



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO  
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETA' INDUSTRIALE  
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

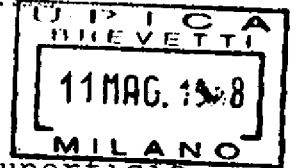
# UIBM

<b>DOMANDA NUMERO</b>	<b>101996900491909</b>
<b>Data Deposito</b>	<b>22/01/1996</b>
<b>Data Pubblicazione</b>	<b>22/07/1997</b>

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	S		

Titolo

SISTEMA PER LA SORVEGLIANZA DEL TRAFFICO SULLA SUPERFICIE AEROPORTUALE  
BASATO SU UNA RETE DI PICCOLI RADAR

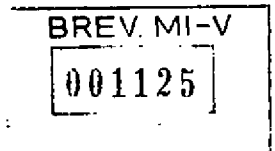


DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Sistema per la sorveglianza del traffico sulla superficie aeroportuale basato su una rete di piccoli radar"

a nome: Oerlikon Contraves SpA, con sede a Roma, e

a nome: Associazione Vito Volterra Centro Culturale interdipartimentale dell'Università di Roma "Tor Vergata", con sede a Roma.



TESTO DELLA DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce ad un sistema per la sorveglianza del traffico di aeromobili e di altri mezzi in ambito aeroportuale.

Detta invenzione si colloca nel campo dei sistemi di guida e controllo dei movimenti sulla superficie aeroportuale, il cui fine è la sicurezza e l'efficienza del traffico aeroportuale. In particolare, l'invenzione si colloca nel quadro della funzione di sorveglianza. La presente invenzione ha per scopo quello di rimuovere le limitazioni dello stato dell'arte per la sorveglianza in ambito aeroportuale e portuale, limitazioni dovute sostanzialmente alla utilizzazione di un unico sensore radar, operante a frequenze più basse di 40 Ghz e con portata relativamente grande tale da coprire l'intera superficie in esame. Come illustrato tra gli altri nel seguente documento:

[1] "Sistema di guida e controllo del movimento a terra"; F.G. Monzel, A. Bories, Prospettive di telecomunicazioni - primo trimestre 1993, gli attuali sistemi di sorveglianza radar sono

fortemente penalizzati dalla scarsa risoluzione e dalla scarsa precisione del sensore, dai fenomeni di mascheramento dovuti alla inevitabile presenza di ostacoli nell'area di interesse e dalle difficoltà di una pronta identificazione dei bersagli ai fini della sicurezza, in particolare per quanto riguarda il pericolo di collisioni tra veicoli o tra veicoli e ostacoli.

Oggetto della presente invenzione è quindi un sistema costituito da:

A. Un insieme di piccoli radar, d'ora in poi denominati miniradar, connessi ad un sottosistema di elaborazione dei segnali e dei dati radar attraverso canali di comunicazione ad elevata capacità, la cui realizzazione preferita è mediante fibre ottiche. Il numero dei miniradar dipende dalla struttura dell'aeroporto e tipicamente è compreso tra 1 e 5. Essi costituiscono una "rete di miniradar".

B. Un sottosistema di elaborazione dei segnali e dei dati radar capace di elaborare i segnali grezzi provenienti dai miniradar, fornire la localizzazione degli aeromobili e degli altri mezzi mobili, nonché degli ostacoli occasionali, eliminando gli effetti di disturbi di varia natura. Tale sottosistema di elaborazione utilizza anche le immagini radar degli aeromobili rese disponibili grazie all'elevata risoluzione spaziale dei miniradar.

Le figure allegate alla presente descrizione sono le seguenti:

Fig. 1: schema del sistema per la sorveglianza del traffico, oggetto della presente invenzione.

Fig. 2: schema del miniradar che costituisce una parte della presente invenzione.

La presente invenzione verrà ora descritta in riferimento a sue forme di realizzazione attualmente preferite riportate a titolo illustrativo e non limitativo ed in base alle figure dei disegni allegati.

In particolare la figura 1 è lo schema generale del sistema per la sorveglianza, oggetto dell'invenzione.

I sensori utilizzati sono dei piccoli radar (miniradar) caratterizzati da dimensioni modeste rispetto allo stato dell'arte e da pesi e costi contenuti, ottenibili mediante l'utilizzo delle onde millimetriche con frequenze maggiori di quelle utilizzate dai sistemi attualmente esistenti (< 40 GHz). Tali miniradar sono collocati su postazioni elevate (edifici, tralicci) nell'area aeroportuale o nelle immediate vicinanze. Il numero di tali miniradar varia tipicamente da 1 a 5 in funzione della struttura del particolare aeroporto in cui essi vengono utilizzati. A titolo illustrativo e per maggiore chiarezza la figura 1 mostra lo schema del sistema nel caso di presenza di tre miniradar.

In dettaglio, ciascun miniradar (1) è costituito da un ricetrasmittitore, da un'antenna e da un circuito di codifica e modulazione dei segnali grezzi prodotti dal miniradar stesso per

la loro trasmissione al sottosistema di elaborazione. L'intero miniradar ruota attorno ad un asse verticale con una velocità tipica di giro al secondo. I segnali grezzi provenienti dai miniradar sono rappresentativi dell'ampiezza dell'eco radar tramite opportuna scala di rappresentazione; essi vengono inviati al sottosistema di elaborazione attraverso un mezzo trasmissivo (2) che nella realizzazione preferita è costituito da fibre ottiche e che può essere anche costituito da radiocollegamenti di adeguata capacità. Presso il sottosistema di elaborazione il segnale proveniente da ciascun miniradar va in ingresso al demodulatore decodificatore (3) dove viene ricondotto alla rappresentazione numerica più adatta per le successive elaborazioni, secondo tecniche ben note agli esperti del settore. Successivamente tale segnale entra nell'elaboratore del segnale e rivelatore (4) il quale ha lo scopo di eliminare gli effetti del disturbo dovuto agli echi indesiderati e al rumore e di fornire in uscita le indicazioni di presenza di echi provenienti da bersagli di interesse (aeromobili, veicoli, ostacoli). In particolare l'elaboratore del segnale e rivelatore (4) comprende al suo interno una soglia di rivelazione del tipo "ad integrazione temporale" la quale fornisce per ogni cella di risoluzione del radar una stima del livello medio del disturbo; tale stima moltiplicata per un idoneo parametro fornisce la soglia di rivelazione che viene utilizzata per la particolare cella di risoluzione; nella presente invenzione il parametro

moltiplicativo assume due valori distinti dei quali il primo, più alto, viene utilizzato prima che avvenga la rivelazione di un eco, mentre il secondo, più basso, viene utilizzato dopo la rivelazione di un eco, in maniera da non pregiudicare la rivelazione di bersagli lenti e/o estesi; per lo stesso motivo anche la costante di tempo dell'integrazione temporale viene resa variabile tra due valori distinti, il primo da applicarsi prima della rivelazione ed il secondo da applicarsi dopo la rivelazione. Le indicazioni di rivelazione vengono trasferite al successivo blocco (5), denominato estrattore dei dati radar locale il quale correla tali indicazioni con quelle distanza e di azimuth correnti fornendo in uscita dei dati in coordinate polari che vengono inviati al successivo convertitore di coordinate (6) il quale utilizzando algoritmi ben noti agli esperti del settore compie la trasformazione in tempo reale da coordinate polari a coordinate rettangolari, secondo un sistema di riferimento cartesiano solidale all'area di sorveglianza e pertanto comune a tutti i miniradar. Le uscite dei diversi convertitori di coordinate (6), una per miniradar, vengono inviate al combinatore dei dati radar (7) il quale nel sistema di riferimento comune sopra detto fonde le informazioni provenienti dai diversi miniradar generando dei rilevamenti unici attraverso operazioni elementari di tipo logico ben note agli esperti del settore. I rilevamenti così ottenuti vengono trasferiti all'estrattore globale dei dati radar (8) il quale mediante tecniche ben note

agli esperti del settore, genera dei messaggi numerici, da ora in poi denominati plot, indicativi della presenza e della posizione degli oggetti di interesse (aeromobili, veicoli, ostacoli occasionali). I plot vengono inviati al successivo sottosistema di tracciamento radar costituito dalle seguenti funzioni:

- correlazione tra plot e traccia (9) nella quale mediante un confronto di posizione tra gli stessi plot e le indicazioni sintetiche di mezzi mobili con relativa traiettoria e, se disponibile identificazione, da ora in poi denominate "tracce", si verifica se ciascun plot sia attribuibile o meno ad una traccia esistente;

- inizializzazione di una traccia (10), con la quale tramite opportune logiche i plot che non correlano con tracce esistenti danno luogo a nuove tracce;

- aggiornamento della traccia (11) con la quale, in funzione della localizzazione del plot che correla con la traccia nonché della traccia estrapolata con la traccia corrente viene costruita la stima ottimale della posizione, dell'orientamento e della velocità dell'oggetto di interesse.

Le funzioni dei blocchi (9), (10), (11) in una realizzazione della presente invenzione vengono rese più accurate ed efficaci mediante informazioni provenienti dal sottosistema di elaborazione delle immagini descritto di seguito. Le uscite del combinatore dei dati radar (7) vengono trasferite ad un organo denominato selettore di area (13) il quale su comando di un

operatore o del sistema generale di gestione del traffico aeroportuale estrae le uscite del combinatore che appartengono ad una finestra rettangolare all'interno del sistema di riferimento solidale alla superficie di interesse sopra citato. Le dimensioni e la posizione della finestra sono tali da includere al suo interno un solo bersaglio di interesse per trasferimento al successivo blocco (14) nel quale attraverso algoritmi di media pesata viene effettuata la stima del baricentro dell'immagine radar di tale bersaglio nonché della sua estensione. La stessa uscita del combinatore (7) nonché l'uscita del blocco (14) vengono inviate al blocco (15) nel quale viene effettuata la stima dell'angolo di orientamento del bersaglio, cioè della direzione della sua prua rispetto al Nord. Le uscite dei blocchi (14) (15) vengono inviate ai blocchi (9) (10) (11) allo scopo di produrre sensibili miglioramenti nella correlazione tra plot e traccia, nell'inizializzazione della traccia, e nell'aggiornamento della stessa, grazie al notevole incremento di informazioni sul bersaglio che viene fornito dall'elaborazione delle immagini eseguita nei blocchi (14) (15). Infine le stesse uscite dei blocchi (14) (15) vengono inviate al blocco (16), denominato "generatore dell'immagine sintetica", il quale mediante tecniche ben note agli esperti del settore, predispone le informazioni radar per essere visualizzate da un sistema di visualizzazione di tipo commerciale. Infine il blocco (12) denominato "trasmissione verso l'utilizzatore" riceve le uscite

dei blocchi (11) e (16) e ne cura la trasmissione verso l'utilizzatore per gli scopi di sorveglianza del traffico alla quale è rivolta la presente invenzione.

Nella figura 2 è illustrato lo schema del miniradar che costituisce un elemento essenziale della presente invenzione il quale verrà ora descritto in riferimento a sue forme di realizzazione attualmente preferite riportate a titolo illustrativo e non limitativo.

Il miniradar è costituito da un'antenna (22) del tipo a riflettore che realizza il diagramma di radiazione ottimale per le applicazioni in esame, in particolare un lobo molto stretto nel piano di azimuth per ottenere l'elevata discriminazione angolare necessaria e sagomato nel piano verticale in modo da ricevere, per un fissato bersaglio, una potenza di eco indipendente dalla distanza dell'oggetto di interesse nel dominio di copertura del radar stesso. Il blocco (21) rappresenta un duplexer che realizza la connessione tra antenna da una parte e ricevitore e trasmettitore dall'altra parte, secondo tecniche ben note agli esperti del settore radar e descritte tra l'altro nel volume [2] M.I. Skonlik "Introduction to the radar system" McGraw Hill Seconda Edizione cap. 9 pagg. 359-366.

Il trasmettitore è del tipo allo stato solido, impiegabile in questo caso grazie alla bassa potenza richiesta, ma potrebbe essere anche del tipo a tubo amplificatore od oscillatore, senza alterare l'oggetto della presente invenzione. In una

realizzazione preferita, qui di seguito descritta, esso è composto essenzialmente da un oscillatore stabile in banda millimetrica (17) il cui segnale a radiofrequenza prima di essere trasmesso verso l'antenna (22) attraverso il duplexer (21), attraversa un primo convertitore in salita (18), in modo da ottenere la variazione della frequenza trasmessa da impulso a impulso oppure a gruppi di impulsi, poi un secondo convertitore in salita (19), per consentire la conversione a media frequenza, ed infine un'amplificatore di potenza in banda millimetrica con tecnologia allo stato solido (20) dove viene generato l'impulso trasmesso di brevissima durata in modo da consentire una elevata discriminazione in distanza. Per ottenere le due conversioni in salita della frequenza trasmessa (18), (19) e garantire comunque la stabilità dell'oscillatore in banda millimetrica (17), viene usato un generatore di frequenze intermedie (29) di riferimento per la sincronizzazione univoca di tutte le frequenze del miniradar. Il ricevitore del miniradar è del tipo supereterodina (tipo ben noto agli esperti del settore) e composto da un primo convertitore in discesa (23), necessario per tener conto della variazione della frequenza trasmessa da impulso a impulso o a gruppi di impulsi, da un amplificatore di segnale a frequenza intermedia (24), da un secondo convertitore in discesa (25) per ottenere il segnale video, ed infine da uno stadio di rivelazione (26) per ottenere l'informazione di ampiezza del segnale eco ricevuto. La parte finale del ricevitore è costituita da uno

stadio di conversione (27) del segnale di ampiezza dell'eco ricevuto dal formato analogico a quello numerico, ed infine da uno stadio di codifica e modulazione (28) per adattare il segnale alla trasmissione dello stesso sul canale di comunicazione verso l'elaboratore centrale che nella realizzazione preferita è realizzato mediante fibra ottica.

## RIVENDICAZIONI

1. Sistema per la sorveglianza del traffico sulla superficie aeroportuale caratterizzato dal fatto di utilizzare come sensori, radar aventi piccole dimensioni (miniradar) e portata inferiore alle dimensioni dell'aeroporto.
2. Sistema per la sorveglianza del traffico sulla superficie aeroportuale come da rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che i miniradar sono organizzati come una rete allo scopo di garantire la copertura ottimale dell'intero aeroporto, con trasmissione dei segnali radar ad un sistema di elaborazione centrale mediante fibra ottica oppure canali radio ad alta capacità.
3. Sistema per la sorveglianza del traffico sulla superficie aeroportuale come da precedenti rivendicazioni 1 e 2 caratterizzato dal fatto che ciascun miniradar usa in trasmissione e ricezione le frequenze millimetriche (in una realizzazione preferita: frequenze intorno a 95 GHz) allo scopo di ottenere antenne di piccole dimensioni (circa 1m nella realizzazione preferita).
4. Sistema per la sorveglianza del traffico sulla superficie aeroportuale come da rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto che ciascun miniradar utilizza un ricetrasmittitore allo stato solido.
5. Sistema per la sorveglianza del traffico sulla superficie aeroportuale come da rivendicazioni precedenti

caratterizzato dal fatto che ciascun miniradar, allo scopo di ottenere una elevata discriminazione in distanza come richiesto per la sorveglianza radar aeroportuale, usa un impulso molto corto rispetto a quello usato dai radar attuali per le stesse applicazioni oggetto della presente invenzione ma operanti a frequenze più basse.

6. Sistema per la sorveglianza del traffico sulla superficie aeroportuale come da rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto che ciascun miniradar usa, per migliorare la rivelazione dei bersagli, la variazione della frequenza trasmessa in banda millimetrica da impulso a impulso o a gruppi di impulsi. Tale tecnica è nota agli esperti radar per settori applicativi diversi da quello oggetto della presente invenzione.

7. Sistema per la sorveglianza del traffico sulla superficie aeroportuale come da rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto che ciascun miniradar usa in trasmissione e ricezione le frequenze millimetriche (intorno a 95 GHz nella realizzazione preferita) allo scopo di non avere problemi di compatibilità elettromagnetica in ambiente operativo.

8. Sistema per la sorveglianza del traffico sulla superficie aeroportuale come da rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto che ciascun miniradar usa in trasmissione e ricezione le frequenze millimetriche (intorno a 95 GHz nella realizzazione preferita) allo scopo di ridurre al

minimo gli effetti dovuti alle riflessioni sul terreno.

9. Sistema per la sorveglianza del traffico sulla superficie aeroportuale come da rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto che ciascun miniradar usa una antenna in banda millimetrica (intorno ai 95 GHz nella realizzazione preferita) avente una larghezza di fascio azimutale molto stretta rispetto a quella della antenna dei radar attuali con conseguente miglioramento della risoluzione angolare rispetto alla tecnica precedente la presente invenzione per le applicazioni oggetto della presente invenzione.

10. Sistema per la sorveglianza del traffico sulla superficie aeroportuale come da rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto che ciascun miniradar usa un'antenna in banda millimetrica (intorno ai 95 GHz nella realizzazione preferita) con diagramma di irradiazione in elevazione opportunamente sagomato in modo da ottenere, per uno stesso bersaglio, un ritorno di potenza all'incirca costante indipendentemente dalla posizione di tale bersaglio all'interno del volume di copertura radar.

11. Sistema per la sorveglianza del traffico sulla superficie aeroportuale come da rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto che ciascun miniradar usa una antenna in banda millimetrica (intorno ai 95 GHz nella realizzazione preferita) con polarizzazione circolare oltre che lineare, in modo da aumentare il rapporto segnale tra segnale utile ed eco di

pioggia.

12. Sistema per la sorveglianza del traffico sulla superficie aeroportuale come da rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto che ciascun miniradar è composto da un ricetrasmittitore, un codificatore e un modulatore del segnale grezzo rotante insieme all'antenna alla velocità richiesta per la sorveglianza, con i segnali ricevuti dai singoli miniradar trasmessi verso un elaboratore centrale per il processamento richiesto per la sorveglianza.

13. Sistema per la sorveglianza del traffico sulla superficie aeroportuale come da rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto di usare una elaborazione del segnale a rivelazione con soglia adattiva del tipo ad integrazione temporale in cui sia il fattore che moltiplica l'uscita dell'integratore, sia la costante di tempo dello stesso integratore vengono modificate subito dopo la rivelazione di un bersaglio allo scopo di evitare che il bersaglio stesso compori un eccessivo incremento della soglia. La tecnica di rivelazione adattiva con soglia ad integrazione temporale (si veda ad esempio: [3] E.N. Khoury, J.S. Hoyle "Clutter maps: design and performance", IEEE National Radar Conference, Atlanta, March 1984, pp. 1-7), nota agli esperti del settore per sistemi radar a bassa risoluzione (cioè con celle di risoluzione spaziale molto più grandi delle dimensioni del bersaglio), nell'ambito della presente invenzione è completamente reinventata per essere

applicata nel contesto di radar ad alta risoluzione. Specificatamente un'operazione di media nel tempo per ogni cella di risoluzione fornisce una stima del livello medio del disturbo; tale stima moltiplicata per un idoneo parametro fornisce la soglia di rivelazione che viene utilizzata per la particolare cella di risoluzione; nella presente invenzione il parametro moltiplicativo assume due valori distinti dei quali il primo, più alto, viene utilizzato prima che avvenga la rivelazione di un eco, mentre il secondo, più basso, viene utilizzato dopo la rivelazione di un eco, in maniera da non pregiudicare la rivelazione di bersagli lenti e/o estesi; per lo stesso motivo anche la costante di tempo dell'integrazione temporale viene resa variabile tra due valori distinti, il primo da applicarsi prima della rivelazione ed il secondo da applicarsi dopo la rivelazione.

14. Sistema per la sorveglianza del traffico sulla superficie aeroportuale come da rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto di usare un estrattore locale, cioè dedicato a ciascun miniradar, che fornisce la posizione degli oggetti rilevati in coordinate polari, e un convertitore di coordinate, uno per ciascun miniradar, che fornisce la posizione degli oggetti rilevati in coordinate cartesiane secondo un unico sistema di riferimento solidale con l'aeroporto e quindi comune a tutti i miniradar.

15. Sistema per la sorveglianza del traffico sulla

superficie aeroportuale come da rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto di usare un combinatore dei dati radar, che a partire dai diversi dati provenienti da ciascun miniradar, provvede a fornire un unico dato di posizione per ogni oggetto che sia rilevato, anche se da più di un sensore, e ad emettere un messaggio (plot) di localizzazione nel sistema di riferimento solidale all'aeroporto per ogni oggetto rilevato; messaggio che viene utilizzato nel sistema di tracciamento (correlazione tra plot e traccia, inizializzazione della traccia, aggiornamento della traccia).

16. Sistema per la sorveglianza del traffico sulla superficie aeroportuale come da rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto di stimare il baricentro, le dimensioni dei bersagli e l'angolo di orientamento usando le tecniche di elaborazione note agli esperti del settore "elaborazione delle immagini" per applicazioni diverse da quelle oggetto della presente invenzione.

17. Sistema per la sorveglianza del traffico sulla superficie aeroportuale come da rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto che le informazioni ottenute mediante elaborazione delle immagini radar, come dalla rivendicazione 16 precedente, vengono utilizzate nel processo di tracciamento tramite filtraggio ottimo non lineare oppure filtraggio linearizzato (tecniche "extended kalman filter" in una realizzazione preferita). Tali tecniche di filtraggio sono

comunque note agli esperti del settore per applicazioni diverse da quelle oggetto della presente invenzione.

18. Sistema per la sorveglianza del traffico sulla superficie aeroportuale secondo le rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto di essere utilizzabile dai moderni sistemi di controllo, sorveglianza e guida noti agli esperti del controllo del traffico aeroportuale con il nome di SMGCS (Surface Movement Guidance & Control System) con nuove funzioni di elaborazione e visualizzazione delle immagini radar ad elevata risoluzione allo scopo di rendere più efficace la risoluzione, automatica o tramite controllore, dei possibili conflitti tra mezzi mobili e ostacoli occasionali.

19. Sistema per la sorveglianza del traffico sulla superficie aeroportuale come da rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto di essere applicabile alla sorveglianza radar di porti marittimi e fluviali, oppure del traffico in altri ambienti ristretti.

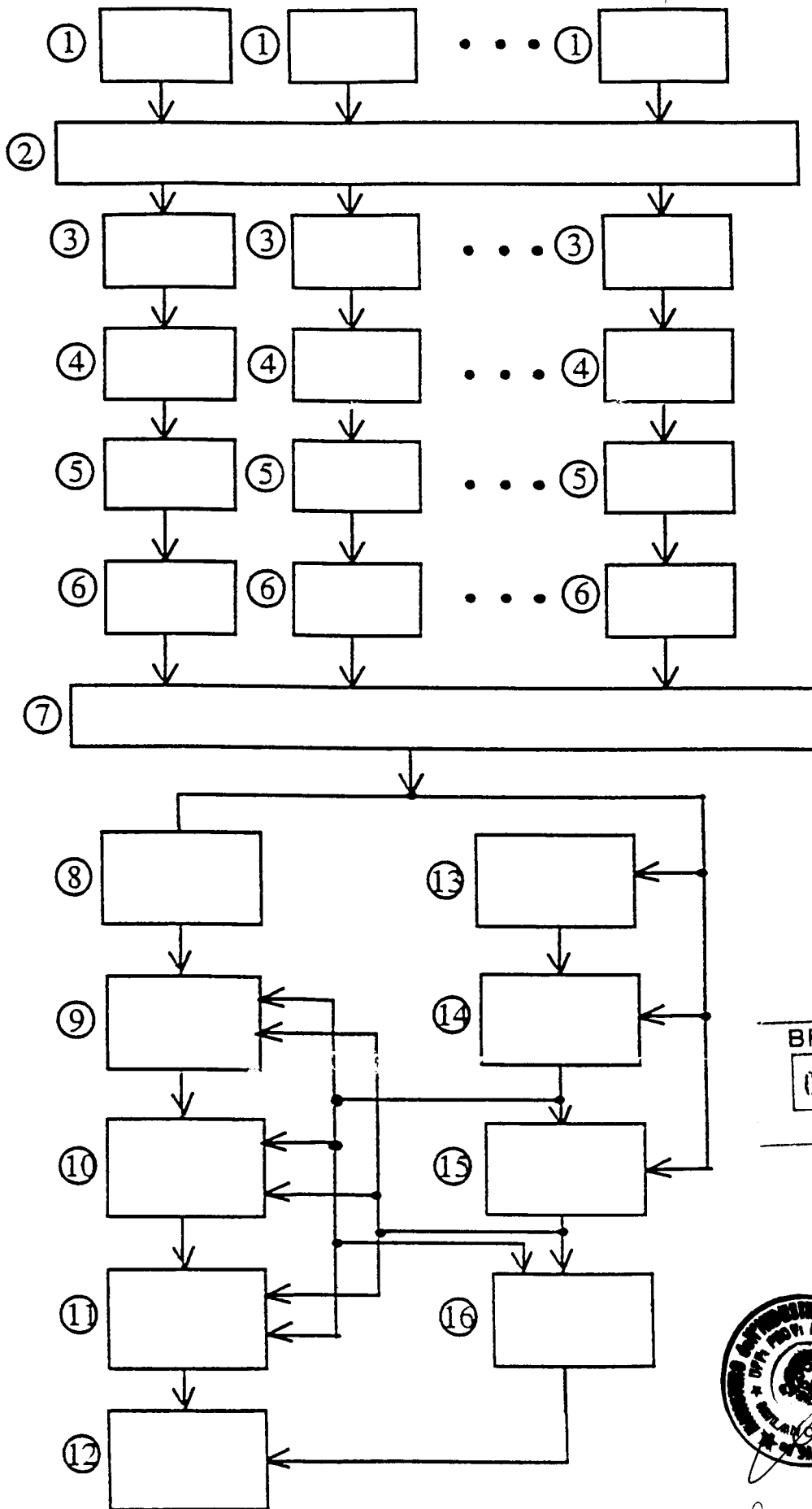
p. OERLIKON-CONTRAVES S.p.A. e

ASSOCIAZIONE VITO VOLTERRA CENTRO CULTURALE INTERDIPARTIMENTALE  
 DELL'UNIVERSITA' DI ROMA "TOR VERGATA"

Il Mandatario

INTERNAZIONALE BREVETTI  
*Ingg. Zini, Maranesi & C. s.r.l.*





BREV. MI-V  
001125

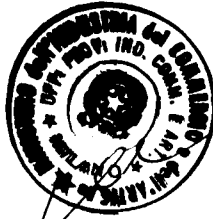


Figura 1

INTERNAZIONALE BREVETTI  
Ippolito Zilli, Moriconi & C. s.r.l.

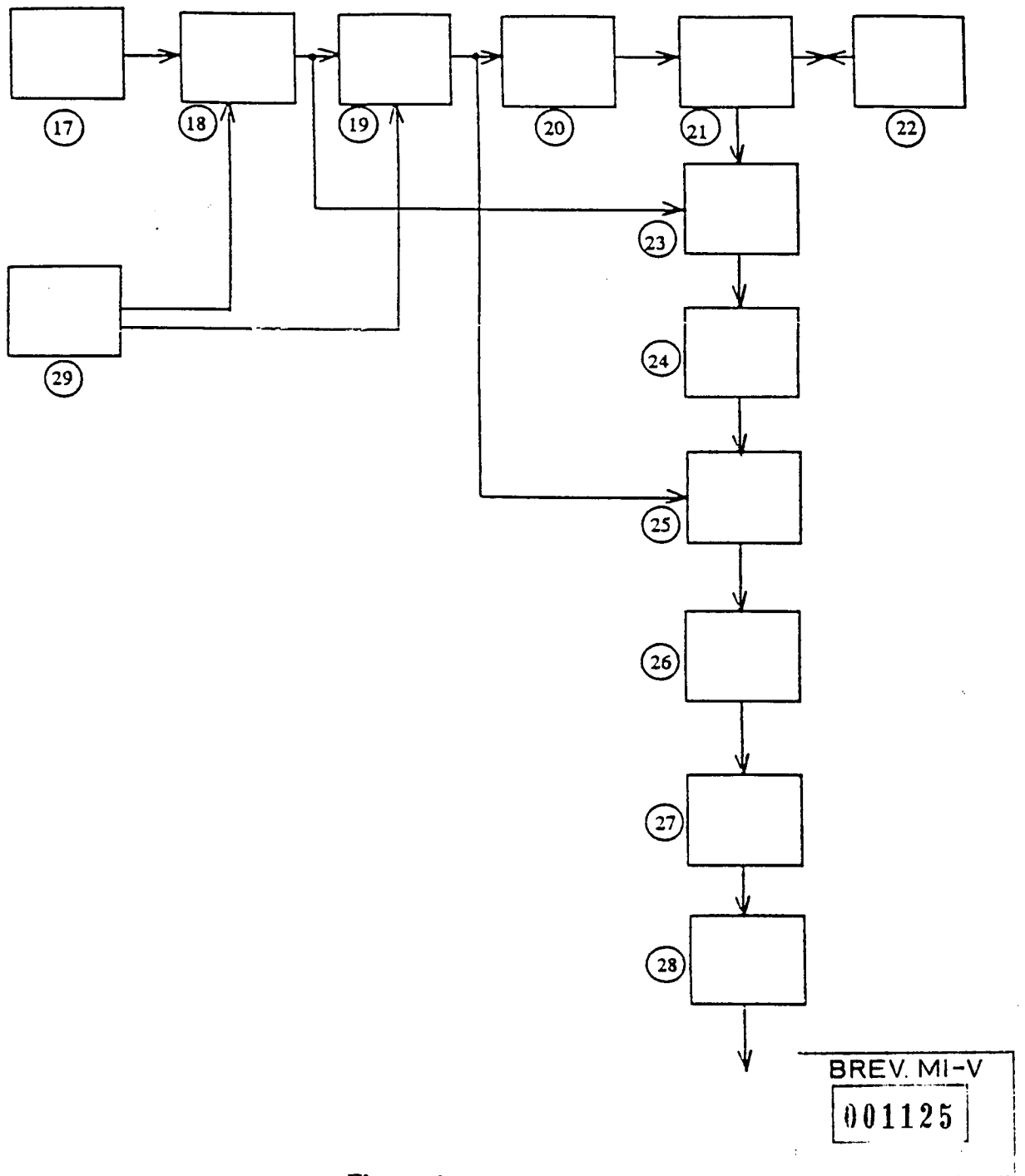


Figura 2

