti ad essere inviati a detta pluralit[~] di antenne ricetrasmettenti (22).

- 6) Dispositivo (20) secondo la rivendicazione 5, caratterizzato dal fatto che detti mezzi di elaborazione (26) comprendono mezzi di ripartizione (27) operativamente collegati a detta porta di ingresso (23) ed atti alla ripartizione di detti segnali a radiofrequenza ricevuti da detta antenna di ingresso (24) in una pluralit[~] di repliche di detti segnali a radiofrequenza.
- 7) Dispositivo (20) secondo una o più delle rivendicazioni 5 e 6, caratterizzato dal fatto che detti mezzi di elaborazione (26) comprendono:
 - mezzi attenuatori (28) operativamente collegati a detti mezzi di ripartizione (27) ed atti ad attenuare l'intensit[~] del segnale di ciascuna di dette repliche; e
 - mezzi ritardatori (29) operativamente collegati a detti mezzi attenuatori (28) ed atti ad introdurre un tempo di ritardo al segnale di ciascuna di dette repliche.
- 8) Dispositivo (20) secondo una o più delle rivendicazioni da 5 a 7, caratterizzato dal fatto che detti mezzi di elaborazione (26) comprendono mezzi di ricombinazione (30) di dette repliche di detti segnali a radiofrequenza operativamente collegati a detti mezzi ritardatori (29) e a detta pluralit[~] di antenne ricetrasmettenti (22) ed atti a ricombinare dette repliche di detti segnali a radiofrequenza attenuati e ritardati per l'ottenimento di detta pluralit[~] di segnali di uscita, ciascuno di detti segnali di uscita essendo, rispettivamente, inviato a ciascuna di dette antenne

ricetrasmettenti (22).

9) Sistema (40) per la radiocomunicazione con protocollo MIMO tra una prima pluralit̄ di antenne ricetrasmettenti (41) ed una seconda pluralit̄ di antenne ricetrasmettenti (42), caratterizzato dal fatto che comprende:

- almeno un dispositivo (1) secondo una o più delle rivendicazioni precedenti dalla 1 alla 4 operativamente collegato a detta prima pluralit̄ di antenne ricetrasmettenti (41);
- almeno un dispositivo (20) secondo una o più delle rivendicazioni precedenti dalla 5 alla 8 operativamente collegato a detta seconda pluralit̄ di antenne ricetrasmettenti (42);

detta porta di uscita (5) e detta porta di ingresso (23) essendo operativamente collegabili rispettivamente a detta antenna di uscita (6) ed a detta antenna di ingresso (24), detta antenna di uscita (6) e detta antenna di ingresso (24) essendo atte a comunicare tra loro per la trasmissione di detti segnali a radiofrequenza da detta prima pluralit̄ di antenne ricetrasmettenti (41) a detta seconda pluralit̄ di antenne ricetrasmettenti (42).

Modena, 23 dicembre 2015

Per incarico

Ing. Marco Brunacci

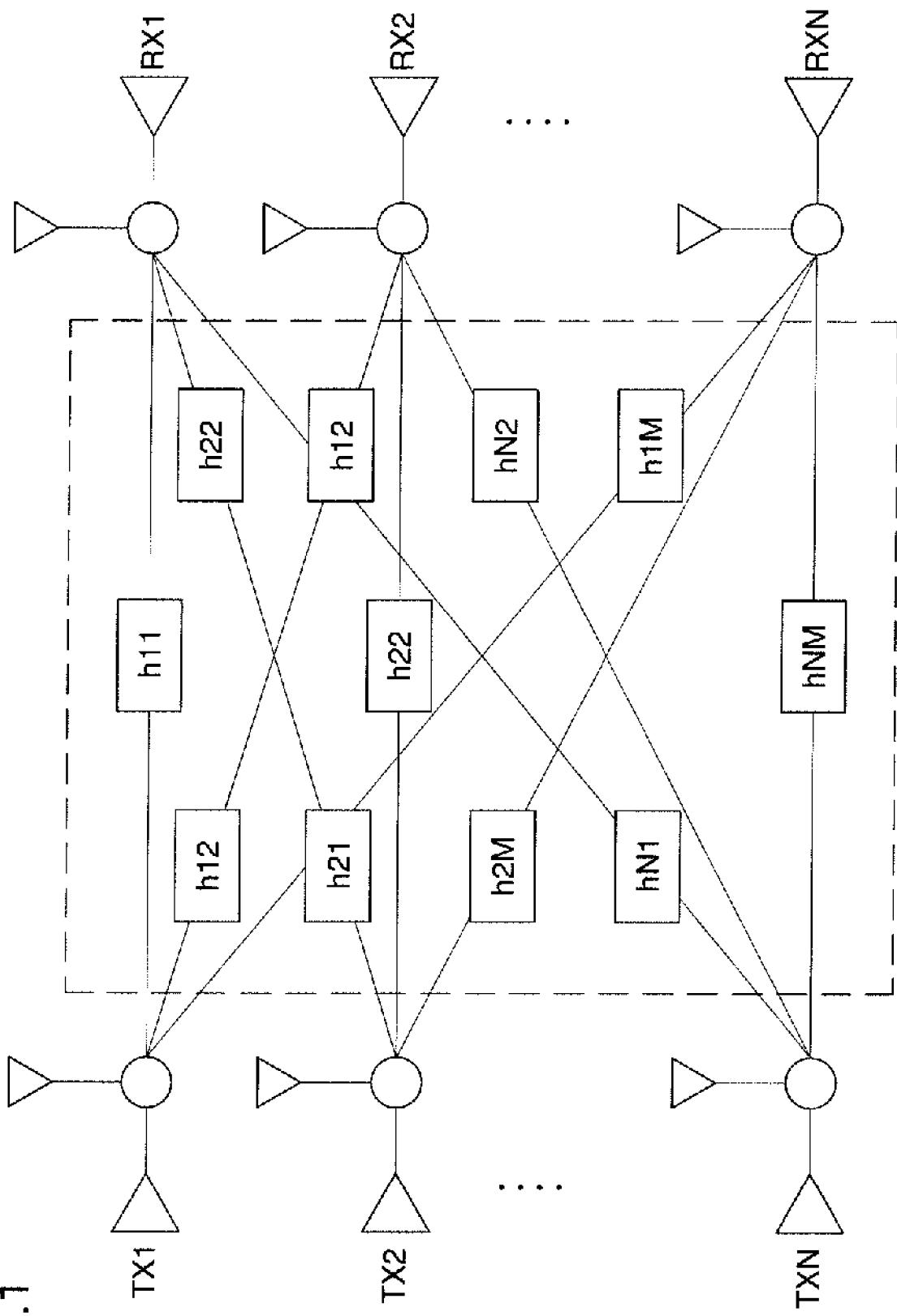


Fig. 1

BRUNACCI & PARTNERS S.R.L.
 Via Scaglia Est, 19-31
 41126 MODENA
 Tel. 059.357305 - 059.2929757
 Fax 059.359847

2 / 7

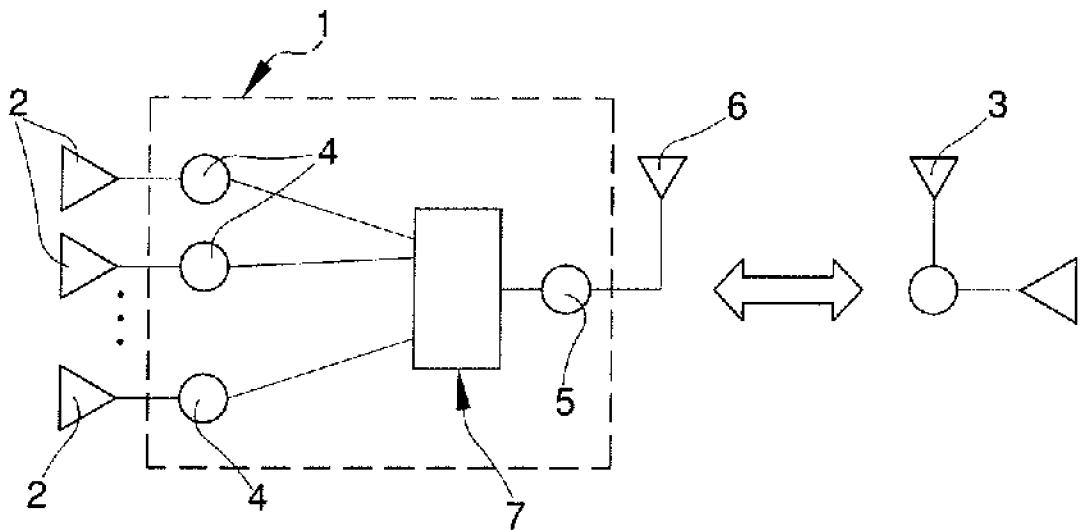


Fig.2

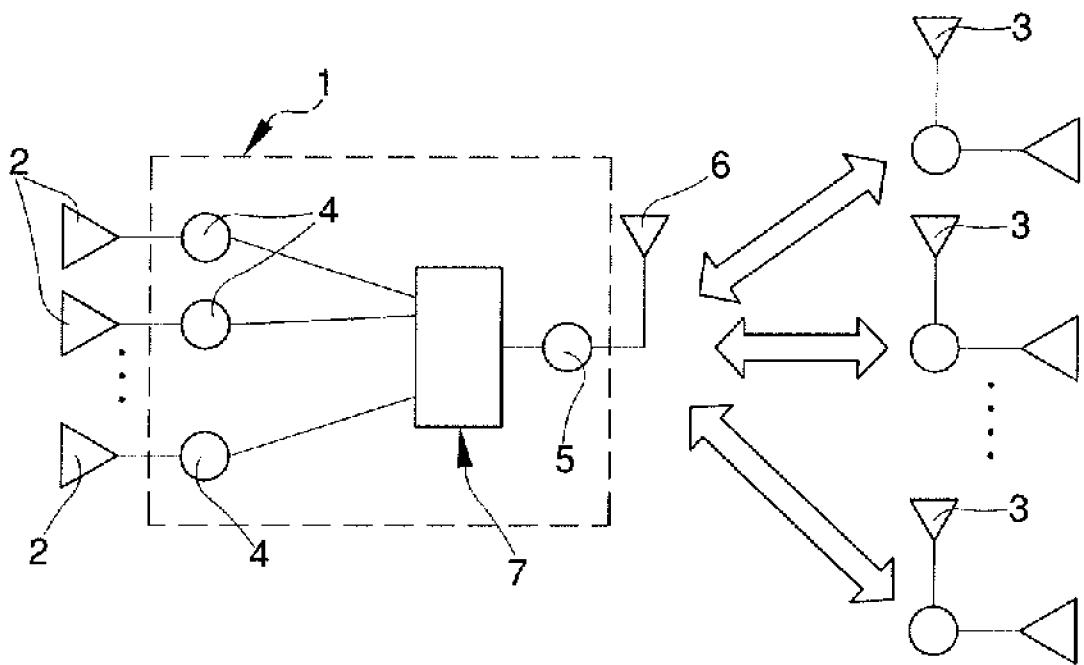


Fig.2a

BRUNACCI & PARTNERS S.R.L.
Via Scaglia Est, 19-31
41126 MODENA
Tel. 059.357305 - 059.2929757
Fax 059.359847

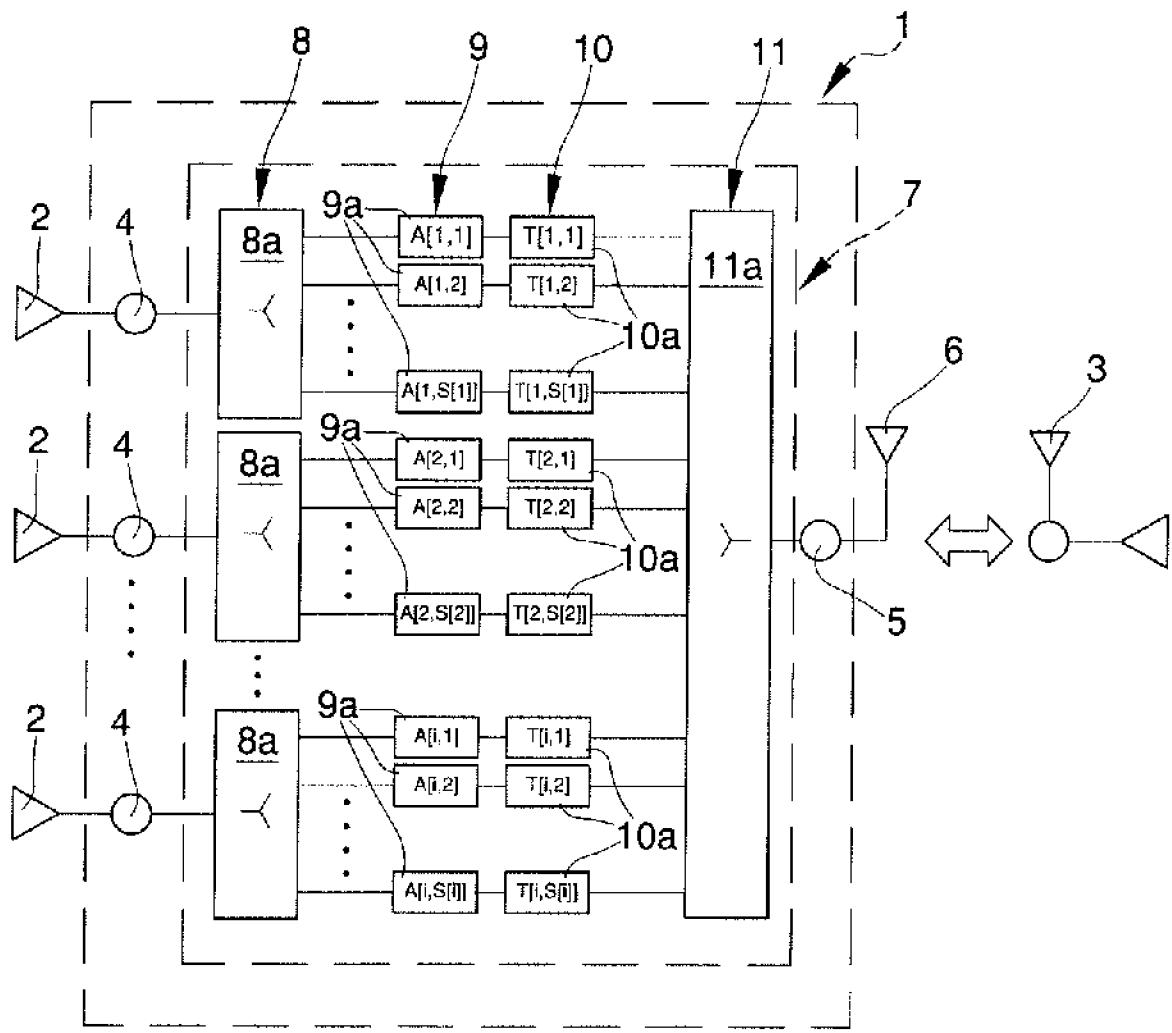


Fig.3

BRUNACCI & PARTNERS S.R.L.
Via Scaglia Est, 19-31
41126 MODENA
Tel. 059.357305 - 059.2929757
Fax 059.359847

4 / 7

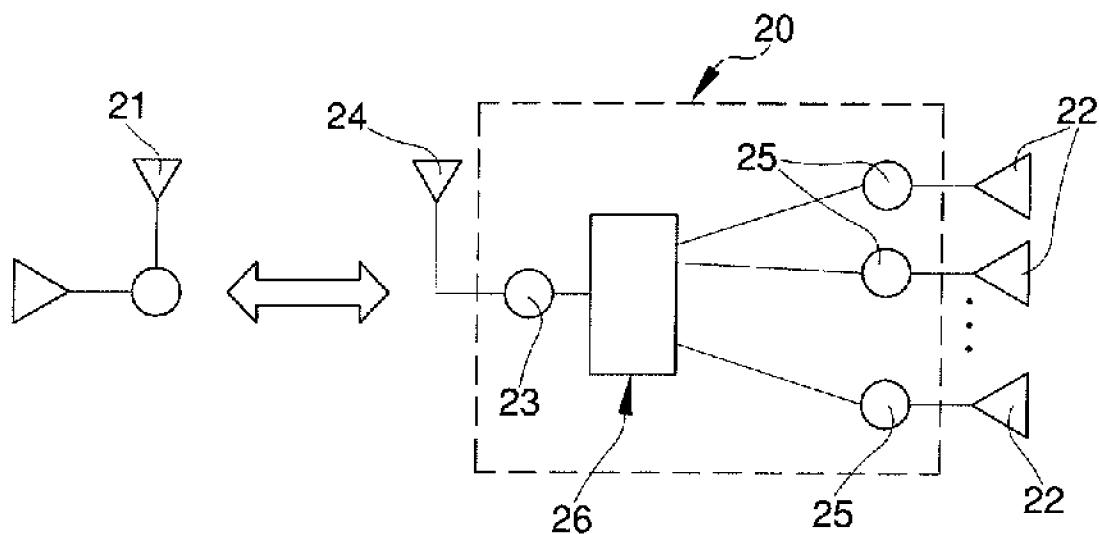


Fig.4

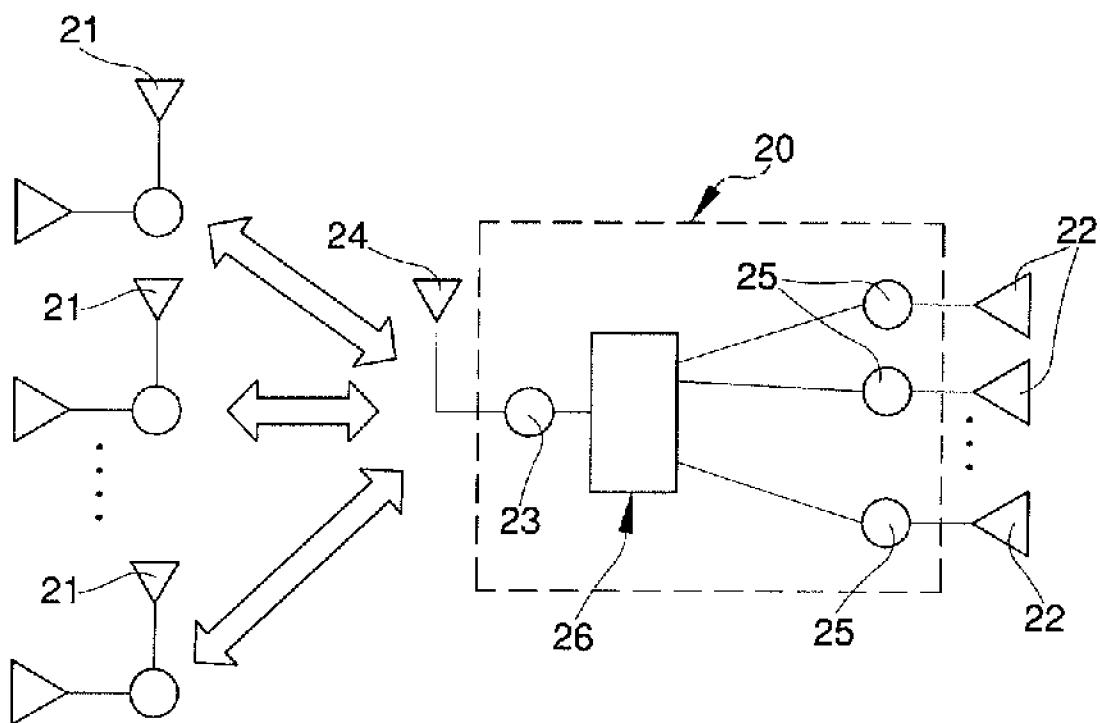


Fig.4a

BRUNACCI & PARTNERS S.R.L.
Via Scaglia Est, 19-31
41126 MODENA
Tel. 059.357305 - 059.2929757
Fax 059.359847

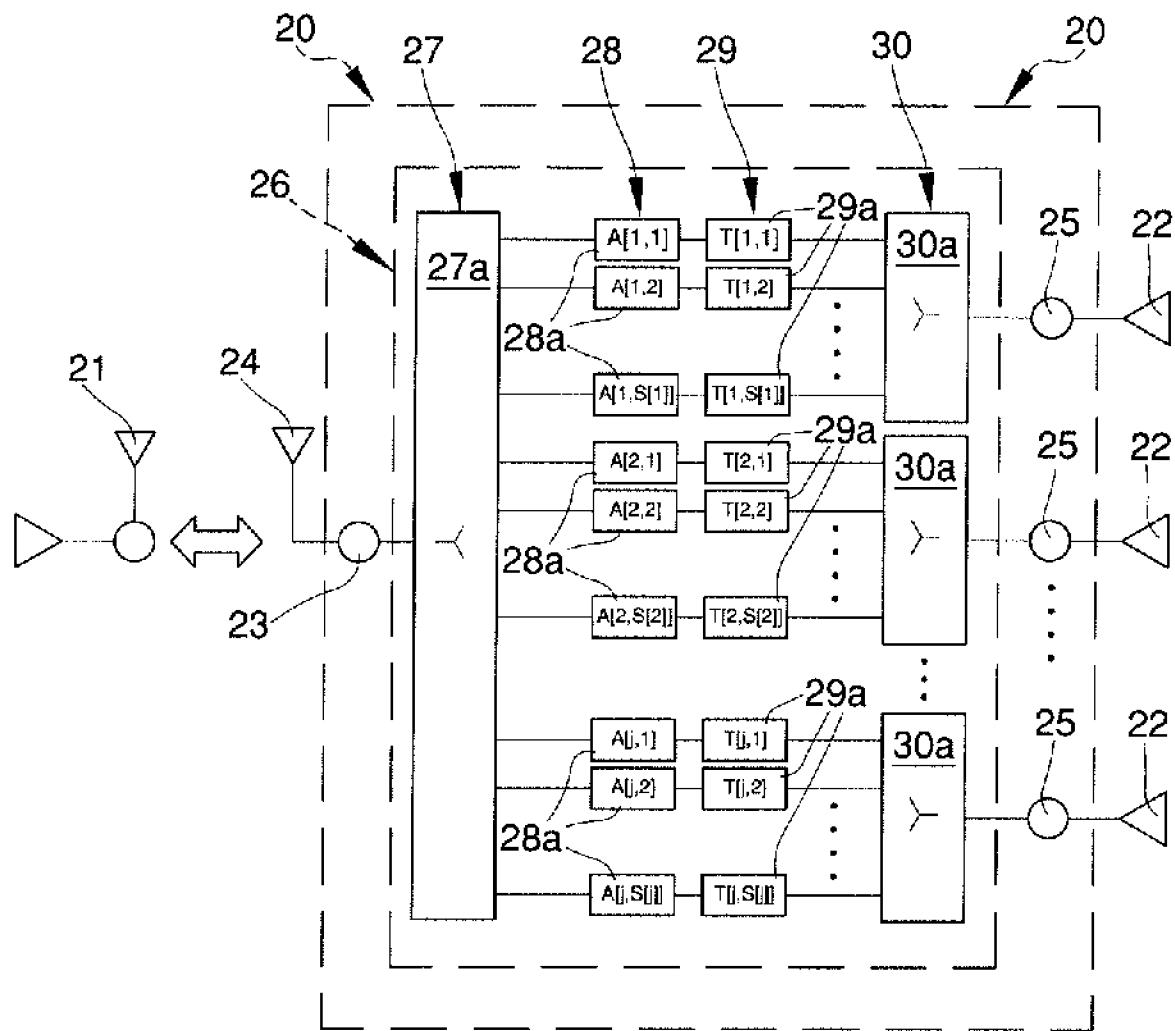
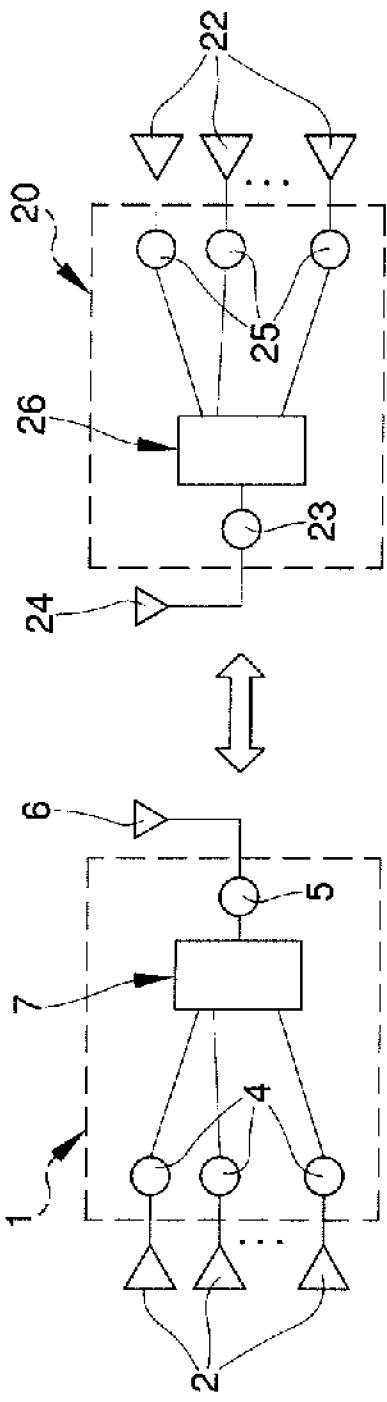


Fig.5

Fig.6



6 / 7

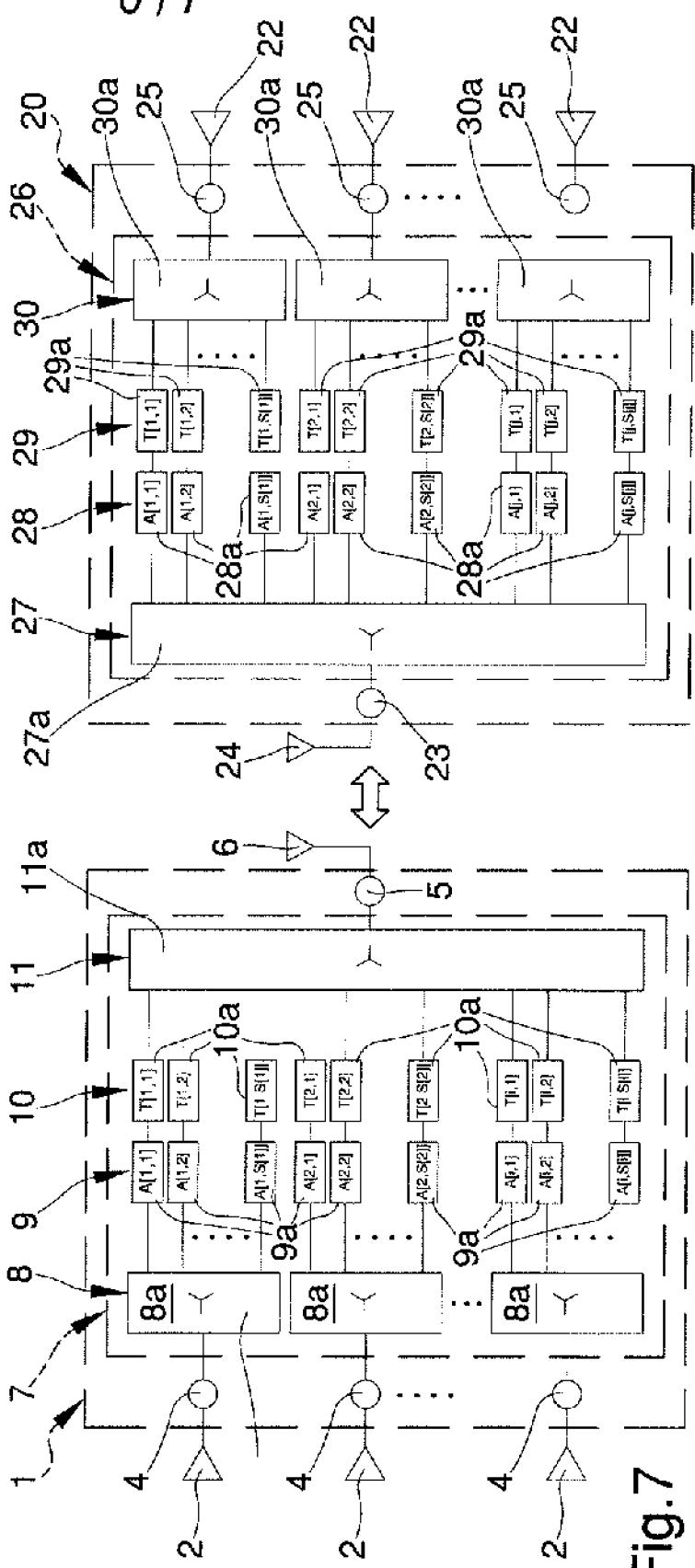
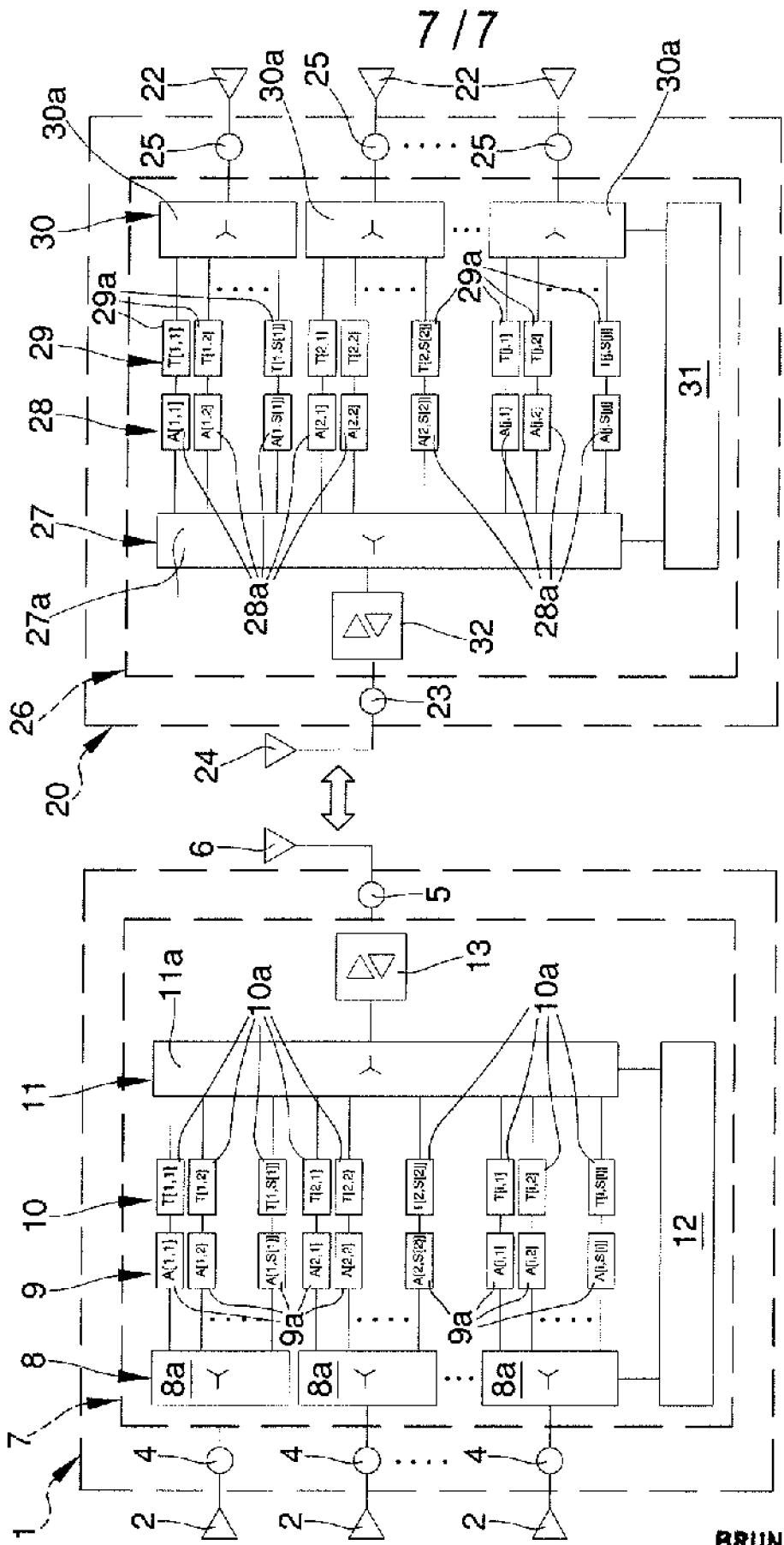


Fig.7

BRUNACCI & PARTNERS S.R.L.
Via Scaglia Est, 19-31
41126 MODENA
Tel. 059.357305 - 059.2929757
Fax 059.359847

Fig.8



BRUNACCI & PARTNERS S.R.L.
 Via Scaglia Est, 19-31
 41126 MODENA
 Tel. 059.357305 - 059.2929757
 Fax 059.359847