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

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	**102019000006541**
Data Deposito	**06/05/2019**
Data Pubblicazione	**06/11/2020**

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	S	7	35

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	S	13	08

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	S	13	36

Titolo

SISTEMA RADAR A RISOLUZIONE MIGLIORATA E METODO PER L?INCREMENTO DELLA RISOLUZIONE DI UN SISTEMA RADAR.

TITOLO: SISTEMA RADAR A RISOLUZIONE MIGLIORATA E METODO PER L'INCREMENTO DELLA RISOLUZIONE DI UN SISTEMA RADAR.

La presente invenzione si riferisce ad un sistema RADAR a risoluzione migliorata ed un metodo per l'incremento della risoluzione di un sistema RADAR.

In particolare, la presente invenzione anziché puntare su soluzioni tecnologicamente costose, le quali migliorano la risoluzione del sistema RADAR tramite l'incremento della banda dei dispositivi elettronici – hardware - impiegati, sfrutta un innovativo sistema di elaborazione, e relativo processo in modo tale da incrementare la risoluzione di un sistema RADAR tradizionale a basso costo di realizzazione hardware.

È noto che il RADAR, acronimo dell'inglese di "radio detection and ranging", è un sistema che utilizza onde elettromagnetiche appartenenti allo spettro delle onde radio o microonde per il rilevamento e la determinazione, in un dato sistema di riferimento, della posizione, in particolare coordinate in distanza, altezza e azimut, di oggetti, sia fissi che mobili ed eventualmente della velocità di tali oggetti, definiti bersagli o target.

Il funzionamento del RADAR si basa sul fenomeno fisico della dispersione della radiazione elettromagnetica trasmessa tramite un'antenna trasmittente. La dispersione della radiazione elettromagnetica, definita backscattering, si verifica quando l'onda elettromagnetica colpisce un oggetto di dimensioni maggiori della lunghezza d'onda della radiazione incidente; infatti, in caso contrario, si ha

diffusione dell'onda in una qualsiasi direzione casuale oppure diffrazione.

La radiazione di ritorno può essere rilevata dall'antenna ricevente dopo un certo tempo "t" pari al doppio del tempo di propagazione fra antenna ed il bersaglio. Essendo nota la velocità di propagazione dell'onda elettromagnetica nel mezzo considerato, in particolare aria, è possibile risalire facilmente alla distanza del bersaglio, ed alla sua posizione angolare o azimut rispetto al sistema di riferimento, in maniera pressoché continua nel tempo operando una scansione periodica dello spazio circostante tramite antenne, trasmittenti e riceventi, ad elevata direttività.

È noto che l'accuratezza della misura della distanza come misura del tempo di arrivo dell'onda riflessa dipende dalla risoluzione del sistema, cioè dalla banda di frequenze utilizzata dall'impulso radar. È infatti noto che più la banda è grande più il sistema è in grado di misurare accuratamente le distanze e discriminare target vicini. D'altra parte però, maggiore è la banda del sistema RADAR maggiore è il costo di implementazione e realizzazione dello stesso sistema RADAR e maggiori sono le limitazioni dal punto di vista normativo per l'utilizzo delle frequenze.

È inoltre noto come il sistema RADAR sia capace di misurare la differenza di fase tra l'onda emessa e quella riflessa dall'oggetto o target, secondo la formula:

$$\varphi_i = \frac{4\pi}{\lambda} D_i$$

Tale grandezza è estremamente accurata essendo proporzionale a frazioni della lunghezza d'onda del sistema RADAR poiché è in grado di misura la distanza a meno di un

multiplo intero di giri d'onda, ma nel contempo risulta ambigua, in particolare in paragone con la distanza misurata tramite il tempo di volo.

È quindi noto che il RADAR fornisce due misure della distanza del target: una legata al tempo di percorrenza del doppio percorso sistema RADAR – oggetto o target, misura assoluta ma poco accurata, e una legata alla determinazione della differenza di fase tra l'onda emessa e quella ricevuta. L'analisi di tali due misure genera un'incertezza di misura molto elevata.

Per ottenere da un sistema RADAR una misura più accurata della distanza ed andare oltre la risoluzione fisica del sistema RADAR stesso sono stati proposti in letteratura numerosi approcci tra i quali elenchiamo:

- Algoritmi di tipo MUSIC;
- Algoritmi di tipo ESPRIT;
- Algoritmi di raffinamento a due passi denominati in genere "coarse & fine estimation", basati sulle misure di tempo e di differenza di fase elaborati congiuntamente.

Tali soluzioni per elaborare i dati ottenuti dal sistema RADAR raggiungono prestazioni superiori a quelle garantite dalla banda del sistema ma spesso inferiori all'accuratezza teorica disponibile considerando la fase della misura.

La presente invenzione si propone di risolvere i suddetti problemi tecnici ed altri ancora realizzando un sistema RADAR ed un metodo in grado di incrementare la risoluzione ottenibile dalle misurazioni, riducendo l'incertezza sulle misure ottenute incrementando la risoluzione del sistema RADAR stesso.

Un aspetto della presente invenzione riguarda sistema RADAR con le caratteristiche dell'allegata rivendicazione 1

Un ulteriore aspetto della presente invenzione riguarda un metodo per incrementare la risoluzione di un sistema RADAR secondo la rivendicazione 10.

Le caratteristiche accessorie della presente invenzione sono contenute nelle relative rivendicazioni dipendenti.

Le caratteristiche ed i vantaggi del sistema RADAR e del metodo, secondo la presente invenzione, saranno chiari ed evidenti dalla seguente descrizione di diverse possibili forme di realizzazione, esemplificative e non limitative, del sistema RADAR e del metodo e dalle allegate figure le quali illustrano rispettivamente:

- la figura 1 mostra una possibile forma di realizzazione di un sistema RADAR per la determinazione di una distanza di un oggetto o obbiettivo, secondo la presente invenzione;
- la figura 2 mostra la banda di frequenza del sistema RADAR suddivisa in sotto bande per incrementare la risoluzione del sistema RADAR, secondo la presente invenzione;
- la figura 3 mostra uno schema rappresentativo di una possibile forma di implementazione del metodo per incrementare la risoluzione, secondo la presente invenzione;
- la figura 4 mostra uno schema a blocchi, esemplificativo e non limitativo, di un possibile sistema RADAR secondo la presente invenzione ed in particolare del sistema di elaborazione.

Con riferimento alle citate figure, con il riferimento numerico 2 ci si riferisce ad un sistema RADAR nel suo complessivo.

Il sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione, è particolarmente adatto per la determinazione della posizione e/o profili di oggetti o obbiettivi "T". Preferibilmente, detti oggetti o obbiettivi "T" possono essere oggetti e/o manufatti, sia in ambito civile che in ambito industriale.

Preferibilmente, detto sistema RADAR 2 è atto ad operare con onde elettromagnetiche appartenenti allo spettro delle onde radio e/o microonde.

Più in generale, detto sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione, comprende: un generatore 3 atto a generare un segnale elettromagnetico. Detto generatore 3 è atto a generare un segnale elettromagnetico con una banda di frequenza "B" prestabilita.

Il sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione, comprende inoltre: almeno un'antenna di trasmissione 4, la quale è atta a trasmettere un'onda elettromagnetica a partire da detto segnale elettromagnetico generato da detto generatore 3; ed almeno un'antenna di ricezione 5, la quale è atta a ricevere l'onda elettromagnetica riflessa da un oggetto o obbiettivo "T".

Il sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione, comprende, inoltre, un sistema di elaborazione 6. Detto sistema di elaborazione 6 è almeno atto ad elaborare il segnale elettromagnetico trasdotto da detta antenna di ricezione 5. In particolare, detto sistema di elaborazione 6 è almeno atto a determinare una distanza "D" dell'oggetto o obbiettivo "T", sia tramite il tempo di arrivo dell'onda

elettromagnetica riflessa, che tramite la differenza di fase fra l'onda elettromagnetica trasmessa e l'onda elettromagnetica riflessa.

In una possibile forma di realizzazione, detto sistema di elaborazione 6, secondo la presente invenzione, comprende un'unità di trasformazione 62. Detta unità di trasformazione 62 è atta a eseguire la trasformata di Fourier di segnali elettromagnetici, preferibilmente direttamente sui segnali elettromagnetici trasdotti da detta antenna di ricezione 5.

Detto sistema di elaborazione 6 comprende un'unità di filtro 64. Detta unità di filtro 64 essendo atta a filtrare il segnale ricevuto, elettromagnetico e/o convertito, in diverse sotto bande (SB1, SB2, SB3) di frequenza.

Detto sistema di elaborazione 6 comprende, inoltre, una prima unità di elaborazione 66. Detta prima unità di elaborazione 66 è almeno atta ad eseguire prodotti hermitiani. In particolare, detta prima unità di elaborazione 66 è atta ad eseguire almeno un prodotto hermitiano fra i segnali elettromagnetici, elaborati da detta unità di trasformazione 62, relativi a coppie di sotto bande (<<SB1,SB2>>, <<SB1,SB3>>, <<SB2,SB3>>).

Detto sistema di elaborazione 6 comprende una seconda unità di elaborazione 68. Detta seconda unità di elaborazione 68 è almeno atta a eseguire un processo di raffinamento fra i segnali elaborati da detto sistema di elaborazione 6.

La soluzione secondo la presente invenzione esegue un'operazione di filtraggio, ad esempio tramite dei filtri passabanda, sul segnale RADAR ricevuto dall'antenna di ricezione 5 ottenendo dunque diversi segnali RADAR con

lunghezze d'onda leggermente diverse fra loro. Inoltre, la soluzione secondo la presente invenzione esegue almeno un prodotto hermitiano tra coppie, preferibilmente opportunamente selezionate, dei segnali filtrati in sotto bande, in particolare i segnali relativi a coppie di sotto bande, ottenendo un nuovo segnale che risulta avere lunghezza d'onda molto maggiore del segnale originale.

La presente soluzione grazie ai prodotti hermitiani fra le sotto bande permette di ottenere segnali equivalenti ad un segnale RADAR 'virtuale' con una lunghezza d'onda λ_V pari a:

$$\lambda_v = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}$$

Tale lunghezza d'onda λ_V, molto maggiore della lunghezza d'onda originale, permetterà di lenire il problema dell'ambiguità di fase e potrà essere utilizzata per incrementare la risoluzione del sistema RADAR 2, ad esempio durante i processi di raffinamento eseguiti da detta seconda unità di elaborazione 68.

Una possibile metodologia di raffinamento delle misure della distanza "D", durante i processi di raffinamento, consiste nello stimare una differenza di fase $\Delta\phi$ tra due segnali con frequenze differenti fra loro, come ad esempio due sotto bande e/o il segnale ricevuto da detta antenna di ricezione 5, potendo così incrementare, preferibilmente a passi successivi, la risoluzione della misura della distanza "D", ad esempio scegliendo opportunamente la posizione, numero e l'estensione delle sotto bande.

Metodologie differenti di raffinamento delle misure della distanza "D", non descritte nel dettaglio, possono essere utilizzate, permettendo comunque di incrementare la risoluzione del sistema RADAR 2.

Nella forma di realizzazione preferita della presente invenzione, esemplificativa e non limitativa, grazie ai prodotti hermitiani fra le sotto bande e le stime sulle differenze di fase, è possibile incrementare considerevolmente la risoluzione del sistema RADAR 2.

Preferibilmente, le misure ottenute tramite il sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione, ed in particolare detti segnali RADAR virtuali, sono utilizzate in un approccio a raffinamenti successivi per raggiungere la massima accuratezza del sistema RADAR 2 che è quella proporzionale alla lunghezza d'onda originale su tutta la banda "B" del sistema RADAR.

In una forma di realizzazione preferita, ma per questo non limitativa, del sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione, detta unità di filtro 64 è atta a filtrare il segnale ricevuto, elettromagnetico e/o convertito, in almeno due diverse sotto bande di frequenza (SB1, SB2).

In una forma di realizzazione ancor più preferita, ma per questo non limitativa, del sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione, detta unità di filtro 64 è atta a filtrare il segnale ricevuto, elettromagnetico e/o convertito, in almeno tre diverse sotto bande di frequenza (SB1, SB2, SB3). Un esempio grafico della divisione in sotto bande (SB1, SB2, SB3) della banda "B" del sistema RADAR 2 è illustrata in figura 2. In una forma di realizzazione ulteriore il numero, la posizione e l'estensione delle sotto bande sono arbitrarie. Il numero delle sotto bande può ad esempio dipendere dall'estensione della banda "B", dalla risoluzione finale che si desidera ottenere ecc. Tale scelta è arbitraria e può essere decisa

di volta in volta in funzione dell'applicazione e dalle caratteristiche tecniche del sistema RADAR 2.

Più in generale, per ogni sotto banda (SB1, SB2, SB3,…SBn) si avrà una rispettiva frequenza di risonanza (f1, f2, f3,… fn), in cui tali frequenze di risonanza (f1, f2, f3, …fn) sono diverse fra loro, ad esempio tre sotto bande (SB1, SB2, SB3), con una rispettiva frequenza di risonanza (f1, f2, f3).

In una forma di realizzazione preferita del sistema RADAR 2, detta prima unità di elaborazione 66 è atta ad eseguire un prodotto hermitiano fra una prima sotto banda ed una seconda sotto banda "<<SB1,SB2>>". In una forma di realizzazione ancor più preferita del sistema RADAR 2, detta prima unità di elaborazione 66 è atta ad eseguire un prodotto hermitiano fra una prima sotto banda ed una seconda sotto banda "<<SB1,SB2>>", ed inoltre un prodotto hermitiano fra una prima sotto banda ed una terza sotto banda "<<SB1,SB3>>". Nella presente forma di realizzazione detta prima unità di elaborazione 66 è atta ad eseguire almeno due prodotti hermitiani fra diverse coppie di sotto bande.

In generale, maggiore sarà la differenza di fase fra le due sotto bande, minore sarà la lunghezza d'onda λ_v del segnale RADAR 'virtuale', maggiore dunque l'accuratezza del 'radar virtuale' così generato.

Ancor più preferibilmente, il sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione, prevede che detta prima unità di elaborazione 66 è atta ad eseguire un prodotto hermitiano fra la seconda sotto banda e la terza sotto banda <<SB2,SB3>>.

Nella forma di realizzazione del sistema RADAR 2 in cui la banda di frequenza "B" del sistema RADAR 2 è suddivisa in tre sotto bande (SB1, SB2, SB3) è possibile ottenere diversi segnali RADAR virtuali i quali possono essere utilizzati dalla seconda unità di elaborazione 68 per eseguire diversi processo di raffinamento, al fine di incrementare l'accuratezza del sistema RADAR 2. Tale concetto può essere esteso anche per un numero di sotto bande maggiore di tre, eseguendo prodotti hermitiani fra le diverse possibili combinazioni di sotto bande.

Più in generale, il sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione, prevede che detta seconda unità di elaborazione 68 sia almeno atta a eseguire un processo di raffinamento fra la misura della distanza "D", ottenuta dal calcolo del tempo di arrivo dell'onda elettromagnetica riflessa, preferibilmente già elaborata dal sistema di elaborazione 6, ed il risultato del prodotto hermitiano fra una coppia di sotto bande (<<SB1,SB2>>, <<SB1,SB3>>, <<SB2,SB3>>).

Come anticipato, il prodotto hermitiano permette di generare un segnale RADAR virtuale il quale è utilizzata in un processo di raffinamento per incrementare la risoluzione della misura della distanza "D". La presente soluzione permette quindi di incrementare la risoluzione del sistema RADAR 2 rispetto ad una misura della distanza "D" eseguita tramite la misurazione o calcolo del tempo di arrivo dell'onda elettromagnetica riflessa.

In una forma di realizzazione preferita, ma per questo non limitativa, del sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione, detta seconda unità di elaborazione 68 è atta a eseguire un processo di raffinamento fra la misura della

distanza "D", eseguita tramite la misurazione del tempo di arrivo dell'onda elettromagnetica riflessa, ed il risultato del prodotto hermitiano fra una prima sotto banda ed una seconda sotto banda <<SB1,SB2>>.

In una forma di realizzazione ancor più preferita, ma per questo non limitativa, del sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione, detta seconda unità di elaborazione 68 è atta a eseguire almeno un ulteriore processo di raffinamento, in particolare fra il risultato di un primo processo di raffinamento, ed il risultato del prodotto hermitiano fra un'altra coppia di sotto bande (<<SB1,SB2>>, <<SB1,SB3>>, <<SB2,SB3>>). In particolare nell'ulteriore processo di raffinamento si impiega il risultato del prodotto hermitiano fra una coppia di sotto bande differente da quella utilizzata nel precedente processo di raffinamento. In una forma di realizzazione preferita, ma per questo non limitativa, detta seconda unità di elaborazione 68 è atta a eseguire un secondo processo di raffinamento fra il risultato del primo processo di raffinamento ed il risultato del prodotto hermitiano fra la prima sotto banda e la terza sotto banda <<SB1,SB3>>.

Più in generale, tale concetto di raffinamenti successivi è possibile applicarlo anche nel caso in cui il numero di sotto bande sia superiore a tre, ad esempio al fine di incrementare ulteriormente la risoluzione del sistema RADAR 2.

In una forma di realizzazione ancor più preferita, ma per questo non limitativa, del sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione, detta seconda unità di elaborazione 68 è atta a eseguire almeno un ulteriore processo di raffinamento, in particolare fra il risultato di un

precedente processo di raffinamento; e la misura della distanza "D" ottenuta dal calcolo della differenza di fase fra l'onda elettromagnetica trasmessa e l'onda elettromagnetica riflessa, preferibilmente già elaborata detto sistema di elaborazione 6.

In una forma di realizzazione preferita, ma per questo non limitativa, detta seconda unità di elaborazione 68 è atta a eseguire un terzo processo di raffinamento fra il risultato di un secondo processo di raffinamento, e la misura della distanza "D" ottenuta dal calcolo della differenza di fase fra l'onda elettromagnetica trasmessa e l'onda elettromagnetica riflessa, preferibilmente già elaborata detto sistema di elaborazione 6.

In una forma di realizzazione alternativa, esemplificativa e non limitativa, detta seconda unità di elaborazione 68 è atta a eseguire un ulteriore processo di raffinamento fra il risultato del primo processo di raffinamento, e la misura della distanza "D" ottenuta dal calcolo della differenza di fase fra l'onda elettromagnetica trasmessa e l'onda elettromagnetica riflessa, ad esempio elaborata da detto sistema di elaborazione 6.

Più in generale, detta seconda unità di elaborazione 68 è in grado di svolgere più di un processo di raffinamento dei segnali, ed in particolare utilizzando i segnali ottenuti da un precedente processo di raffinamento eseguito dalla stessa seconda unità di elaborazione 68. Forme di realizzazione alternative o non descritte sulle fasi di raffinamento dei segnali eseguite da detta seconda unità di elaborazione 68 sono da considerarsi comunque comprese nell'ambito di tutela della presente invenzione.

In una forma di realizzazione preferita del sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione, detto sistema di elaborazione 6 è implementato tramite almeno un'unità di calcolo.

In particolare detta almeno unità di calcolo comprende un'unità di elaborazione ed un supporto di memoria. A titolo esemplificativo, tale unità di calcolo è in grado di determinare la distanza "D" dell'oggetto o obbiettivo "T", sia tramite il tempo di arrivo dell'onda elettromagnetica riflessa, che tramite la differenza di fase fra l'onda elettromagnetica trasmessa e l'onda elettromagnetica riflessa. I dati elaborati da detta unità di calcolo vengono opportunamente memorizzati nel supporto di memoria.

In una forma di realizzazione preferita del sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione, detta unità di trasformazione 62 è atta a eseguire una Trasformata di Fourier Veloce o FFT (Fast Fourier Transform) sui segnali elettromagnetici trasdotti da detta antenna di ricezione 5.

In una forma di realizzazione preferita del sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione, detta unità di filtro 64 è almeno un filtro digitale. Detto filtro digitale è in grado di elaborare i dati elaborati da un'unità di trasformazione 62.

In una forma di realizzazione alternativa, detta unità di filtro 64 è atta a filtrare il segnale elettromagnetico trasdotto da detta antenna di ricezione 5 in diverse sotto bande (SB1, SB2, SB3) di frequenza. Successivamente l'unità di trasformazione 62 esegue la trasformata di Fourier sui segnali elettromagnetici filtrati dall'unità di filtro 64.

Più in generale, detta unità di filtro 64 comprende almeno due filtri passabanda, al fine di filtrare il

segnale elettromagnetico in diverse sotto bande (SB1, SB2, SB3) di frequenza.

Ogni filtro passabanda avrà la propria frequenza di risonanza (f1, f2, f3, … fn), differente per ogni sotto banda desiderata (SB1, SB2, SB3, … SBn). Preferibilmente, i vari filtri passabanda avranno larghezza di banda sostanzialmente uguale fra loro. Preferibilmente, detti filtri passabanda sono filtri digitali.

Nella forma di realizzazione preferita, ma per questo non limitativa, detta unità di filtro 64 comprende almeno tre filtri passabanda, con diverse frequenze di risonanza (f1, f2, f3) e larghezza di banda sostanzialmente uguale fra i vari filtri, al fine di ottenere sotto bande (SB1, SB2, SB3) con larghezze di banda sostanzialmente uguali fra loro.

Detta prima unità di elaborazione 66 esegue un prodotto hermitiano fra i segnali elettromagnetici, elaborati da detta unità di trasformazione 62.

In generale, detto prodotto hermitiano è un prodotto fra vettori di uno spazio vettoriale sul campo complesso che subordina una norma sullo spazio vettoriale. Pertanto i segnali elettromagnetici trasformati da detta unità di trasformazione 62 sono considerati come dei vettori.

Detta prima unità di elaborazione 66 e detta seconda unità di elaborazione 68 possono essere un'unica unità di elaborazione opportunamente programmata al fine di eseguire i vari prodotti hermitiani e i processi di raffinamento in modo continuo nel tempo, in modo sincrono con i segnali trasmessi e ricevuti dal sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione.

Più in generale, l'intero sistema di elaborazione può essere implementato tramite un'unica unità di elaborazione opportunamente programmata al fine di eseguire le diverse funzionalità descritte precedentemente, ad esempio le funzionalità detta unità di trasformazione 62, di detta unità di filtro 64, di detta prima unità di elaborazione 66 e di detta seconda unità di elaborazione 68. Infatti, detta unità di elaborazione 6 potrebbe essere un computer, ad esempio un PC, atto ad elaborare i dati ottenuti dal sistema RADAR 2, ad esempio opportunamente registrati e memorizzati, potendoli analizzare anche in un secondo tempo.

In una forma di realizzazione alternativa, detta prima unità di elaborazione 66 e detta seconda unità di elaborazione 68 possono essere due dispositivi elettronici distinti opportunamente programmati al fine di eseguire rispettivamente i vari prodotti hermitiani e i processi di raffinamento, in modo continuo nel tempo.

Forme di realizzazione alternative di detta prima unità di elaborazione 66 e detta seconda unità di elaborazione 68 non descritte in modo esplicito ma di per sé note da un tecnico del settore, devono essere ritenute comprese nella presente invenzione.

Più in generale, le varie unità del sistema di elaborazione 6 possono essere dispositivi elettronici distinti, opportunamente cablati fra loro, in modo tale da elaborare i dati ottenuti dal sistema RADAR 2 in tempo reale.

In una forma di realizzazione preferita, ma per questo non limitativa, detto processo di raffinamento è basato sul

calcolo della differenza di fase $\Delta\phi$ fra segnali aventi differente lunghezza d'onda (λ_1, λ_2), ad esempio

$$\Delta\phi_{\lambda_1} = 4\pi\left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1}\right)D = \frac{\Delta f 4\pi}{c}D$$

$$\Delta\phi_{\lambda_1}\Big|_{k=2,3} = k\Delta\phi_{\lambda_1}$$

In questo modo si ha un fattore moltiplicativo, pari alla differenza di frequenza Δf fra i due segnali, il quale permette di incrementare la risoluzione della misura della distanza "D".

Inoltre, come indicato nella formula, incrementando il numero k delle raffinazioni, calcolando diverse differenze di fase $\Delta\phi$, si ha un incremento della differenza di fase della prima raffinazione pari al numero di raffinamenti svolti.

Più in generale, detto generatore 3 è atto a generare un segnale elettromagnetico in una banda di frequenza "B" prestabilita, nello spettro delle onde radio e/o microonde. Pertanto, detto sistema RADAR 2 è atto ad operare con onde elettromagnetiche appartenenti allo spettro delle onde radio e/o microonde.

La larghezza della banda "B" e la frequenza centrale della banda "B" dipenderanno essenzialmente dall'applicazione su cui il sistema RADAR 2 sarà utilizzato oltre alla risoluzione che si desidera ottenere dal sistema RADAR 2.

A titolo esemplificativo e non limitativo, al fine di riuscire ad ottenere una risoluzione pari a 1 µm per misure di distanza "D" di un oggetto o obbiettivo "T" su una distanza inferiore ad 1m, è possibile utilizzare un segnale elettromagnetico con banda "B" di circa 2,4 GHz con e la suddivisione in tre sotto bande da circa 800Mhz ciascuna.

Più in generale, detto sistema RADAR 2 può essere realizzato con l'utilizzo di una o più antenne. In una prima forma di realizzazione il sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione, esso comprende un'antenna di trasmissione 4 distinta ed indipendente da detta antenna di ricezione 5. In una forma di realizzazione alternativa, il sistema RADAR 2 comprende una singola antenna che, tramite un sistema a selettore ad esempio compreso nel sistema di elaborazione 6, funziona alternativamente da antenna di trasmissione 4 ed antenna di ricezione 5, utilizzando un unico dispositivo antenna.

Più in generale, detto sistema RADAR 2 può comprendere schiere di antenne, le quali possono operare come antenne di trasmissione 4 e/o come antenne di ricezione 5.

Dette antenne (4,5) sono opportunamente progettate in modo tale da poter trasmettere e/o ricevere segnali elettromagnetici aventi una banda di frequenza "B" con cui vengono generati i segnali elettromagnetici dal generatore 3 del sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione.

In una possibile forma di realizzazione, esemplificativa e non limitativa per operare con una banda di 4 GHz centrata alla frequenza di 79 GHz, si è utilizzato un'antenna di trasmissione 4 ed un'antenna di ricezione 5, entrambe della tipologia a tromba.

Il sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione è atto ad incrementare la propria risoluzione rispetto ai sistemi RADAR appartenenti allo stato della tecnica.

Un ulteriore aspetto della presente invenzione riguarda un metodo per incrementare l'accuratezza di un segnale elettromagnetico ricevuto da un sistema RADAR.

Tale sistema RADAR può essere un sistema RADAR come descritto in precedenza oppure un diverso sistema RADAR, in cui i dati ricevuti sono elaborati secondo il metodo della presente invenzione, in tempo reale oppure tramite un'elaborazione successiva.

Una forma di realizzazione del metodo per incrementare l'accuratezza di un segnale elettromagnetico ricevuto da un sistema RADAR atto ad operare su una banda "B" comprende i seguenti fasi, preferibilmente consecutivi:

- eseguire una suddivisione in sotto bande (SB1, SB2, SB3, … SBn) del segnale ricevuto dal sistema RADAR, ad esempio tramite un'unità di filtro 64;
- Eseguire almeno un prodotto hermitiano fra almeno una coppia di sotto bande (<<SB1,SB2>>, <<SB1,SB3>>, <<SB2,SB3>>), ad esempio tramite una prima unità di elaborazione 66;
- eseguire almeno un processo di raffinamento del segnale fra una misura della distanza "D", eseguita tramite una misurazione o calcolo del tempo di arrivo dell'onda elettromagnetica riflessa, ed il risultato di almeno un prodotto hermitiano (<<SB1,SB2>>, <<SB1,SB3>>, <<SB2,SB3>>) fra almeno una coppia di sotto bande (SB1, SB2, SB3, … SBn), ad esempio tramite una seconda unità di elaborazione 68;
- eseguire almeno un ulteriore processo di raffinamento del segnale fra un risultato di almeno un processo di raffinamento, e la misura della distanza "D" ottenuta dal calcolo della differenza di fase fra l'onda elettromagnetica trasmessa e l'onda elettromagnetica riflessa.

In una forma di realizzazione preferita, ma per questo non limitativa, del metodo secondo la presente invenzione, esso è particolarmente adatto ad essere implementato tramite il sistema RADAR 2 secondo la presente invenzione.

Infatti, la fase di eseguire una suddivisione in sotto bande (SB1, SB2, SB3) del segnale elettromagnetico ricevuto dal sistema RADAR, è eseguibile tramite un'unità di filtro 64 compresa in un sistema RADAR 2 secondo la presente invenzione.

Inoltre, la fase di eseguire un prodotto hermitiano fra almeno una coppia di sotto bande (<<SB1,SB2>>, <<SB1,SB3>>, <<SB2,SB3>>), è eseguibile tramite una prima unità di elaborazione 66 compresa in un sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione.

Le fasi di eseguire almeno un processo di raffinamento e di eseguire almeno un ulteriore processo di raffinamento sono eseguibili tramite una seconda unità di elaborazione 68 compresa in un sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione. In questo modo è possibile elaborare i dati in tempo reale.

In alternativa, le suddette fasi possono essere svolte da un computer, ad esempio un PC, il quale è stato opportunamente programmato per svolgere tale analisi sui dati opportunamente registrati e/o memorizzati su un supporto di memoria.

In una forma di realizzazione preferita del metodo, secondo la presente invenzione, sono comprese le seguenti ulteriori fasi:

- eseguire una suddivisione in almeno tre sotto bande (SB1, SB2, SB3) del segnale ricevuto dal sistema RADAR, ad esempio tramite un'unità di filtro 64;

- eseguire un prodotto hermitiano fra una prima sotto banda ed una seconda sotto banda (<<SB1,SB2>>), ad esempio tramite una prima unità di elaborazione 66;
- eseguire un primo processo di raffinamento del segnale fra una misura della distanza "D", eseguita tramite una misurazione del tempo di arrivo dell'onda elettromagnetica riflessa, ed il risultato del prodotto hermitiano fra la prima sotto banda e la seconda sotto banda (<<SB1,SB2>>), ad esempio tramite una seconda unità di elaborazione 68;
- eseguire un prodotto hermitiano fra la prima sotto banda ed una terza sotto banda (<<SB1,SB3>>), ad esempio tramite detta prima unità di elaborazione 66;
- eseguire un secondo processo di raffinamento del segnale fra il risultato del primo processo di raffinamento, ed il risultato del prodotto hermitiano fra la prima sotto banda e la terza sotto banda (<<SB1,SB2>>), ad esempio tramite la seconda unità di elaborazione 68;
- eseguire un terzo processo di raffinamento del segnale fra il risultato del secondo processo di raffinamento, e la misura della distanza "D" ottenuta dal calcolo della differenza di fase fra l'onda elettromagnetica trasmessa e l'onda elettromagnetica riflessa.

Più in generale, il metodo secondo la presente invenzione potrà quindi prevedere più fasi di eseguire un prodotto hermitiano e di eseguire un processo di raffinamento, in funzione del numero di sotto bande scelte ed il livello di accuratezza che si desidera ottenere.

In una forma di realizzazione preferita, ma per questo non limitativa, del metodo, secondo la presente invenzione,

precedentemente alla fase di eseguire una suddivisione in sotto bande, oppure appena successivamente a tale fase, è presente un'ulteriore fase di eseguire una trasformata di Fourier sui segnali elettromagnetici trasdotti da un'antenna di ricezione 5 compresa in un sistema RADAR.

Tale fase di eseguire una trasformata di Fourier è eseguibile tramite detta unità di trasformazione 62.

La figura 3 mostra uno schema il quale rappresenta una possibile sequenza di fasi del metodo, secondo la presente invenzione, eseguite per ottenere la misurazione della distanza "D" con l'accuratezza di misura desiderata.

Lo schema illustra un metodo, secondo la presente invenzione, che comprende le seguenti fasi operative:

a) ricevere un segnale RADAR tramite un sistema RADAR 2 atto ad operare su una banda "B";

b0) eseguire una stima grossolana della distanza "D" tramite il tempo di arrivo dell'onda elettromagnetica riflessa;

b1) eseguire una stima della distanza "D" tramite la differenza di fase fra l'onda elettromagnetica trasmessa e l'onda elettromagnetica riflessa;

c) eseguire una suddivisione in sotto bande (SB1, SB2, SB3) del segnale elettromagnetico ricevuto dal sistema RADAR, ad esempio tramite un'unità di filtro 64, in cui detta fase c) comprende almeno tre sotto fasi (c1), c2), c3)) in cui si esegue un filtraggio della banda "B" in diverse sotto bande (SB1, SB2, SB3);

d) eseguire un prodotto hermitiano fra una prima sotto banda ed una seconda sotto banda (<<SB1,SB2>>);

e) eseguire un primo processo di raffinamento del segnale fra una misura della distanza "D", elaborata nella fase

b0), ed il risultato del prodotto hermitiano fra la prima sotto banda e la seconda sotto banda (<<SB1,SB2>>), elaborato nella fase d);

f) eseguire un prodotto hermitiano fra la prima sotto banda ed una terza sotto banda (<<SB1,SB3>>);

g) eseguire un secondo processo di raffinamento del segnale fra il risultato del primo processo di raffinamento, elaborato nella fase e), ed il risultato del prodotto hermitiano fra la prima sotto banda e la terza sotto banda (<<SB1,SB2>>), elaborato nella fase f);

h) eseguire un terzo processo di raffinamento del segnale fra il risultato del secondo processo di raffinamento, elaborato nella fase g), e la misura della distanza "D" elaborata nella fase b1).

La fase a) del metodo come illustrato in figura 3 è ad esempio eseguito tramite un'antenna (4, 5) del sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione. Preferibilmente, il segnale ricevuto e trasdotto da detta antenna è processato eseguendo la trasformata di Fourier del segnale elettromagnetico, ad esempio tramite l'unità di trasformazione 62.

Le fasi b0) e b1) sono eseguite tramite il sistema di elaborazione 6 compreso nel sistema RADAR 2, come ben noto allo stato della tecnica.

La fase c) e le relative sotto fasi c1), c2) e c3) sono ad esempio eseguite tramite l'unità di filtro 64, la quale comprenderà una pluralità di filtri passabanda i quali saranno in numero uguale al numero di sotto bande che si desiderano realizzare e di conseguenza al numero di sotto fasi (c1), c2), c3)) che si eseguono nel metodo.

A titolo esemplificativo e non limitativo, le fasi b0), b1), c), e le diversi sotto fasi (c1), c2), c3)) possono essere eseguite in parallelo, ad esempio in contemporanea, riducendo il tempo di esecuzione del metodo.

Le fasi d) ed f) del metodo illustrato in figura 3, possono essere eseguite tramite detta prima unità di elaborazione 66 la quale è atta ad eseguire un prodotto hermitiano fra i segnali elettromagnetici, elaborati da detta unità di trasformazione 62.

Le fasi e), g) ed h) del metodo illustrato in figura 3, possono essere eseguite tramite detta seconda unità di elaborazione 68, la quale è atta a eseguire un processo di raffinamento fra i vari segnali elaborati da detto sistema di elaborazione 6.

Più in generale, il metodo secondo la presente invenzione è atto ad essere implementato anche su segnali ottenuti da sistemi RADAR appartenenti allo stato della tecnica, adottando un opportuno hardware, ad esempio come descritto in precedenza.

A titolo esemplificativo, tutti i concetti tecnici descritti nel sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione, possono essere opportunamente traslati nel metodo secondo la presente invenzione e viceversa.

Forme di realizzazione alternative, non descritte o illustrate del metodo secondo la presente invenzione, ma facilmente desumibili per un tecnico del settore alla luce del contenuto tecnico della presente domanda di brevetto, devono essere considerate comprese nell'ambito di tutela della presente invenzione.

La figura 1 mostra una possibile forma di realizzazione, esemplificativa e non limitativa del sistema

RADAR 2 per la determinazione di una distanza "D", secondo la presente invenzione. Nella figura è visibile un sistema RADAR 2 che comprende un'antenna di trasmissione 4, un'antenna di ricezione 5 ed un sistema di elaborazione 6 atto ad elaborare il segnale elettromagnetico trasdotto da detta antenna di ricezione 5.

Nella figura è visibile un oggetto o obbiettivo "T" posto ad una distanza "D" dal sistema RADAR 2. Nella figura è inoltre illustrato, in modo schematico l'onda elettromagnetica trasmessa e quella riflessa, illustrate con un'onda sinusoidale.

La figura 2 mostra la banda di frequenza "B" del sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione, suddivisa in sotto bande, in particolare tre sotto bande (SB1, SB2, SB3), sostanzialmente di ampiezza uguale fra loro, al fine di incrementare la risoluzione del sistema RADAR 2. In tale figura sono illustrate, in modo schematico, tre sotto bande (SB1, SB2, SB3) con larghezze di banda sostanzialmente uguali fra loro. Ogni sotto banda (SB1, SB2, SB3) è centrata rispetto ad una rispettiva frequenza di risonanza (f1, f2, f3).

La figura 4 mostra uno schema a blocchi, esemplificativo e non limitativo, del sistema RADAR 2 secondo la presente invenzione.

In figura, è illustrata un'unica antenna (4, 5) la quale è atta ad operare alternativamente da antenna di trasmissione 4 ed antenna di ricezione 5, ad esempio tramite l'utilizzo di un sistema a selettore.

In figura 4 è mostrato, a titolo esemplificativo e non limitativo, il sistema di elaborazione 6, secondo la presente invenzione, ed un generatore 3 atto a generare un

segnale elettromagnetico in una banda di frequenza "B" prestabilita.

Nella forma di realizzazione illustrata, il segnale elettromagnetico trasdotto dall'antenna, viene inviato all'unità di trasformazione 62 per eseguire la trasformata di Fourier del segnale.

Il segnale così trasformato viene inviato all'unità di filtro 64 per filtrare il segnale trasformato in diverse sotto bande (SB1, SB2, SB3) di frequenza, preferibilmente utilizzando filtri digitali.

I segnali filtrati sono inviati alla prima unità di elaborazione 66 per eseguire uno o più prodotti hermitiani fra i segnali filtrati.

I prodotti hermitiani ottenuti vengono inviati alla seconda unità di elaborazione 68 la quale esegue processi di raffinamento, tenendo in considerazione anche i segnali elaborati da detto sistema di elaborazione 6, ed in particolare la misurazione della distanza "D" dell'oggetto o obbiettivo "T", sia tramite il tempo di arrivo dell'onda elettromagnetica riflessa, che la differenza di fase fra l'onda elettromagnetica trasmessa e l'onda elettromagnetica riflessa.

Il risultato in uscita da detta seconda unità di elaborazione 68 è una misura della distanza "D" con una risoluzione molto elevata, essendo ridotta l'incertezza di misura.

Tale segnale in uscita da detta seconda unità di elaborazione 68 può essere inviato ad un sistema di interfaccia, ad esempio un'interfaccia utente. Detta interfaccia permette all'utilizzatore di determinare, ad esempio in modo grafico, la distanza "D" misurata con una

risoluzione maggiore rispetto a quella ottenibile dalla semplice elaborazione del segnale RADAR ricevuto dai sistemi RADAR appartenenti allo stato della tecnica.

Il sistema RADAR 2 ed il metodo, secondo la presente invenzione, si propongono di stimare la distanza "D" assoluta, non ambigua, e accurata, elaborando il segnale RADAR ed ottenendo segnali RADAR 'virtuali' ad una lunghezza d'onda maggiore che consento di utilizzare il metodo accurato di valutazione della differenza di fase soffrendo di una ambiguità minore.

Per ottenere la misura della distanza "D" con elevata risoluzione, il metodo ed il sistema RADAR 2 secondo la presente invenzione, eseguono un'operazione di filtraggio, in particolare passabanda, sul segnale RADAR originale ottenendo dunque diversi segnali RADAR con lunghezze d'onda leggermente diverse fra loro, ed operare uno o più prodotti hermitiani tra coppie opportune dei segnali ottenuti in uscita dai filtri passabanda, ottenendo un nuovo segnale che risulta avere lunghezza d'onda molto maggiore del segnale originale.

Maggiore è la distanza tra le sotto bande e più accurata è la misura. Le misure che si ottengono da questi segnali RADAR virtuali sono utilizzate in un approccio a raffinamenti successivi per raggiungere la massima accuratezza del sistema RADAR 2.

Il sistema RADAR ed il metodo, secondo la presente invenzione permettono di ottenere una misura della distanza "D" con un elevato grado di accuratezza, riducendo inoltre notevolmente l'incertezza.

Il sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione può essere applicato per diversi scopi e/o applicazione. A

titolo esemplificativo e non limitativo, la misura di distanza "D" ottenibile tramite il sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione, può essere utilizzata per:

- localizzazione accurata di oggetti e manufatti, ad esempio in ambito industriali;
- misure di spostamento assoluto anche micrometrico;
- profilazione di oggetti, ad esempio attraverso la scansione in modalità di aperture sintetica;
- misure di spessori, dimensioni e/o deformazioni, ad esempio attraverso il posizionamento di una pluralità di sistemi RADAR 2 comprendenti un comune sistema di elaborazione per la misura delle diverse interfacce richieste.

Inoltre, il metodo, secondo la presente invenzione, applicato ad un sistema RADAR standard, secondo lo stato della tecnica, permetterebbe di eseguire misure micrometriche incrementando notevolmente la risoluzione del sistema RADAR appartenente allo stato della tecnica.

La presente invenzione, elaborando opportunamente il segnale elettromagnetico ricevuto permette di raggiungere accuratezze di misura micrometriche senza la necessità di avere un sistema hardware ad altissima risoluzione.

Il sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione, risulta economico e di dimensioni molto ridotte e può essere utilizzato per la stima di distanze micrometriche e il posizionamento accurato di oggetti in ambito industriale o in ambienti con ridotto spazio di manovra. In particolare, il sistema di elaborazione 6 del sistema RADAR 2, secondo la presente invenzione, permette di elaborare i segnali ricevuti dall'antenna di ricezione 5, in particolare trasformandoli in dati, i quali sono elaborati

in modo innovativo per raggiungere un livello di accuratezza delle misure della distanza "D" molto elevato, in particolare sino al micrometro, senza la necessità di implementare un sistema hardware di elevato costo per ottenere una risoluzione paragonabile.

/EB

RIFERIMENTI NUMERICI

Sistema RADAR	2
Generatore	3
Antenna di trasmissione	4
antenna di ricezione	5
Sistema di elaborazione	6
Unità di trasformazione	62
Unità di filtro	64
Prima unità di elaborazione	66
Seconda unità di elaborazione	68
Banda di frequenza	B
Distanza	D
Frequenza di risonanza	(f1, f2, f3)
Sotto bande	(SB1, SB2, SB3)
Oggetti o obbiettivi	T
Prodotto hermitiano	<<SB1,SB2>>, <<SB1,SB3>>, <<SB2,SB3>>

RIVENDICAZIONI:

1. Sistema RADAR (2) per la determinazione della posizione e/o profili di oggetti o obbiettivi (T), comprendente:

- un generatore (3) atto a generare un segnale elettromagnetico con una banda di frequenza (B) prestabilita;
- un'antenna di trasmissione (4) atta a trasmettere un'onda elettromagnetica a partire da detto segnale elettromagnetico generato da detto generatore (3);
- un'antenna di ricezione (5) atta a ricevere un'onda elettromagnetica riflessa da un oggetto o obbiettivo (T);
- un sistema di elaborazione (6), atto almeno ad elaborare il segnale elettromagnetico trasdotto da detta antenna di ricezione (5);

detto sistema di elaborazione (6) essendo almeno atto a determinare una distanza (D) dell'oggetto o obbiettivo (T), sia tramite il tempo di arrivo dell'onda elettromagnetica riflessa, che tramite la differenza di fase fra l'onda elettromagnetica trasmessa e l'onda elettromagnetica riflessa;

detto sistema di elaborazione (6) comprendendo:

- un'unità di trasformazione (62) atta a eseguire la trasformata di Fourier dei segnali elettromagnetici;
- un'unità di filtro (64) atta a filtrare il segnale ricevuto in diverse sotto bande (SB1, SB2, SB3) di frequenza;
- una prima unità di elaborazione (66) atta ad eseguire almeno un prodotto hermitiano fra i segnali elaborati da detta unità di trasformazione (62), relativi a

coppie di sotto bande (<<SB1,SB2>>, <<SB1,SB3>>, <<SB2,SB3>>);

- una seconda unità di elaborazione (68) atta a eseguire un processo di raffinamento fra i segnali elaborati da detto sistema di elaborazione (6).

2. Sistema RADAR (2) secondo la rivendicazione 1, in cui:
- detta unità di filtro (64) è atta a filtrare il segnale elettromagnetico in almeno tre diverse sotto bande di frequenza (SB1, SB2, SB3);
- detta prima unità di elaborazione (66) essendo atta ad eseguire:
  - un prodotto hermitiano fra una prima sotto banda ed una seconda sotto banda (<<SB1,SB2>>), ed
  - un prodotto hermitiano fra una prima sotto banda ed una terza sotto banda (<<SB1,SB3>>)

3. Sistema RADAR secondo la rivendicazione 2, in cui detta prima unità di elaborazione (66) essendo atta ad eseguire un prodotto hermitiano fra la seconda sotto banda e la terza sotto banda (<<SB2,SB3>>).

4. Sistema RADAR secondo la rivendicazione una delle rivendicazioni precedenti, in cui detta seconda unità di elaborazione (68) è atta a eseguire un processo di raffinamento fra:
- la misura della distanza "D", eseguita tramite la misurazione o calcolo del tempo di arrivo dell'onda elettromagnetica riflessa, ed
- il risultato del prodotto hermitiano fra una coppia di sotto bande (<<SB1,SB2>>, <<SB1,SB3>>, <<SB2,SB3>>).

5. Sistema RADAR secondo la rivendicazione 4, in cui detta seconda unità di elaborazione (68) è atta a eseguire un processo di raffinamento fra la misura della distanza

"D", eseguita tramite la misurazione del tempo di arrivo dell'onda elettromagnetica riflessa, ed il risultato del prodotto hermitiano fra una prima sotto banda ed una seconda sotto banda (<<SB1,SB2>>).

6. Sistema RADAR secondo la rivendicazione 4 o 5, in cui detta seconda unità di elaborazione (68) è atta a eseguire un ulteriore processo di raffinamento fra:

- il risultato di un primo processo di raffinamento;
- il risultato del prodotto hermitiano fra un'altra coppia di sotto bande (<<SB1,SB2>>, <<SB1,SB3>>, <<SB2,SB3>>).

7. Sistema RADAR secondo la rivendicazione 6, in cui detta seconda unità di elaborazione (68) è atta a eseguire un processo di raffinamento fra il risultato del primo processo di raffinamento ed il risultato del prodotto hermitiano fra la prima sotto banda e la terza sotto banda (<<SB1,SB3>>).

8. Sistema RADAR secondo una delle rivendicazioni 6 o 7, in cui detta seconda unità di elaborazione (68) è atta a eseguire un ulteriore processo di raffinamento fra:

- il risultato di un secondo processo di raffinamento; e
- la misura della distanza (D) ottenuta dal calcolo della differenza di fase fra l'onda elettromagnetica trasmessa e l'onda elettromagnetica riflessa.

9. Sistema RADAR secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui:

- detto sistema di elaborazione (6) essendo implementato tramite almeno un'unità di calcolo; ed in cui
- detta unità di filtro (64) è almeno un filtro digitale in grado di elaborare i dati elaborati da un'unità di trasformazione (62) atta a eseguire una Trasformata di Fourier Veloce o FFT (Fast Fourier Transform) sui segnali

elettromagnetici trasdotti da detta antenna di ricezione (5).

10. Metodo per incrementare l'accuratezza di un segnale elettromagnetico ricevuto da un sistema RADAR atto ad operare su una banda (B);

detto metodo comprendendo le seguenti fasi:

- eseguire una suddivisione in sotto bande (SB1, SB2, SB3) del segnale ricevuto dal sistema RADAR;
- eseguire almeno un prodotto hermitiano fra almeno una coppia di sotto bande (<<SB1,SB2>>, <<SB1,SB3>>, <<SB2,SB3>>);
- eseguire almeno un processo di raffinamento del segnale fra una misura della distanza (D), eseguita tramite la misurazione del tempo di arrivo dell'onda elettromagnetica riflessa, ed il risultato di almeno un prodotto hermitiano (<<SB1,SB2>>, <<SB1,SB3>>, <<SB2,SB3>>) fra almeno una coppia di sotto bande (SB1, SB2, SB3);
- eseguire almeno un ulteriore processo di raffinamento del segnale fra un risultato di almeno un processo di raffinamento, e la misura della distanza (D) ottenuta dal calcolo della differenza di fase fra l'onda elettromagnetica trasmessa e l'onda elettromagnetica riflessa.

11. Metodo secondo la rivendicazione 10, in cui sono comprese le seguenti fasi:

- eseguire una suddivisione in almeno tre sotto bande (SB1, SB2, SB3) del segnale ricevuto dal sistema RADAR;
- eseguire un prodotto hermitiano fra una prima sotto banda ed una seconda sotto banda (<<SB1,SB2>>);

- eseguire un primo processo di raffinamento del segnale fra una misura della distanza (D), eseguita tramite una misurazione del tempo di arrivo dell'onda elettromagnetica riflessa, ed il risultato del prodotto hermitiano fra la prima sotto banda e la seconda sotto banda (<<SB1,SB2>>);
- eseguire un prodotto hermitiano fra la prima sotto banda ed una terza sotto banda (<<SB1,SB3>>);
- eseguire un secondo processo di raffinamento del segnale fra il risultato del primo processo di raffinamento, ed il risultato del prodotto hermitiano fra la prima sotto banda e la terza sotto banda (<<SB1,SB2>>);
- eseguire un terzo processo di raffinamento del segnale fra il risultato del secondo processo di raffinamento, e la misura della distanza (D) ottenuta dal calcolo della differenza di fase fra l'onda elettromagnetica trasmessa e l'onda elettromagnetica riflessa.

/EB

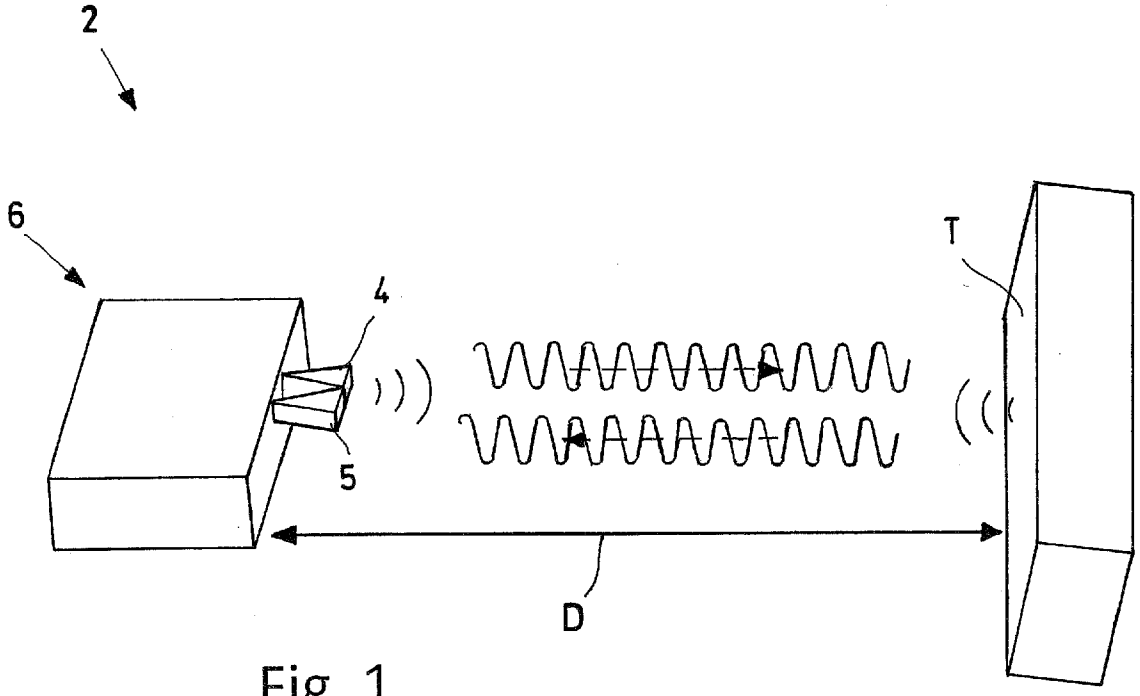


Fig. 1

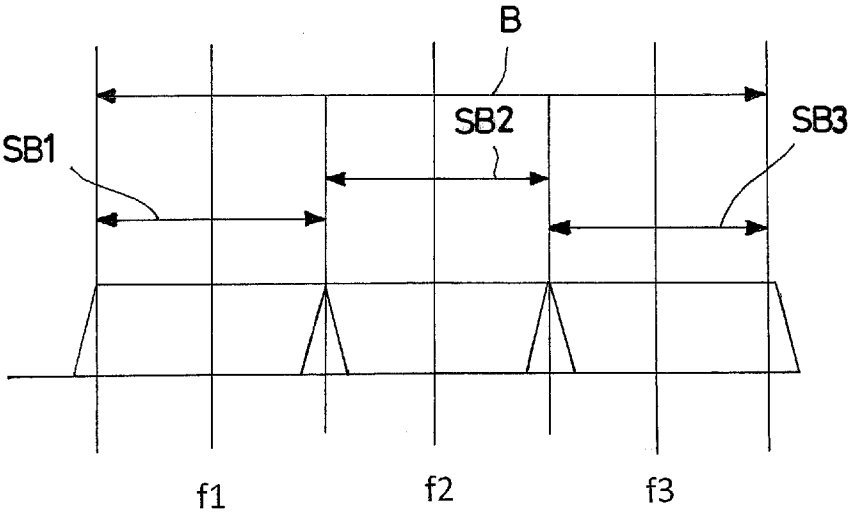


Fig. 2

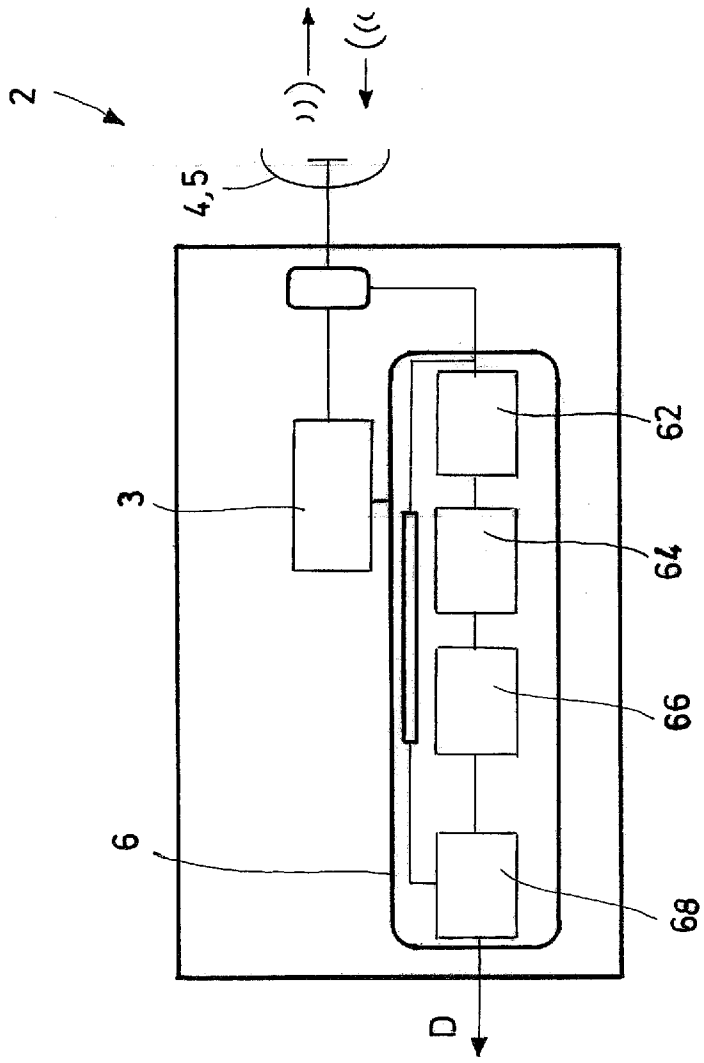


Fig. 4

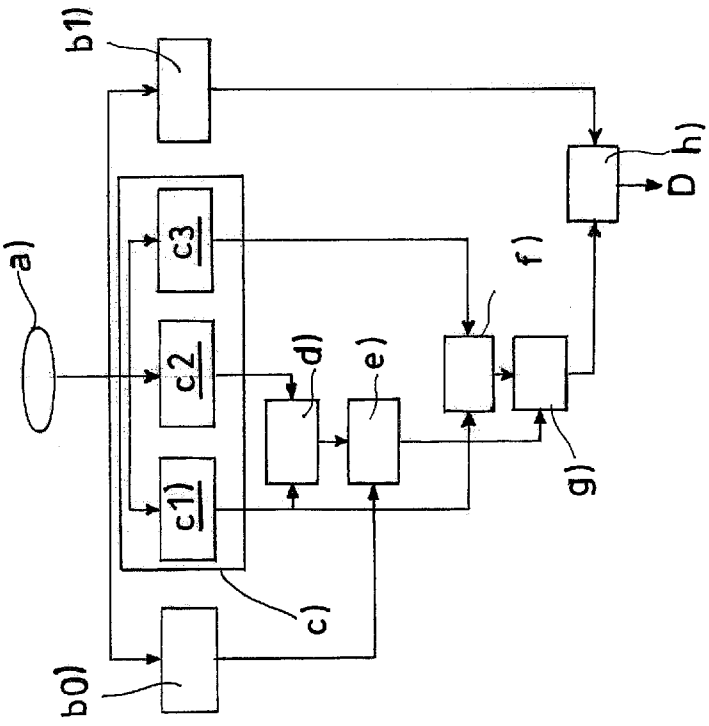


Fig. 3