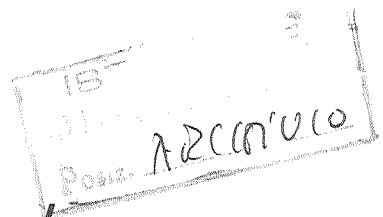


Consiglio Nazionale delle Ricerche



ISTITUTO DI ELABORAZIONE DELLA INFORMAZIONE

PISA

UN SISTEMA DI CONTROLLO DI
SUPERFICIE DI UN AEROPORTO

M. Mercatanti

Nota Interna B78-9

Aprile 1978

UN SISTEMA DI CONTROLLO DEL TRAFFICO DI SUPERFICIE DI
UN AEROPORTO

M. Mercatanti (*)

Riassunto

Si tracciano le linee generali di un sistema di sorveglianza e controllo del traffico di superficie di un aeroporto. Si valutano i requisiti di accuratezza, che deve possedere la stazione di rilevamento degli aeromobili sulla superficie aeroportuale. Si individuano vari livelli di controllo del sistema cui corrispondono altrettanti livelli di comunicazione controllore di torre - calcolatore.

Si accenna infine ad alcuni problemi di implementazione ed ai requisiti del sistema di elaborazione.

(*) I.E.I. - CNR, Pisa

Introduzione

L'argomento di cui si tratta in questa nota riguarda un Sistema di Sorveglianza e Controllo del Traffico di Superficie di un Aeroporto (SSCTSA), che è uno degli argomenti del progetto Finalizzato del C.N.R., dal titolo "Aiuti alla Navigazione e Controllo del Traffico Aereo".

Si tracciano le linee generali di un sistema di gestione, assistito dal calcolatore, del traffico di superficie di un aeroporto di grande capacità. Come riferimento si è scelto quello di Fiumicino, data la sua capacità e le radioassistenze di cui dispone.

Obiettivo del sistema di gestione con calcolatore, è il miglioramento della sicurezza del traffico di superficie, mediante un sistema capace di prevenire eventuali situazioni di conflitto, dandone tempestivo avviso ai controllori (pericoli di collisioni, attraversamenti vietati, ecc.).

La capacità dell'aeroporto dovrebbe pertanto risultare maggiore, poichè, ad uno snellimento dei controlli procedurali, corrisponderebbe un più rapido smaltimento del traffico sulle piste di rullaggio e quindi sulle piste di volo; a ciò si aggiunga infine il vantaggio di rendere agibile l'aeroporto anche in condizioni di scarsa visibilità.

Gli strumenti di cui si avvale tale sistema di gestione sono:

- I dispositivi di rilevamento e di identificazione degli aeromobili e degli autoveicoli di servizio dell'aeroporto;
- un calcolatore elettronico, al quale affluiscono oltre alle informazioni del sistema di rilevamento e di identificazione, anche le istruzioni dei controllori;
- un sistema di comunicazione controllore-calcolatore, per trasmettere a quest'ultimo i comandi e le istruzioni che i controllori inviano ai piloti;
- un sistema di comunicazione calcolatore-controllore (terminali video grafici e alfanumerici), per dare al personale di torre una rappresentazione schematica dell'aeroporto e dei vettori, in sosta ed in transito nelle varie aree, oltre a comunicazioni e messaggi vari.

1 - I dispositivi di rilevamento e di identificazione dei vettori sulla superficie dell'aeroporto.

Si fa l'ipotesi che il sistema di rilevamento e di identificazione abbia determinati requisiti di accuratezza e di affidabilità per il sistema di sorveglianza e controllo che descriveremo. Si è ipotizzato anche che il sistema di rilevamento o di identificazione abbia le stesse caratteristiche del TAGS [11], senza però averne

i seguenti due difetti:

- 1) la bassa frequenza di rilevazione degli aeromobili, data la velocità di rotazione dell'antenna del radar di 15 giri/min.;
- 2) l'attivazione di più trasponditori quando l'area di rilevazione interessa più aerei.

Considerata che la velocità di rullaggio degli aeromobili ha punte di circa 27 km/h, la rilevazione eseguita ogni 4 sec. comporta in quei casi un'imprecisione, di circa 30 metri, del punto aereo stimato cui si aggiungono altri 15 metri per errori del sistema di rilevamento. Per quanto riguarda il punto 2), ove si verificano interferenze di più trasponditori, vi è la probabilità di perdere il bersaglio per 4 od 8 sec. (trasponditori che trasmettono segnali di identificazione errati se non addirittura nulli), con ulteriore riduzione dell'accuratezza del sistema.

Per le considerazioni ora esposte, si propone lo studio di un sistema del tipo TAGS, nel quale, però, la attivazione dei trasponditori, nell'area aeroportuale, avvenga indirettamente e cioè, per esempio, per il tramite di un collegamento radio convenzionale anziché per mezzo del fascio d'onde del radar.

Si consideri un sistema di trilaterazione (o multilaterazione), del tipo Pulse-Ranging, sintonizzato sulla frequenza dei trasponditori, ed una stazione trasmittente

R_0 , avente una frequenza f_0 , in VHF. R_0 emette una successione S di segnali T_i , ripetuti ciclicamente:

$$S = T_1, T_2, \dots, T_n, T_1, T_2, \dots$$

dove T_i , di durata D, è un treno d'impulsi codificati. Un ricevitore R_i , installato su un aeromobile e sintonizzato su f_0 , quando riceve la chiave T_i , al tempo

$$t = t_0 + k.D.n + i - 1 \quad (k = 0, 1, 2, \dots)$$

comanda l'attivazione del trasponditore.

Assegnando a D una durata di 2500 μ sec, si possono controllare fino a 100 aeromobili ogni 0,25 sec, invece che ogni 4 sec come nel sistema TAGS. In tal modo l'accuratezza della localizzazione risulterebbe sufficiente per gli scopi del SSCTSA.

Altri vantaggi sono:

- solo un trasponditore alla volta risponde all'interrogazione;
- anche nel caso di un'errata trasmissione del codice di identificazione, il bersaglio è comunque riconosciuto, dato che il tempo in cui avviene il rilevamento è esso stesso un elemento di identificazione; una risposta, infatti, che giunge al tempo t,

$$t_0 + h.D < t \leq t_0 + (h+1). D \quad (h = 0, 1, 2, \dots)$$

proviene necessariamente dall'aereo al quale è stata es-

segnata la chiave T_{i+1} , dove $i = h \pmod{n}$.

- Una irfilevante richiesta di lavoro in più per i controllori di torre, a fronte di un'assistenza per la sorveglianza ed il controllo del traffico.

L'installazione, infatti, delle apparecchiature sopra dette, anche sugli autoveicoli di servizio, rende possibile il controllo di ogni vettore, aereo o veicoli, in transito nell'area aeroportuale.

Il sistema pone automaticamente in opportune tabelle i codici distintivi, e le relative coordinate, dei vettori i cui segnali T_i sono ricevuti nell'intervallo di tempo corrispondente (aerei atterrati e vettori che hanno avuto l'autorizzazione a manovrare); cancella invece i codici dei vettori i cui segnali T_i non sono ricevuti nell'intervallo di tempo corrispondente (aerei decollati o che hanno terminato di manovrare, ecc.).

L'assegnazione delle chiavi T_i , ai vettori, dovrà essere effettuata dal controllore, per esempio, al momento in cui il pilota chiede l'autorizzazione per l'atterraggio o per qualsiasi spostamento nell'area aeroportuale.

Sul visore grafico, in corrispondenza dei simboli rappresentativi dei vettori, saranno riportati i relativi codici di identificazione (sigla della compagnia aerea, numero del volo e tipo dell'aereo, ovvero tipo e numero distintivo del veicolo); su di un visore alfanumerico, saranno elencati i codici T_i assegnati a quelli ancora disponibili.

Il sistema di rilevamento e di identificazione, come si è detto, implica l'uso di un canale di trasmissione da R_0 a gli R_i e viceversa; ciò potrebbe essere realizzato, utilizzando, con opportuni adattamenti, lo stesso canale radiotelefonico che i controllori ed i piloti usano per le comunicazioni di servizio.

L'insieme S di segnali potrebbe essere trasmesso modulando in ampiezza (oppure trasmesso con sistemi analoghi a quelli adottati per le trasmissioni stereo FM.) la portante stessa del trasmettitore FM della torre di controllo, per cui gli R_i si identificano con gli stessi ricevitori di bordo, corredati degli opportuni rivelatori. Il pilota che non ha più necessità di comunicare con la torre di controllo spenge il radiotelefono con ciò rendendo di nuovo disponibile la chiave T_i per altre assegnazioni.

Concludendo, per realizzare un sistema di attivazione indiretta dei trasponditori, occorrono essenzialmente due tipi di dispositivi per svolgere le seguenti funzioni:

- 1° - Sull'aereo, il segnale modulato in ampiezza, prelevato dal circuito A.F. del ricevitore del radiotelefono, è rivelato e confrontato con la chiave T_i , preventivamente assegnatagli dalla torre di controllo; in caso di concordanza, si ha l'attivazione del trasponditore.
- 2° - Nell'aeroporto, le portanti dei trasmettitori radio (tre nell'aeroporto di Fiumicino) sono modulate in ampiezza con i segnali di S . La temporizzazione dei segnali T_i potrebbe essere controllata dallo stesso calco

latore del sistema di controllo.

Approssimativamente, il costo del dispositivo n.1 dovrebbe aggirarsi sulle 100.000 lire; di poco superiore dovrebbe essere quello del dispositivo n.2.

Un sistema di comunicazione selettiva con gli aerei consentirebbe anche la trasmissione diretta di messaggi dal sistema al pilota, anzichè per il tramite del controllore. Ad esempio, nell'intervallo di tempo D , dopo la trasmissione di T_i , il sistema potrebbe inviare un numero in codice che, se diverso da zero, indicherebbe su di un quadrante la direzione in cui trovasi un aereo o veicolo a distanza minore di quella di sicurezza. Potrebbe indicare, anche sullo stesso quadrante i punti di riferimento, uno alla volta, del percorso che il pilota deve seguire, ovvero, comandi di arresto, di avvio, ecc. (vedere par.2). Sarebbe quindi possibile un più tempestivo intervento del pilota nel caso di imminenti collisioni e si eviterebbe, altresì, errate interpretazioni di messaggi da parte del pilota.

2 - Il sistema di sorveglianza e controllo del traffico di superficie.

Il SSCTSA è un insieme di dispositivi e di procedure di lavoro atto a coordinare il traffico dei veicoli di servizio e il movimento degli aerei, in fase di decollo, di atterraggio o di rullaggio, e ogni altra operazione da essi svolta sulla superficie dell'aeroporto.

Le funzioni svolte dall'SSCTSA sono quindi la risultante di un complesso di attività strumentali e umane, fra le quali, ci interessa descrivere quelle che il calcolatore può svolgere al fine ultimo di incrementare la capacità recettiva dell'aeroporto.

Si intravedono immediatamente i seguenti compiti, di primaria importanza, affidati al sistema di elaborazione.

- 1 - Calcolo in tempo reale delle coordinate geografiche dei vettori, in base ai dati temporali trasmessi dalle stazioni di rilevamento. Com'è noto, il calcolo consiste nella determinazione del punto di intersezione di due rami di iperbole, ognuno dei quali rappresenta il luogo geometrico dei punti P del piano le cui distanze PQ_j , PQ_i e PQ_k , PQ_i dalle stazioni di rilevamento Q_i , Q_j , Q_k , posto che sia $PQ_i \leq PQ_j \leq PQ_k$ differiscono, rispettivamente, di quantità costanti.
- 2 - Rappresentazione schematica delle infrastrutture di volo e di servizio dell'aeroporto, su di un visore grafico. Alla planimetria di un aeroporto (Fig. 1), previa una opportuna schematizzazione (Fig. 2), si associa un grafo planare. Come si può notare nella figura 2, le piste di volo e di rullaggio sono rappresentate da segmenti rettilinei, così come una qualsiasi linea curva è stata ricondotta ad una sequenza di segmenti di retta [9]

- 3 - Rappresentazione, sullo stesso visore, degli aerei e dei veicoli, mediante opportuni simboli, allo scopo di dare un'immagine più selettiva di quella ottenibile sugli schermi radar, e più dettagliate informazioni sui vettori, in sosta od in movimento nella area dell'aeroporto (tipo di aereo, numero del volo, velocità, tipo di veicolo, ecc.).
- 4 - Senza alcun intervento da parte dei controllori e quindi, con i soli dati trasmessi dalle stazioni di rilevamento, il sistema può controllare alcune situazioni di pericolo, lungo le piste di rullaggio e di volo, quali ad esempio: la mancata osservanza delle distanze di sicurezza; il transito di aree vietate; sensi di marcia convergenti, ecc. Tale controllo, che definiamo di "livello 1" è esteso a tutto l'aeroporto, ed è ovviamente rudimentale e suscettibile di rilevare situazioni di conflitto inesistenti, dato che il sistema non conosce il percorso che è stato assegnato ai vettori, le eventuali soste e le istruzioni che il controllore ha dato al pilota per il suo spostamento nell'area dell'aeroporto. Si consideri il seguente caso: se, in corrispondenza di un incrocio, un aereo deve arrestarsi per dare la precedenza ad un altro, il sistema ravvisa una situazione di pericolo perchè la distanza fra i due aeromobili è risultata minore di quella di sicurezza. Il sistema segnala al controllore la situazione di pericolo facendo lampeggiare sul visore i simboli

li degli aerei che ne sono coinvolti. Se tale segnalazione può risultare in molti casi, fastidiosa per il controllore, è invece, sempre utile per il pilota, soprattutto se la visibilità è ridotta, ove disponga di un mezzo di comunicazione diretta fra il sistema e l'aereo (paragrafo 1).

Il controllo di livello 1 è comunque valido per le piste di volo.

- 5 - Il controllo può divenire più capillare, e può quindi applicarsi a quasi tutti i possibili casi, se la torre comunica al sistema i percorsi che sono stati assegnati ai vari aerei, oltre ad eventuali altre istruzioni (vedere [12]). In generale, la quantità di informazioni che è necessario trasmettere al calcolatore è proporzionale al livello di controllo richiesto. Definiamo di "livello 2", il controllo che il calcolatore esegue affinché gli spostamenti dei vettori sullo aeroporto, siano quelli che il controllore ha specificato al pilota. Tale informazione è trasmessa al calcolatore, per mezzo di un opportuno dispositivo. Sul piano di un coordinatografo, di tipo magnetico, (appendice A) è posta la rappresentazione in scala del grafo associato all'aeroporto; su di esso, il controllore dei movimenti, a terra, traccia, con una "penna magnetica", il percorso dell'aereo, così come l'ha indicato al pilota; il sistema riconosce il punto in cui si trova l'ae-

reo che deve manovrare e quindi il cammino che deve percorrere. Le istruzioni date al pilota devono essere tali da non lasciargli alcun margine discrezionale di manovra, al fine di evitare situazioni di falso conflitto (si veda l'esempio citato al punto 4). Tale esigenza è tanto più giustificata in condizioni di scarsa visibilità.

- 6 - Su richiesta dei controllori, il sistema può pianificare il trasferimento simultaneo di più vettori, sottoponendone il relativo prospetto su un visore alfanumerico.

Individuando sul coordinatografo un insieme di coppie di punti, ognuna delle quali specifica il punto di inizio e di fine del trasferimento, ovvero mediante una opportuna richiesta trasmessa dalla tastiera del terminale video alfanumerico, il sistema definisce gli itinerari ottimali (minimo tempo complessivo occorrente per i trasferimenti).

- 7 - Se l'aeroporto dispone di un controllo centralizzato della segnaletica delle vie di circolazione ed agli incroci, i cammini, comunque definiti (dal calcolatore o dal controllore al sistema) possono essere indicate ai piloti mediante l'accensione delle relative luci.

3 - La suddivisione del lavoro dei controllori di torre con l'SSCTCA.

Riferendoci alla torre di controllo di Fiumicino, il sistema trasmette, in parallelo, l'immagine dell'aeroporto e dei vettori sia al controllore dei movimenti a terra, che ai controllori addetti agli arrivi e alle partenze degli aeromobili. Il primo dispone anche di un altro terminale grafico sul quale è riportata, ingrandita, la rappresentazione della sola area di manovra, data l'elevata densità di aeromobili e soprattutto di veicoli.

Solo il controllore dei movimenti a terra opera al coordinatografo, scegliendo di volta in volta il livello di controllo che ritiene più opportuno; gli altri controllori, in quanto responsabili del traffico sulle piste di volo, fruiscono del livello 1 di controllo. Tutti, infine, disporranno di un visore alfanumerico per le comunicazioni da, e al , sistema. Nel caso di aerei che dispongono di semplici trasmettitori, invece che di trasponditori, il controllore addetto agli arrivi trasmette al sistema, per mezzo della tastiera del visore alfanumerico, oltre alla chiave assegnata all'aereo, anche altre informazioni suppletive, sull'aereo stesso. Analoghe informazioni potranno essere trasmesse al sistema per i veicoli di servizio e di emergenza.

4 - Alcune considerazioni sul sistema di elaborazione

Si sono esposti brevemente, i problemi, che devono essere risolti dal sistema, per realizzare quelle funzioni di controllo i cui requisiti fondamentali sono la completezza e l'affidabilità. Si sono elencati, i dati, in ingresso ed in uscita al calcolatore del SSCTSA, trascurando, per ovvie ragioni di brevità, di descrivere i dati e le procedure di lavoro non attinenti il sistema. Dobbiamo ora considerare un fattore estremamente importante del SSCTSA, cioè il tempo che esso impiega per elaborare le informazioni (tempo di risposta). E' evidente che tanto più rapido è il tempo di risposta del sistema e tanto più accurati sono i controlli e sicuro il traffico dei vettori; è necessario, quindi, farne, a titolo orientativo, una valutazione necessariamente approssimativa.

L'insieme dei problemi, che il sistema deve risolvere, può classificarsi in tre tipi, a seconda del tempo di elaborazione:

- 1 - problemi, il cui tempo di risoluzione è rigidamente fissato;
- 2 - problemi, il cui tempo di risoluzione deve essere il più breve possibile, dipendendo da esso l'accuratezza e la tempestività dei controlli e quindi la sicurezza del traffico;

3 - problemi, i cui tempi di elaborazione sono brevi ed anticipano il tempo in cui i risultati sono utilizzati.

I problemi del tipo 1 concernono: la digitalizzazione dei segnali analogici nelle stazioni di rilevamento; la loro trasmissione all'unità centrale di calcolo, il calcolo delle coordinate vere dei vettori e di quelle dei visori grafici.

Quelli del tipo 2 sono: esame delle situazioni di conflitto; in base alle coordinate dei vettori e, per quelli dotati di moto, in base ai loro punti stimati nel tempo; verifica della concordanza fra i percorsi reali e quelli assegnati dal controllore o dal sistema.

I problemi del tipo 3 riguardano l'aggiornamento dei dati sui visori grafici, la pianificazione del traffico ed altre funzioni di supporto ai problemi del tipo 2, quali, per esempio, la trasmissione dei messaggi sui visori alfanumerici, l'inizializzazione delle aree di memoria, ecc..

Per le considerazioni sopra esposte, il sistema di elaborazione deve essere composto da tre calcolatori, operanti in parallelo. Sul primo, di piccola potenza, si risolvono alcuni dei problemi del tipo 1, essendo la rilevazione e la digitalizzazione dei segnali analogici realizzate dalle singole stazioni di rilevamento, sul secondo e sul terzo, di media potenza, sono risolti, rispettiva-

mente, i problemi del secondo e del terzo tipo.

Il primo calcolatore trasmette i risultati del calcolo al secondo ed al terzo. Se vi è situazione di conflitto, il secondo calcolatore attiva l'allarme acustico ed invia al terzo calcolatore i messaggi da trasmettere, con priorità assoluta, sui terminali video alfanumerici e grafici.

Tutte le unità periferiche sono allacciate al terzo calcolatore, tranne come si è detto il dispositivo di allarme acustico; in tal modo, il secondo calcolatore è sollevato da operazioni che ne rallentino, seppure di poco, l'elaborazione.

5 - Conclusioni

Avendo accennato all'opportunità di impiegare tecniche alternative, a quelle proposte nel progetto TAGS per l'attivazione dei trasponditori, e di installare un certo tipo di apparecchiature, a bordo dell'aereo e dei veicoli di servizio per realizzare un collegamento radio dal sistema a gli aeromobili, si riassumono brevemente gli svantaggi che deriverebbero dall'attivazione dei trasponditori con il radar secondario, in un sistema di sorveglianza e controllo:

- 1) Scarsa accuratezza dei punti stimati dell'aereo, per la bassa frequenza dei rilevamenti;
- 2) impossibilità di prevenire errate interpretazioni, delle istruzioni per i movimenti a terra, da parte dei piloti;

- 3) nel caso di scarsa visibilità, la sicurezza dell'aeromobile dipende esclusivamente dalla torre di controllo, non disponendo il pilota di nessun strumento che rilevi una eventuale situazione di pericolo;
- 4) impossibilità, da parte del controllore, ad agire con la dovuta tempestività qualora il sistema ne richieda l'intervento in più casi pressochè simultanei.

L'uso di opportuni messaggi trasmessi di seguito a T_i , e ricevuti solo se vi è concordanza con la chiave di R_i , ovvierebbe ai casi 2) e 3). Per quanto riguarda il caso 4), il sistema potrebbe sostituirsi temporaneamente al controllore, trasmettendo opportuni comandi di arresto.

Poiché, infine, l'adozione delle apparecchiature, sopra citate, su un certo numero di aerei e veicoli, non esclude l'impiego del radar secondario, per gli aerei che ne sono sprovvisti, sarebbe possibile, ai fini di una valutazione di merito, raffrontare sperimentalmente le due soluzioni.

ROMA-FIUMICINO

IDENTIFICAZIONE
VIE DI CIRCOLAZIONE
TAXIWAYS IDENTIFICATION

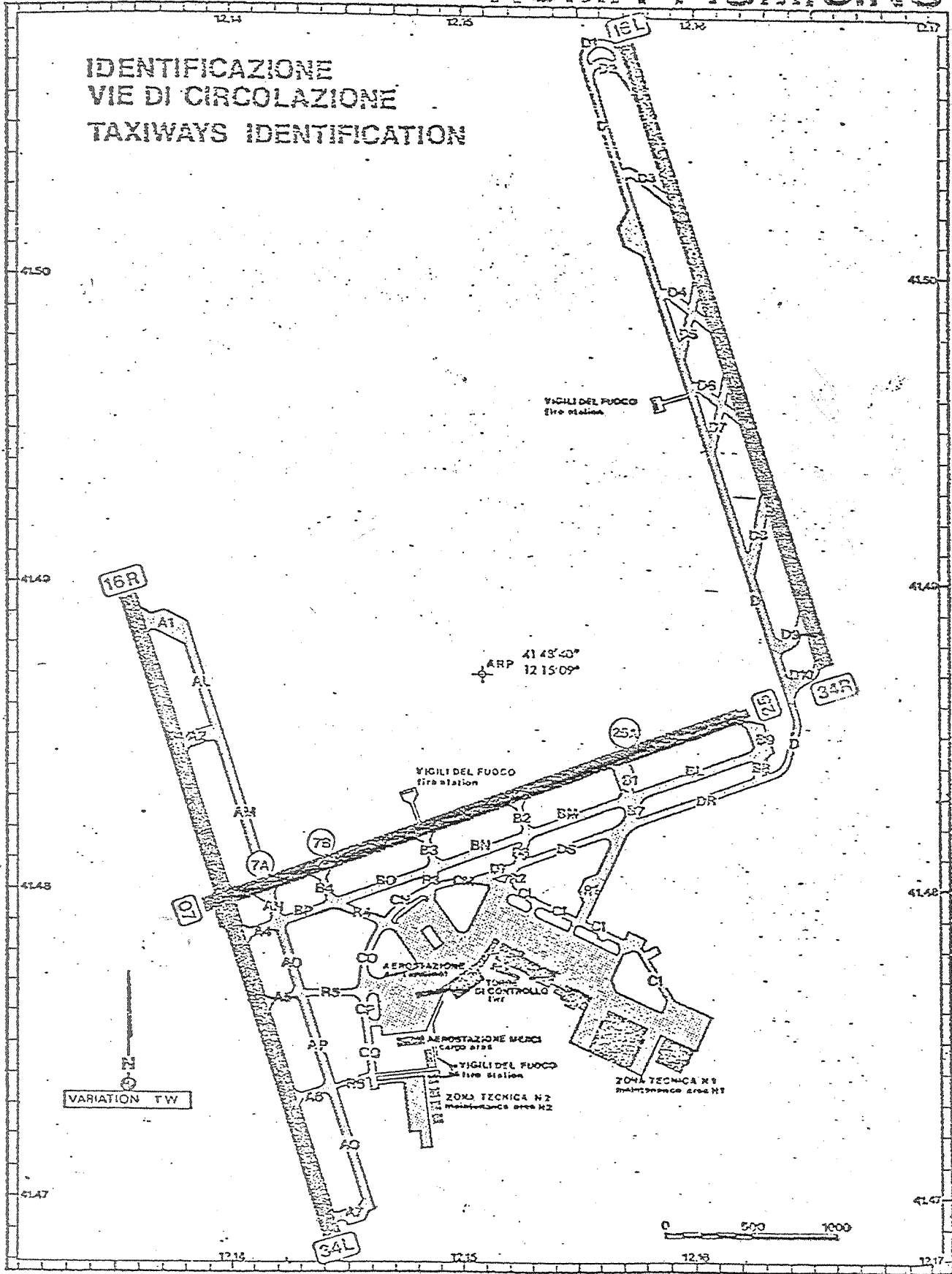


Fig. 1

**GRAFO RAPPRESENTATIVO
DELL'AEROPORTO DI
FIUMICINO**

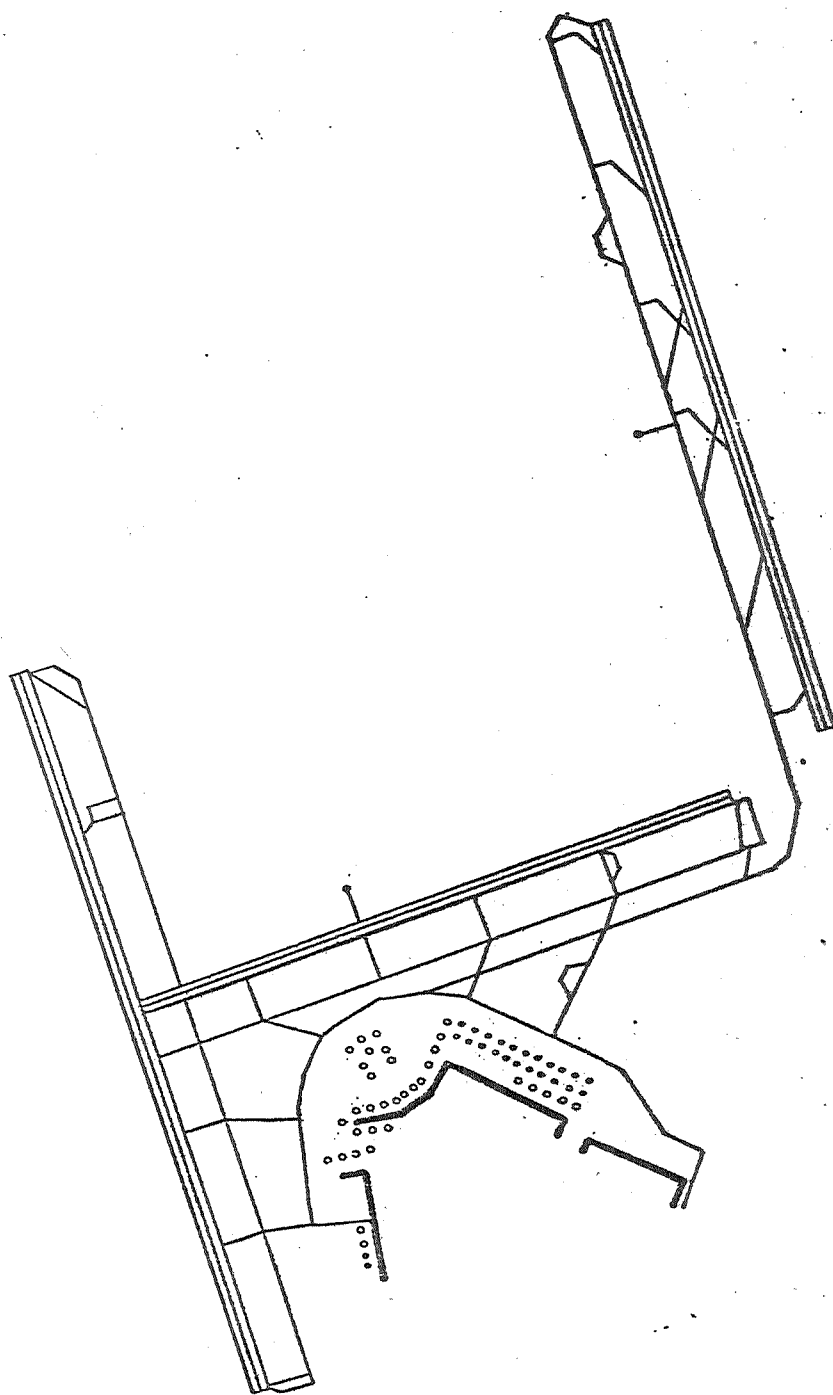


Fig. 2

A P P E N D I C E A

COORDINATOGRARO MAGNETICO

Diamo una breve descrizione di un coordinatografo magnetico.

I quattro principali componenti di un coordinatografo sono: il piano di scrittura, la penna scrivente, il modulo dell'alimentazione e la scheda di collegamento del coordinatografo con un terminale grafico.

Il piano di scrittura é una superficie sulla quale può essere posta della carta (disegni, films, ecc.) e sulla quale possono essere tracciati i dati d'ingresso al calcolatore. Tali dati sono rilevati mediante un sensore elettromagnetico.

Sotto la superficie del piano di scrittura ci sono due reticoli di cavi magneto-strittivi rispettivamente per la lettura delle ascisse e delle ordinate dei punti indicati dall'operatore.

Un'onda acustica, inviata lungo i cavi del reticolo, é rivelata dalla penna; il tempo intercorso tra la trasmissione degli impulsi, rispettivamente nel cavo delle x e nel cavo delle y, e la loro rivelazione permette l'identificazione del punto nel piano di scrittura su cui si é posto il rivelatore magnetico. Con tale apparecchio é possibile individuare i punti di una matrice di 1024x1024.

Le coordinate cartesiane dei punti rivelati sono automaticamente trasmesse ad un calcolatore per il tramite del terminale.

Il potere risolutivo del coordinatografo é di 0,01 pollici. I punti individuati sul piano di scrittura sono rappresentati, in scala, sul video del terminale grafico.

La penna scrivente é un rivelatore magnetico di onde sonore; la punta della penna contiene un sensibile microfono a induzione che, quando la penna é appoggiata sul piano di scrittura, rivela il cambiamento del campo magnetico causato dall'effetto magnetostrittivo sui cavi.

Il segnale rivelato é quindi convertito in una informazione numerica che é direttamente correlata alla posizione della penna. Le rilevazioni sul piano di scrittura sono fatte per punti o per linee. Una volta che é stato fissato il modo di operare, la penna scrivente consente la massima flessibilit  per trasferire i dati dal terminale al calcolatore. La penna pu  essere scrivente, o no, a seconda delle esigenze dell'operatore.

Se é richiesta una maggiore accuratezza nella rilevazione dei punti sul piano di scrittura (lettura di un disegno), la penna é sostituita da un cursore.

Modulo dell'alimentazione contiene l'alimentatore, il generatore d'impulsi, il preamplificatore e le connessioni dei componenti del coordinatografo. I commutatori e gli indicatori delle apparecchiature sono sul pannello frontale del modulo dell'alimentazione.

Scheda di collegamento del coordinatografo contiene i circuiti necessari per digitalizzare i segnali analogici trasmessi dalla penna.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - R.F. BATEMAN - A Dialogue Generator for Man/Machine Communication Software - R.R.E. Memo. 2985 (1976)
- 2 - B.W. BELCHER - The Digital Computer Simulation of Airport Ground Movement Systems - London Dept.of Trade & Industry (1970)
- 3 - A.F. BRISKEN - Location of ATS-5 by L-Band Trilateration - Navigation, Vol.23, No.2, Summer (1976)
- 4 - D. CARVER - Computer Assistance for Ground Movement Control at Large Airports - R.R.E. Memo. 3022 (1976)
- 5 - F.J. CHAMBERS , R.S. STAPLETON - A Comparison of Automatic Vehicle Tracking Systems - Navigation, Vol.21, No.3, Fall (1974)
- 6 - F. D'ALESSANDRO , W. HEISER , G.KNIGHTS , P.MONTELEON , R. REFFELT , R.RUDMANN , W.WOLFF - Airport Surface Traffic Control Concept Formulation Study - U.S. Dept.of Transportation FAA-RD-75-120 (1975)
- 7 - N. DAMONTE , G.GHISALBERTI - Studio di modelli matematici per la determinazione della capacità operativa di una pista aeroportuale - I.I.C. (1976)
- 8 - D.A. HOWE - The Feasibility of Applying the Active TvTime System to Automatic Vehicle Location - Navigation, Vol.21, No.1, Spring (1974)

- 9 - M. MERCATANTI ,G. BASTIANINI - Alcuni problemi nel controllo con calcolatore del traffico di superficie in un aeroporto -
Nota Interna B78-11, I.E.I.-C.N.R.,Pisa
Aprile 1978
- 10 - M. MERCATANTI ,G. BASTIANINI - La ricerca del cammino minimo nei grafi di grandi dimensioni e 'debolmente' connessi -
Nota Interna B78-12 ,I.E.I.-C.N.R.,Pisa
Aprile 1978
- 11 - J.W. O'GRADY ,M.J. MORONEY ,R.E. HAGEROTT - ATCRBS Trilateration , The Advanced Airport Surface Traffic Control Sensor -
A.G.A.R.D. (1975)
- 12 - M. SALIBA - Definizione di un linguaggio di comunicazione tra una torre di controllo e un sistema operativo -
Nota Interna B78-10 ,I.E.I.-C.N.R.,Pisa
Aprile 1978
- 13 - J.M. SHAW - A Syntactic Language for the Specification and Generation of Man/Machine Interactive Systems -
R.R.E. Memo. 2865 (1974)
- 14 - - - - Regolamento dei servizi del traffico aereo -
Aeronautica Militare It. RAC-RS/1 (1971)