



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

DOMANDA NUMERO	102008901612121
Data Deposito	26/03/2008
Data Pubblicazione	26/09/2009

Priorità	102007018190.8
Nazione Priorità	DE
Data Deposito Priorità	

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	06	F		

Titolo

PROCEDIMENTO CON UN SISTEMA PER IL RILEVAMENTO E LA PREDIZIONE DEL
MOVIMENTO DI UN BERSAGLIO.

DESCRIZIONE

della domanda di Brevetto per Invenzione Industriale
di LFK-LENKFLUGKÖRPERSYSTEME GMBH

di nazionalità tedesca,

con sede: SCHROBENHAUSEN (GERMANIA)

Inventore: SCHÖTTL Alfred Dr.

* * *

L'invenzione si riferisce ad un procedimento con un sistema per il rilevamento e la predizione del movimento di almeno un bersaglio secondo il preambolo della rivendicazione 1 e ad un sistema secondo la rivendicazione 10.

I cosiddetti sistemi di puntamento, che possono determinare un movimento di un oggetto attraverso un'assunzione di modello, sono noti. Questi sfruttano le cosiddette equazioni del filtro. Un sistema di puntamento serve alla guida di un missile di intercettazione che deve colpire un bersaglio, per esempio un missile bersaglio balistico. Un bersaglio, per esempio un missile bersaglio balistico, si caratterizza per il fatto che esso non comprende un azionamento proprio. Un tale missile, nel linguaggio tecnico, viene definito apparecchio volante senza equipaggio, autonomo, cosicché gli aerei normali non rientrano in questo concetto.

Le equazioni del filtro consentono procedimenti di filtro che in linea di principio sono procedimenti di valutazione matematici. Procedimenti del filtro noti utilizzano pertanto assunzioni di modello per la valutazione dello stato del missile bersaglio.

Una soluzione del filtro finora preferita si fonda su un cosiddetto filtro di Kalman oppure filtro di Kalman esteso. Nel caso di variazioni dello stato improvvise oppure di variazioni improvvise della traiettoria di volo dei missili bersaglio, di regola, questi procedimenti presentano una prestazione scarsa.

Filtri di questo tipo sono per esempio descritti nella pubblicazione "G. Minkler, J. Minkler: Theory and Application of Kalman Filtering, Magellan Book Company, Palm Bay, 1993".

Anche altri filtri noti, come il cosiddetto filtro particellare oppure filtro Unscented, non risolvono questo problema.

I filtri Unscented sono per esempio noti dalla pubblicazione "B. Ristic, S. Arulampalam, N. Gordon: Beyond the Kalman Filter, Artech House Publishers, Boston, 2004".

Poiché questi procedimenti di filtro non consentono oppure consentono solo in misura

insufficiente la modellizzazione di variazioni di stato o cambi di manovra improvvisi, i filtri, nel caso di tali manovre, reagiscono con difficoltà o in modo errato.

Le assunzioni di modelli poste qui alla base attraverso il movimento di oggetti, infatti, non sono in grado di riprodurre, per ragioni matematiche, alcuna variazione casuale, improvvisa delle caratteristiche dei bersagli, come per esempio le accelerazioni. Nella prassi, inoltre, si presentano non linearità cosicché una valutazione sulla base di questo procedimento è imprecisa.

Per attenuare questo problema è noto il fatto di prevedere un'applicazione di algoritmi di integrità inserita precedentemente. In questo caso si utilizza una banca di filtri con molti filtri. Se gli scostamenti dei dati predetti, a base delle assunzioni di modelli, dai dati misurati sono eccessive, le misurazioni vengono scartate oppure si commuta ad un altro filtro della banca dei filtri. In questo modo, nella prassi, si è attenuato il problema, tuttavia la difficoltà dovuta al comportamento difficilmente modellizzabile del bersaglio permane.

Un'intercettazione di obiettivi altamente

manovrabili, come missili balistici, in particolare attraverso un missile di intercettazione, in questi casi viene a sua volta reso notevolmente più difficile, il che determina una percentuale di obiettivi colpiti limitata del missile di intercettazione.

Alla base dell'invenzione si trova pertanto il compito di indicare un procedimento che consenta una intercettazione di obiettivi altamente manovrabili.

Questo compito viene risolto attraverso un procedimento con le caratteristiche caratterizzanti della rivendicazione 1 unitamente alle sue caratteristiche del preambolo.

L'utilizzo secondo l'invenzione della teoria di processo stocastica, che si basa sulla teoria delle semimartingale, realizza filtri migliorati adatti all'utilizzo pratico e migliorati rispetto allo stato della tecnica, per il rilevamento sia di stati di manovra, sia di transizioni di manovra. In questo modo, la sicurezza di colpire un missile di intercettazione può essere notevolmente migliorata.

Attraverso l'invenzione è possibile riconoscere e distinguere anche obiettivi di tipo diverso: discriminazione. È anche possibile un rilevamento di transizioni di stato, in particolare una variazione

della configurazione dell'obiettivo, come per esempio una variazione dell'aerodinamica, una variazione del comportamento attraverso difetti dei componenti o simili.

Le equazioni del filtro risultanti determinano risultati ottimali, una soluzione delle equazioni dell'algoritmo di semimartingale nel caso continuo oppure nel caso di una variazione dell'obiettivo non improvvisa richiede solamente la soluzione di un'equazione differenziale stocastica. Una soluzione di equazioni è pertanto risolvibile velocemente con una capacità di calcolo relativamente scarsa di un calcolatore. Imprecisioni numeriche sono relativamente limitate.

In uno sviluppo vantaggioso del procedimento secondo l'invenzione è previsto che il movimento sia rilevato attraverso un processo markoviano oppure un processo di semimarkoviano con l'ausilio di equazioni differenziali stocastiche. L'applicazione di questi processi basati sulla teoria generale delle semimartingale consentono la realizzazione di filtri ottimali. Questi consentono anche processi a salti, cioè transizioni di stato discreti nella modellizzazione. È sufficiente un modello che formi una semimartingala liscia, il che è un requisito

molto generale e nella prassi facile da soddisfare.

Una rappresentazione di semimartingale nella percentuale di compensatore e martingala è possibile in modo semplice.

Opportunamente, il processo markoviano ha un relativo processo di indicatore della forma:

$$X_t = X_0 + \int \sum_k \lambda_{Xs,k} ds + M_t, \text{ da } 0 \text{ a } t$$

oppure

$$dX_t = \sum_k \lambda_{Xt,k} + M_t$$

X viene rinominato Y. Pertanto la formula diventa

$$X_t = X_0 + \int \lambda_{Ys,1} ds + M_t, \text{ da } 0 \text{ a } t$$

oppure

$$dX_t = \lambda_{Yt,1} + M_t$$

In questo caso si osserva il caso più semplice in cui il movimento del bersaglio è completamente descritto dal processo a salti. Questo è il caso per esempio quando il bersaglio acquisisce un'accelerazione improvvisa ma costante tra i salti, ciascuna dimensione spaziale viene osservata separatamente e una cosiddetta stazione di puntamento misura la velocità del bersaglio. Nel caso generale, il modello è costituito da un processo a salti che descrive la variazione improvvisa e da un modello continuo che si forma sul processo a salti. Questa

situazione risulta per esempio quando un missile in attacco cambia repentinamente internamente il procedimento di pilotaggio oppure l'aerodinamica del missile cambia repentinamente, per esempio attraverso l'estrazione di sportelli oppure l'esplosione di una sezione del missile.

Di seguito questa situazione viene descritta in modo più dettagliato.

Come modello di bersaglio si considera una semimartingala X liscia,

$$dX_t = A_t dt + M_t$$

Le semimartingale sono processi stocastici molto generali. Per l'applicazione osservata è opportuna la seguente specializzazione.

È dato un processo a salti Y , nel caso più semplice un processo markoviano. Un modello di bersaglio può ora essere spesso descritto come equazione differenziale stocastica come segue:

$$dX_t = f(Y_t, X_t)dt + dM_t,$$

in questo caso X è il processo di modellamento, in generale multidimensionale, Y è il processo a salti alla base ed M una martingala. Le soluzioni X di questa equazione differenziale sono nuovamente semimartingale, pertanto questa forma della modellizzazione è una specializzazione del modello di

cui sopra.

Nel caso più semplice si osserva il modello

$$dX_t = f(Y_t) dt + dM_t$$

Se Y come descritto sopra è un processo markoviano, allora è opportuno modellizzare X come funzione di indicatore o come vettore di funzioni di indicatore attraverso tutti gli indici i :

$$X = \prod Y_{t,i}$$

La funzione di indicatore è definita come segue:

$\prod_A := 1$, qualora A valga, e $\prod_A := 0$, qualora A non valga.

In questo caso il modello risulta pertanto

$$dX_t = \lambda_{Y_t,i} + M_t$$

In questo caso sono:

X = uno stato del processo di indicatore

λ = un tasso di transizione,

M = una martingala,

Y = un processo markoviano di questo tipo.

Una misura soddisfa in particolare un'equazione differenziale stocastica della forma:

$$dZ_t = F_t dt + \sigma_t dW_t$$

significano:

F oppure σ = un processo stocastico adattato,

Z = una misura oppure un valore di misura e

W = un moto browniano.

In questo modo è possibile un'equazione del filtro esatta e ottimale (implicita). Per bersagli preferiti ed altri casi speciali, le transizioni di stato discrete, che vengono modellizzate attraverso un processo markoviano o semimarkoviano, risultano formule chiuse. Questo, a seconda della modellizzazione, consente all'incirca il veloce riconoscimento di un tipo di obiettivo oppure la valutazione della probabilità per la presenza di uno stato oppure manovra. Ad esempio, può essere rilevata velocemente una variazione improvvisa dell'aerodinamica del missile da colpire.

Per la soluzione di questa equazione, preferibilmente, si impiega un procedimento di integrazione numerico. Questo può essere elaborato in modo efficiente con calcolatori. Questi calcoli possono essere risolti con imprecisioni numeriche relativamente ridotte.

Preferibilmente lo stato Y del processo discreto viene associato ad uno stato di un sistema automatico di stato in un modulo di strategia di pilotaggio del bersaglio e/o un indice di tipi di obiettivo dei bersagli. In questo modo, da una parte, è possibile distinguere uno dall'altro in modo sicuro bersagli di vario genere, ad esempio missili balistici di tipo

diverso e, dall'altra, è possibile determinare una variazione per esempio delle caratteristiche di volo del bersaglio, ad esempio attraverso variazioni improvvise di sportelli o esplosione di parti dell'oggetto, ed è possibile predire in modo esatto la sua traiettoria di volo. Ciò aumenta in modo determinante una sicurezza di colpire un missile di intercettazione.

I cambi di manovra del bersaglio possono essere facilmente riconosciuti attraverso un'equazione differenziale stocastica risolvibile in modo esplicito. Per esempio, un missile di intercettazione può essere regolato in modo corrispondente a questi cambi di manovra ancora durante la sua traiettoria di volo, in breve tempo. In questo caso si possono utilizzare principi matematici, come per esempio quelli sulla teoria del moto browniano oppure la teoria delle semimartingale.

Un importante vantaggio di queste misure risiede nel fatto che le formule possono essere trasferite facilmente nel multidimensionale. Un calcolo successivo e un calcolo precedente oppure un livellamento e una predizione sono possibili in modo analogo ai filtri tradizionali.

Pertanto è altamente vantaggioso che le

equazioni differenziali stocastiche, tra le altre cose, descrivano la probabilità matematica della presenza di una manovra del bersaglio, i dati di calcolo essendo direttamente trasmessi ad un missile di intercettazione. Poiché i missili balistici sono in grado di muoversi a velocità elevatissime, con i procedimenti noti è difficile colpire l'obiettivo attraverso un missile di intercettazione. Prevedendo esattamente la traiettoria di volo dell'obiettivo sulla base del procedimento secondo la presente invenzione e di questo sviluppo vantaggioso, questo può essere colpito. Ciò vale soprattutto per il missile bersaglio con cambi di manovra improvvisi.

Opportunamente sulla base dell'invenzione funziona per esempio un sistema antiaereo oppure un sistema di puntamento. Questo sistema comprende una stazione di misura, in particolare una stazione di misura radar. Questa, con una tecnica collaudata, è in grado di fornire dati sul bersaglio. Una unità di elaborazione e di comando per l'elaborazione di dati di movimento e dati di volo misurati viene programmata in modo corrispondente ai modelli matematici. Questa presenta in particolare uno o più microprocessori.

Ulteriori configurazioni vantaggiose

dell'invenzione sono caratterizzate nelle rivendicazioni secondarie.

Un esempio di realizzazione viene spiegato più dettagliatamente sulla scorta dei disegni, ulteriori sviluppi vantaggiosi dell'invenzione e vantaggi della stessa essendo descritti.

La figura 1 mostra una rappresentazione di massima di un sistema di intercettazione, che viene attivato con il procedimento secondo l'invenzione,

la figura 2 mostra una rappresentazione di massima di diversi oggetti volanti, e

la figura 3 mostra una rappresentazione di curve di probabilità con dati calcolati dal procedimento secondo la presente invenzione nel caso di due oggetti volanti.

I seguenti esempi illustrano un procedimento con un sistema, in particolare un sistema antiaereo, per il rilevamento di un movimento di un bersaglio, in particolare un missile balistico, utilizzando un procedimento di valutazione matematico con l'ausilio di un procedimento di filtro per l'assunzione di modelli per la valutazione del movimento del missile. Il sistema comprende un sistema di puntamento rispettivamente può essere definito come tale. Al posto di un missile balistico è possibile considerare

anche qualsiasi altro bersaglio.

Secondo la presente invenzione, il procedimento di filtro utilizza un algoritmo basato su semimartingale per la valutazione del movimento del missile.

L'invenzione utilizza la teoria delle semimartingale per la soluzione di diversi problemi.

Sono definite in generale semimartingale, determinati processi nella stocastica, che in particolare sono importanti per una definizione di un integrale stocastico generale. Tra le semimartingale ricadono i processi come il moto browniano. Una martingala è a sua volta una semimartingala nel senso della teoria delle semimartingale.

Si osserva uno spazio di probabilità $(\Omega, \mathfrak{F}, P)$ con la relativa filtrazione $(\mathfrak{F}_t)$, quindi uno spazio di probabilità filtrato $(\Omega, \mathfrak{F}, (\mathfrak{F}_t), P)$. Uno spazio di probabilità è un concetto derivante dalla parte della matematica della teoria della probabilità. Si tratta, in linea di principio, di un modello matematico per descrivere eventi casuali, che sono rappresentati dalla terna $(\Omega, \mathfrak{F}, P)$. In questo caso $(\Omega, \mathfrak{F})$ formano uno spazio di misura. In generale Ω definisce una quantità di eventi elementari, $\mathfrak{F}$ definisce la sigma-algebra di eventi elementari e P

una misura di probabilità relativa a $\mathfrak{F}$.

Il modello è dato nella forma di una semimartingala in particolare multidimensionale. Ai fini di una semplificazione, la teoria viene spiegata sulla scorta di un integrale monodimensionale. Una semimartingala è un processo stocastico:

$$X = X_0 + A + M,$$

in cui X è quasi sicuramente finito e $\mathfrak{F}_0$ è misurabile. M è una martingala locale. A è un processo di variazione finita. Questa scomposizione, in generale, non è chiara.

Qui vale:

$$X_t = X_0 + A_t + M_t \quad (M = (M_t)) \text{ è una}$$

martingala $\mathfrak{F}_t$)

in questo caso X_0 è una variabile casuale misurabile $\mathfrak{F}_0$, $A = (A_t)$ un processo stocastico $(\mathfrak{F}_t)$ - adattato con la rappresentazione

$$A_t = \int_0^t a_t \text{ da } 0 \text{ a } t$$

La classe delle semimartingale è stabile in molte operazioni. Molti processi a salti sono semimartingale, in quanto essi sono di variazione limitata.

Nella teoria della probabilità una martingala è un processo stocastico nel quale la previsione determinata di un'osservazione al tempo t è uguale

all'osservazione a un tempo precedente s .

$\{(M_t), (\mathfrak{F}_t)\}$, $t \in R_+$ è un processo con la quantità di numeri reali non negativi R_+ .

M_t indica una martingala relativa ad una filtrazione $\mathfrak{F}$, quando M_t è integrabile per ciascun $t \in T$, a cui è adattata la filtrazione $\mathfrak{F}$ e

$$E(M_t | \mathfrak{F}_s) = M_s, \text{ per tutti } s \leq t.$$

Un processo markoviano (catena di Markov oppure di Markov) è un processo stocastico speciale. Lo scopo del processo è di indicare le probabilità per l'evenienza di futuri eventi. La cosa particolare di una catena di Markov è la proprietà per cui attraverso la cognizione di una storia precedente limitata sono possibili buone prognosi riguardo al futuro sviluppo, come nel caso in cui si conosca l'intera storia precedente del processo. Per la descrizione dei processi markoviani sono necessari i concetti della filtrazione nonché la previsione determinata. Un esempio di un processo markoviano costante è il moto browniano.

Le catene di Markov si adattano in maniera eccellente per modellizzare eventuali variazioni di stato di un sistema.

La figura 1 illustra un sistema antiaereo per oggetti volanti in attacco, in particolare missili A

o B. Questo comprende una stazione di misura radar per la misura del missile A o B (A è rappresentato nella figura 2). Inoltre, un'unità di elaborazione e di comando non mostrata è per l'elaborazione di dati di movimento o di volo misurati del missile B. L'unità di comando comanda la direzione di volo, la velocità di volo, ecc. di un missile di intercettazione C per l'intercettazione del bersaglio oppure del missile balistico B. Il missile C viene avviato da una rampa di lancio AR. Il missile C è preferibilmente un missile di intercettazione balistico C ed è dotato di mezzi per l'esecuzione del procedimento secondo l'invenzione. Questi mezzi possono essere mezzi di comando, mezzi di calcolo, per esempio con un microprocessore, mezzi di pilotaggio e/o mezzi sensori.

Il bersaglio, tuttavia, può modificare improvvisamente la sua traiettoria di volo, l'accelerazione e/o la velocità di volo, cioè improvvisamente può subentrare un cambio di manovra. Pertanto è necessaria una predizione affidabile per colpire il bersaglio. Il sistema mostrato è un sistema di puntamento che è in grado di rilevare il movimento di un oggetto attraverso un'assunzione di modelli secondo l'invenzione.

Processi a salti importanti si caratterizzano anche per una rappresentazione di semimartingale liscia. Così, nel caso del processo markoviano discreto con tassi di transizione λ_{ik} vale

$$Y_t = Y_0 + \int \sum_k \lambda_{Ys,k} ds + M_t, \text{ da } 0 \text{ a } t$$

Il relativo processo di indicatore $X = (X_t)$, $X_t = \prod_{Ys=i}$ possiede la rappresentazione

$$X_t = X_0 + \int \lambda_{Ys,i} ds + M_t, \text{ da } 0 \text{ a } t.$$

Per il cambio di manovra da modellizzare e da valutare successivamente si dimostrano particolarmente utili questi processi di indicatore. Così, lo stato Y del processo discreto può definire lo stato di un sistema automatico di stato nel sistema di algoritmi di pilotaggio/strategia di pilotaggio dell'obiettivo oppure l'indice di una tra diverse configurazioni dell'obiettivo/tipi di obiettivo. Nel caso multidimensionale, ancora ulteriori indici o parametri di modello continui possono formare il vettore di stato.

La misura viene ora descritta nel caso più semplice attraverso una equazione differenziale stocastica, generalmente multidimensionale della formula

$$dz_t = F_t dt + \sigma_t dW_t$$

In questo caso $F = (F_t)$ o $\sigma = (\sigma_t)$ è un processo

stocastico idoneo $(\mathfrak{F}_t)$ - adattato oppure $(\mathfrak{F}_t^Z)$ - adattato, in modo tale che l'equazione differenziale stocastica possieda una soluzione forte. Per σ_t , si presuppone inoltre $\sigma_t > 0$. Nel caso multidimensionale vale la definizione positiva. Per F sono ammesse tutte le dipendenze da X .

La valutazione ottimale di X_t relativamente alla varianza di valutazione, nel caso delle misure in questione $(Z_{s \leq t})$ è data dalla previsione conseguente $E(X_t | \mathfrak{F}_t^Z)$. Sono possibili anche altre varianti che vengono considerate più avanti.

Dalla teoria delle semimartingale risulta, come è spiegato più dettagliatamente in "G. Kallianpur: Stochastic Filtering Theory, Springer-Verlag, New York, 1980", che la previsione conseguente soddisfa l'equazione del filtro seguente, essendo qui indicata solamente la formula monodimensionale:

$$\begin{aligned} dE(X_t | \mathfrak{F}_t^Z) = & (E(a_t | \mathfrak{F}_t^Z) - \sigma_t^{-1} (E(X_t F_t | \mathfrak{F}_t^Z) - \\ & E(X_t | \mathfrak{F}_t^Z) E(F_t | \mathfrak{F}_t^Z))) \sigma_t^{-1} E(F_t | \\ & \mathfrak{F}_t^Z) dt + \sigma_t^{-1} (E(X_t F_t | \mathfrak{F}_t^Z) - \\ & E(X_t | \mathfrak{F}_t^Z) E(F_t | \mathfrak{F}_t^Z)) \sigma_t^{-1} dZ, \end{aligned}$$

La formula del filtro indicata, in generale, non è sufficiente per determinare la valutazione: le grandezze, $E(a_t | \mathfrak{F}_t^Z)$, $E(F_t | \mathfrak{F}_t^Z)$, $E(X_t F_t | \mathfrak{F}_t^Z)$, in generale, non sono note. Qui vengono applicati in

particolare i procedimenti approssimativi oppure il rilevamento (perlopiù infinito) ricorsivo delle previsioni determinate attraverso l'equazione del filtro di cui sopra. Questi vengono impiegati su a_t , F_t , X_t , F_t . Per il caso più importante per il cambio di manovra illustrato dei processi di indicatore X le grandezze si semplificano a

$$\begin{aligned} E(a_t | \mathcal{F}_t^s) &= E \left(\sum_k \lambda_{kt,i} \Pi_{k,t-1} | \mathcal{F}_t^s \right) = \sum_k \lambda_{ki} E \left(\Pi_{k,t-1} | \mathcal{F}_t^s \right) \\ E(X_t F_t | \mathcal{F}_t^s) &= E \left(\Pi_{k,t-1} F_t | \mathcal{F}_t^s \right) = E \left(\Pi_{k,t-1} F_t | \mathcal{F}_t^s, X_t \right) \\ E(F_t | \mathcal{F}_t^s) &= \sum_k E \left(\Pi_{k,t-1} F_t | \mathcal{F}_t^s \right) \end{aligned}$$

e pertanto sono facili da rilevare. Le valutazioni possono essere effettuate contemporaneamente per tutti gli stati i . Se questi risultati vengono inseriti nell'equazione del filtro, nel caso dei processi di indicatore risulta un'equazione differenziale stocastica, esplicitamente risolvibile.

Con l'ausilio delle procedure descritte, è possibile per esempio riconoscere cambi di manovra e il missile di intercettazione può essere comandato nel modo corrispondente.

Sono possibili ulteriori forme di realizzazione.

Nel caso di una variante si prende in considerazione una funzione stocastica tra rumore di modello e un rumore di misura.

Se M e W non dipendono una dall'altra, l'equazione del filtro aumenta di un termine che comprende la derivazione del coefficiente di covarianza quadratico dei due processi. La risolubilità è pertanto data.

È anche possibile una misura multidimensionale e/o un modello multidimensionale. Le formule sono, come già spiegato, trasferibili nel multidimensionale.

Come già indicato, sono possibili anche altri processi a salti X quali processi markoviani. Se X è per esempio un processo semimarkoviano, si offre l'utilizzo di funzioni di indicatore della formula $\prod_{t=t_i, \tau_t > u}$. In questo caso τ_t indica il tempo trascorso dall'ultimo salto del processo X .

Se un tempo di valutazione non è uguale a un tempo misurato, è possibile un calcolo successivo o un calcolo precedente oppure un livellamento oppure una predizione. La derivazione delle equazioni del filtro per questo caso avviene in modo analogo.

Nel caso di un'analisi discreta, attraverso la sostituzione delle semimartingale (a tempo) continuo con semimartingale (a tempo) discreto, attraverso la predizione dei momenti di misura successivi e/o discretizzazione dell'integrale stocastico è

possibile realizzare il caso di analisi discreto.

Se il filtro viene attivato nell'ambito di un sistema antiaereo, il filtro attraverso il rilevamento del tipo di manovra o di altre grandezze interne mette a disposizione ulteriori informazioni sul missile in attacco. Pertanto, il sistema antiaereo è in grado di trasmettere al missile di intercettazione oltre ai dati di traiettoria per la rotta di intercettazione, queste informazioni aggiuntive. Il missile di intercettazione viene così messo nella condizione di ottimizzare la sua legge di pilotaggio in riferimento alle circostanze dell'attaccante.

La figura 2 mostra il missile B, che in questo esempio si avvicina balisticamente ad un obiettivo. Attraverso la stazione radio R, il missile B viene misurato in modo continuo. È noto che il tipo di missile deriva da una quantità di due tipi possibili A e B. L'un tipo è un missile balistico abituale, l'altro missile presenta alette ribaltabili. Esso può modificare la sua configurazione aprendo le alette in un momento casuale (configurazione B_1 e B_2).

Come modello, per esempio, si utilizza un processo markoviano semplice con tre stati. Il diagramma di transizione relativo è rappresentato

nella figura 2.

La figura 3 illustra andamenti di un filtro che è realizzato secondo il procedimento secondo la presente invenzione ed indica una probabilità di un tipo di missile e una caratteristica di volo.

L'andamento FK di cui sopra rappresenta una traiettoria di volo simulata di un missile di tipo B. Per prima cosa, questo corrisponde ai valori 2 (per B_1) e 3 (per B_2), che sono presenti sull'asse y.

Il secondo andamento " W_s per FK tipo A" rappresenta un risultato del filtro secondo la presente invenzione, con misurazioni simulate attraverso la stazione radar R. In questo caso la previsione determinata, indicata sopra $E(X_t | \mathfrak{F}_t^Z)$ dà esattamente la probabilità della presenza di una delle tre possibili configurazioni del missile, come processo X si utilizza il processo di indicatore. Come si può vedere, il corpo A ha la probabilità quasi di zero.

Il terzo andamento " W_s per FK tipo B_1 " rappresenta la probabilità del missile B con la caratteristica B_1 (nessuna aletta).

Il quarto andamento " W_s per FK tipo B_2 " rappresenta la probabilità del missile B con la caratteristica B_2 (alette aperte).

La discriminazione tra FK A e B_1 , all'inizio della simulazione avviene molto velocemente ed è a malapena riconoscibile negli andamenti rappresentati. Dopo circa 1,1 s, il missile apre l'aletta, la resistenza aerodinamica variabile in seguito a ciò, determina una variazione del movimento che viene rilevato direttamente.

La probabilità per la presenza del tipo B_1 diminuisce, come si può vedere dal terzo andamento, e cioè chiaramente a zero. In modo analogo aumenta la probabilità relativa alla presenza del tipo B_2 quasi al 100%.

Poiché il procedimento secondo la presente invenzione è in grado di riprodurre variazioni casuali e improvvise delle caratteristiche dei bersagli, come per esempio le accelerazioni, la precisione di valutazione del sistema di puntamento è elevata e precisa. Inoltre, cosa che capita spesso nella prassi, possono verificarsi non linearità, cosicché una valutazione basata su questi procedimenti è estremamente precisa.

Poiché pertanto il procedimento di filtro basato sulla teoria delle semimartingale consente la modellizzazione di cambi di manovra improvvisi del missile C, il filtro impiegato nel caso di queste

manovre non reagisce con difficoltà non reagisce con difficoltà e neanche in modo difettoso.

Il filtro secondo la presente invenzione è dotato di un hardware, preferibilmente un microprocessore, e di un programma software per l'esecuzione del procedimento secondo una delle precedenti rivendicazioni.

L'invenzione non è limitata a questo esempio, pertanto si possono impiegare anche altre variabili di equazione del filtro con semimartingale. È possibile anche il rilevamento di altri bersagli. Una rampa di lancio può anche essere un altro dispositivo di lancio. Un'intercettazione/chiusura non è necessariamente accoppiata al puntamento. Nella prassi ha senso inseguire un oggetto senza intercettazione.

ELENCO DEI NUMERI DI RIFERIMENTO

A primo missile
B secondo missile
B1 primo missile (senza alette)
B2 primo missile (con alette)
C missile di intercettazione
AR rampa di lancio
R stazione radar

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento con un sistema per il rilevamento di un movimento di almeno un bersaglio (A, B, B_1, B_2) utilizzando un procedimento di valutazione matematico con l'ausilio di un procedimento del filtro per l'assunzione di modelli per la valutazione del movimento e/o orientamento del bersaglio, caratterizzato dal fatto che il procedimento del filtro utilizza un algoritmo con semimartingale cioè un algoritmo, basato su equazioni di modello, che possono essere rappresentate attraverso semimartingale lisce, per la valutazione del movimento.

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che il movimento e/o orientamento viene determinato tramite modellizzazione con l'ausilio di equazioni differenziali stocastiche.

3. Procedimento secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che il movimento e/o orientamento viene determinato attraverso modellizzazione con l'ausilio di un processo a salti, per esempio un processo markoviano o semimarkoviano, che il movimento e/o l'orientamento vengono preferibilmente determinati attraverso un

procedimento numerico, e/o che una misura comprende in particolare un'equazione differenziale stocastica della formula

$$dZ_t = F_t dt + \sigma_t dW_t$$

in cui:

F oppure σ rappresenta un processo stocastico adattato,

Z una misura rispettivamente un valore di misura e

W = un moto browniano.

4. Procedimento secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che vengono utilizzati processi di indicatore X della formula $X_t = \prod_{Yt=i}$, o $X_t = \prod_{Yt=i}$, condizione aggiuntiva di un processo a salti Y eventualmente osservato per la modellizzazione, della formula:

$$X_t = X_0 + \int \lambda_{Ys,i} ds + M_t, \text{ da } 0 \text{ a } t$$

in cui:

X è un processo di indicatore, rappresenta una velocità di transizione,

M rappresenta una martingala, e

Y rappresenta un tale procedimento markoviano.

5. Procedimento secondo una delle rivendicazioni 3 o 4, caratterizzato dal fatto che lo stato Y del processo a salti è associato ad uno stato in un

sistema automatico di stato in un calcolatore del bersaglio (B_1, B_2) e/o ad un indice di tipi (A, B) oppure configurazioni di bersagli.

6. Procedimento secondo una delle rivendicazioni da 3 a 5, caratterizzato dal fatto che la previsione determinata del processo di deriva F del modello viene determinata utilizzando il processo di indicatore,

$$E(F_t | \mathfrak{F}_t^Z) = \sum_i E(M_{t-1} F_t | \mathfrak{F}_t^Z),$$

in cui $\mathfrak{F}_t^Z$ è la filtrazione prodotta dalla misura Z .

7. Procedimento secondo una delle rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che equazioni differenziali, in particolare le equazioni differenziali stocastiche, descrivono la probabilità matematica per la presenza di una determinata manovra del bersaglio (A, B, B_1, B_2) , in particolare di un bersaglio volante.

8. Procedimento secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che il bersaglio è un missile cui segue un missile di intercettazione (C) controllato dal procedimento.

9. Sistema di puntamento con mezzi per l'attuazione del procedimento secondo una delle precedenti rivendicazioni.

10. Sistema con mezzi per l'attuazione del procedimento secondo una delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato da una stazione di misura, in particolare una stazione di misura radar (R), una unità di elaborazione e di comando per l'elaborazione di dati di movimento, in particolare di volo, misurati, con il procedimento secondo una delle precedenti rivendicazioni ed almeno un missile di intercettazione (C) comandato dall'unità di elaborazione e di comando per l'intercettazione di un missile (A, B, B₁, B₂).

11. Missile di intercettazione (C) con mezzi per l'esecuzione del procedimento secondo una delle precedenti rivendicazioni.

12. Filtro con un programma per l'esecuzione del procedimento secondo una delle precedenti rivendicazioni.

p.i.: LFK-LENKFLUGKÖRPERSYSTEME GMBH

Elena CERBARO

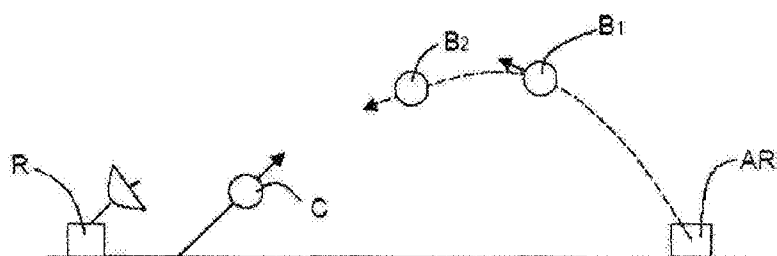


Fig. 1

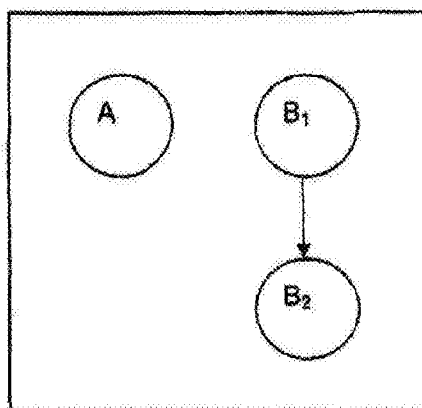


Fig. 2

p.i.: LFK-LENKFLUGKÖRPERSYSTEME GMBH

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

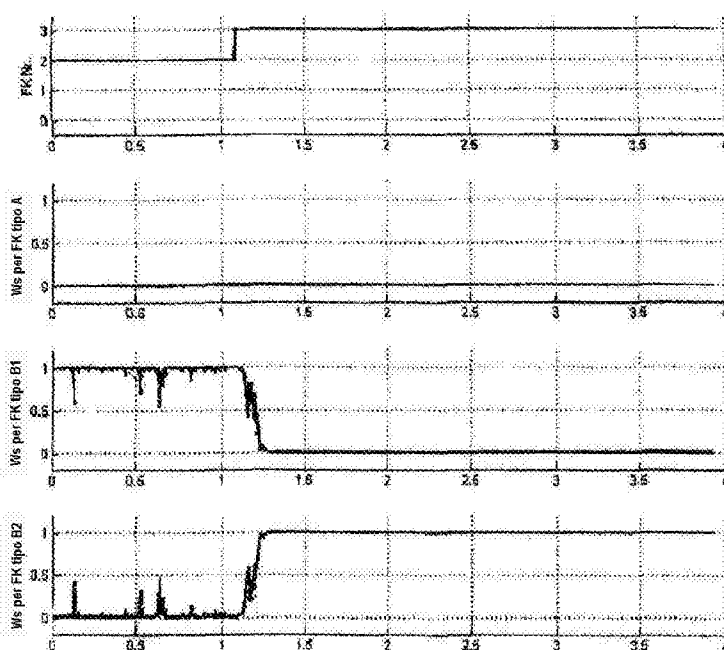


Fig. 3

p.i.: LFK-LENKFLUGKÖRPERSYSTEME GMBH

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)