



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

UIBM

DOMANDA NUMERO	101997900644404
Data Deposito	16/12/1997
Data Pubblicazione	16/06/1999

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	04	N		

Titolo

PROCEDIMENTO E APPARECCHIATURA PER L'INTRODUZIONE DI DISTORSIONI DI RIFERIMENTO IN SEGNALI VIDEO.

Descrizione dell'invenzione avente per titolo:

"PROCEDIMENTO E APPARECCHIATURA PER L'INTRODUZIONE DI DISTORSIONI DI RIFERIMENTO IN SEGNALI VIDEO"

a nome CSELT - Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni S.p.A., Via G. Reiss Romoli 274, 10148 Torino, nazionalità italiana.

Inventori: Marco QUACCHIA

Domanda N.

TO 97A 001093

Depositata il

16 DIC. 1997

CSELT
Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni S.p.A.

= . = . = . = . = . =

La presente invenzione si riferisce ai sistemi per l'elaborazione numerica di segnali video, e più in particolare riguarda un procedimento e un'apparecchiatura per l'introduzione di distorsioni di riferimento in immagini da utilizzare nelle prove soggettive su segnali video numerizzati.

Nel campo della trasmissione di segnali video numerizzati si è costantemente alla ricerca di algoritmi di codifica (o compressione) che permettano di ridurre per quanto possibile la quantità di informazioni da trasmettere garantendo allo stesso tempo una buona qualità del segnale codificato. La qualità del segnale è in generale valutata mediante prove soggettive, nelle quali si effettua un confronto tra la sequenza di immagini elaborate ed una sequenza di riferimento. Nel caso di qualità ragionevolmente elevata (a titolo puramente indicativo, nel caso di codifica con velocità di cifra della sequenza compressa dell'ordine dei Mbit/s) la sequenza di riferimento è costituita dalla sequenza originale non elaborata. Nel caso di algoritmi di compressione a velocità di cifra molto ridotte (sempre a titolo indicativo, velocità di cifra dell'ordine dei kbit/s), che

comportano una maggiore perdita di qualità rispetto alla sequenza originale, si preferisce utilizzare come immagini di riferimento non quelle della sequenza originale ma immagini sottoposte a distorsione, in modo che la qualità della sequenza di riferimento non sia eccessivamente diversa da quella della sequenza da valutare.

Nell'intento di garantire una ripetibilità delle prove soggettive nel tempo e in centri di misura diversi, la Bozza di Raccomandazione ITU-T P.930 "Principles of a Reference Impairment System for Video" stabilisce un insieme di distorsioni da introdurre - singolarmente o congiuntamente - in una sequenza di immagini per generare una sequenza di riferimento. La Raccomandazione cataloga i principali tipi di distorsione che si osservano su di un segnale video sottoposto ad elaborazione numerica, fornendo una breve descrizione dell'origine di queste distorsioni.

Più in dettaglio, le distorsioni prese in considerazione nella Raccomandazione sono le seguenti:

- Blocchettatura (o distorsione a blocchi, nota anche come Blockiness): è causata da una quantizzazione grossolana delle componenti di frequenza spaziale durante il processo di codifica ed è in generale più visibile nelle aree più uniformi dell'immagine situate vicino ai bordi in movimento.
- Sfocatura dei contorni (Blurring): è la riduzione di nitidezza ai bordi e di dettagli spaziali causata dalla necessità di ricorrere, negli algoritmi di compressione, a un compromesso tra numero di bit utilizzabili da un lato e risoluzione prevista dal codice e rappresentazione del movimento dall'altro;
- Replica di pixel con posizione ed intensità variabile nel tempo (Edge

Busyness): è una distorsione (nel seguito chiamata "distorsione da replica di pixel") concentrata ai bordi dell'oggetto, causata dall'uso di livelli di quantizzazione relativamente grossolani durante la codifica di un blocco che contiene sia bordi che delimitano aree abbastanza uniformi sia pixel con livello medio di luminanza significativamente diverso;

- Rumore intorno ai bordi in movimento (nota come Mosquito noise): è un disturbo sostanzialmente simile al precedente, caratterizzato da elementi in movimento aggiunti o da chiazze sovrapposte ai bordi;
- Effetto "sale e pepe" o rumore di quantizzazione: è un disturbo tipico dei processi di conversione in forma numerica ed ha un'apparenza simile al classico "effetto neve" della televisione analogica, però distribuito in modo non uniforme sull'immagine;
- Movimento a scatti (Jerkiness): come dice il nome, consiste nel fatto che un movimento che originariamente era graduale viene percepito come una serie di scatti.

Un'appendice alla Raccomandazione descrive anche il modo di simulare le distorsioni suddette per quanto riguarda la luminanza, e comprende una proposta di realizzazione di un sistema di generazione delle stesse. Questo sistema noto opera nel modo seguente:

- blocchettatura: è realizzata identificando i bordi dell'immagine, per riconoscere le aree dove la distorsione è più comunemente visibile; in queste aree si seleziona, mediante un'analisi delle caratteristiche di spostamento rispetto al quadro precedente, un certo numero di blocchi di $n \times n$ pixel in cui introdurre la distorsione; questa è poi simulata sostituendo il valore della luminanza dei pixel di ognuno dei blocchi

selezionati con un valore rappresentato dalla media tra la luminanza del pixel originario e la luminanza media del blocco sommata a un valore casuale compreso tra -2 e +2; ogni blocco mantiene la distorsione per un numero fisso di quadri (p. es. 15) per rendere più facilmente percepibile l'effetto;

- sfocatura dei contorni: è realizzata applicando, quadro per quadro, un filtraggio numerico passa basso unidimensionale su ciascuna riga del quadro e moltiplicando i campioni filtrati per un coefficiente di normalizzazione, al fine di ricostruire la corretta dinamica delle ampiezze;
- distorsione da replica di pixel: è realizzata mediante un filtraggio bidimensionale con filtri che presentano oscillazioni nella risposta in ampiezza all'interno della banda passante: l'ampiezza delle oscillazioni determina l'intensità delle repliche che vengono aggiunte per simulare la distorsione, la frequenza delle oscillazioni ne determina lo scostamento rispetto all'immagine e la fase ne determina la polarità;
- rumore di quantizzazione: è simulato scegliendo casualmente un numero prefissato di pixel e sostituendo il valore della luminanza con un valore casuale in un intervallo di valori permessi;
- rumore intorno ai bordi in movimento: è simulato aggiungendo un valore casuale, scelto all'interno di un intervallo di ampiezza prefissata, al valore della luminanza per ciascuno dei pixel per i quali è stata riconosciuta l'appartenenza ai bordi e l'esistenza del movimento;
- movimento a scatti: è simulato replicando un certo numero di volte lo stesso quadro.

Le prove effettuate hanno rivelato che il sistema proposto

nell'Appendice alla raccomandazione non è pienamente soddisfacente - cioè non permette un agevole riconoscimento della distorsione - almeno per quanto riguarda le distorsioni da replica di pixel e di blocchettatura.

Secondo la presente invenzione si forniscono invece un procedimento e un'apparecchiatura mediante i quali le distorsioni suddette sono generate in modo da renderne più agevole la percezione durante le prove.

Le caratteristiche dell'invenzione sono riportate nelle rivendicazioni 1 - 12 che seguono, per quanto riguarda il procedimento, e nelle rivendicazioni 13 -15, per quanto riguarda l'apparecchiatura.

A maggior chiarimento si fa riferimento ai disegni allegati, in cui:

- la fig. 1 è uno schema a grandi blocchi di un sistema per l'effettuazione di prove soggettive su immagini video comprendente un sistema di generazione di immagini di riferimento operante secondo l'invenzione;
- la fig. 2, suddivisa in due parti indicate con 2A e 2B, è un diagramma di flusso delle operazioni relative all'introduzione della distorsione di blocchettatura;
- la fig. 3, suddivisa in due parti indicate con 3A e 3B, è un diagramma di flusso delle operazioni relative all'introduzione della distorsione da replica di pixel.

Con riferimento alla fig. 1, un sistema per l'effettuazione di prove soggettive su apparecchiature di elaborazione di immagini numerizzate comprende una sorgente 1 che genera una sequenza di immagini di prova che sono convertite in forma numerica in un convertitore analogico - numerico 2 e sono poi applicate sia a un'apparecchiatura in prova 3, p. es. un codificatore-decodificatore numerico, sia a un sistema di generazione di

immagini di riferimento 4 atto a introdurre sull'immagine certe distorsioni che generalmente sono scelte tra quelle introdotte dalle elaborazioni. Le uscite dei blocchi 3, 4 sono applicate a un convertitore numerico-analogico 5 che fornisce le sequenze ricostruite a un monitor 6 per il confronto da parte di un osservatore. I convertitori 2 e 5 possono anche essere collegati direttamente tra loro in modo che si possa utilizzare come riferimento la sequenza emessa dalla sorgente 1: ciò è possibile se l'apparecchiatura di elaborazione 3 fornisce un'immagine elaborata di qualità relativamente elevata, confrontabile con la qualità dell'immagine originaria. Nel caso in cui il sistema non sia in grado di operare in tempo reale, le immagini fornite dai blocchi 3, 4 possono essere raccolte tramite un registratore e riconvertite in un secondo tempo in forma analogica per l'applicazione al monitor.

Il sistema di generazione delle immagini di riferimento 4 può in linea di principio essere schematizzato con un'unità elaborativa 7 (p. es. un convenzionale elaboratore numerico di segnali) programmata in modo opportuno e associata da un lato a una prima memoria 8, in cui vengono memorizzati temporaneamente uno o più quadri della sequenza di prova da elaborare e da cui vengono scaricati i quadri elaborati, e dall'altro lato a una seconda memoria 9 che contiene le informazioni necessarie affinché l'unità elaborativa 7 possa compiere le elaborazioni richieste per applicare le varie distorsioni (per esempio, file di coefficienti di filtri numerici, file delle repliche, parametri operativi ecc.). Una console 10 collegata all'unità elaborativa 7 permetterà a un operatore di selezionare una modalità operativa voluta (p. es. introduzione individuale di una o più distorsioni o applicazione sequenziale, in un ordine prestabilito, di tutte le distorsioni

previste), di impostare i parametri operativi per le singole distorsioni, di tener traccia delle distorsioni introdotte e dei valori scelti per i vari parametri, ecc.

Un sistema di questo tipo può essere utilizzato non solo per creare condizioni standard di esecuzione delle prove e condizioni standard di distorsione per permettere un confronto tra prove effettuate in tempi e in laboratori diversi, ma anche per quantificare in certa misura l'esito della prova in termini di grado di distorsione introdotta: in effetti l'operatore può introdurre in successione, su una sequenza standard di immagini di prova, diverse distorsioni variando i parametri di ciascuna di esse (ciò che corrisponde a variare il livello di distorsione introdotto) fino ad ottenere un'immagine di riferimento la cui qualità, secondo l'osservatore, corrisponde a quella dell'immagine prodotta dall'apparecchiatura 3, e registrare le informazioni relative all'esecuzione della prova.

Per chiarezza di descrizione, in quanto segue si supporrà che le distorsioni introdotte dal sistema 4 siano proprio quelle descritte nella raccomandazione ITU-T P.930. In questo caso le operazioni relative all'applicazione delle distorsioni di sfocatura dei contorni, rumore di quantizzazione e rumore intorno ai bordi in movimento sono sostanzialmente analoghe a quelle descritte nella raccomandazione e riportate in breve in quanto precede. La generazione delle distorsioni di blocchettatura e da replica di pixel, pur seguendo i principi generali descritti nella raccomandazione, è invece ottenuta con modalità che costituiscono l'oggetto dell'invenzione. L'invenzione apporta anche un perfezionamento alla generazione del movimento a scatti.

La generazione della distorsione di blocchettatura richiede le operazioni seguenti:

- si identificano le aree dove è probabile che la distorsione compaia nella sequenza di prova per effetto del trattamento nell'apparecchiatura in esame 3;
- mediante un'analisi delle caratteristiche di spostamento si seleziona all'interno di queste aree un certo numero di blocchi di pixel a cui applicare la distorsione;
- si applica effettivamente la distorsione, sostituendo il valore della luminanza dei pixel di ognuno dei blocchi selezionati con un valore calcolato dall'algoritmo.

Per ciascuno dei blocchi selezionati la distorsione è applicata per il quadro corrente e per un certo numero di quadri successivi, creando così un effetto di persistenza. In una forma preferita di realizzazione dell'invenzione il periodo di persistenza è relativamente limitato, p. es. inferiore a 10 e più preferibilmente compreso tra 1 e 5.

Più in particolare, quadro per quadro, si opera nel modo seguente.

La prima operazione consiste nella suddivisione del quadro in blocchi di $n \times n$ pixel, dove n è un parametro impostabile dall'operatore tramite la console 10. Quindi, prima di procedere, si eliminano tutti quei blocchi ai quali è stata applicata la distorsione in quadri precedenti e per i quali il periodo di persistenza non è ancora terminato, in quanto questi non devono essere ulteriormente distorti per non far scomparire l'effetto di persistenza.

Successivamente si identificano le aree dove introdurre la distorsione. Come detto, questo tipo di distorsione compare in generale in aree

abbastanza uniformi situate in prossimità dei bordi e interessate da movimento, e un primo passo è allora l'identificazione dei bordi. Questa operazione comporta a sua volta due fasi successive. La prima fase consiste in una stima della posizione dei bordi mediante l'applicazione dei cosiddetti filtri di Sobel orizzontale e verticale all'intera immagine e poi nell'effettuazione di una media sui risultati. I filtri di Sobel sono degli algoritmi che approssimano la derivata della luminanza nella direzione orizzontale o verticale e quindi permettono di riconoscere zone, come i bordi dell'immagine, dove la luminanza presenta una brusca variazione rispetto alle zone adiacenti. Questi algoritmi sono ben noti nella tecnica. Maggiori dettagli possono essere trovati nel libro "Digital image processing" di R.C. Gonzalez e R.E. Woods, Ed. Addison - Wesley, pagg. 197-200 e 418-420. Il risultato di questa elaborazione è poi confrontato, nella seconda fase, con una soglia in ingresso e sono classificati come appartenenti ai bordi i pixel per i quali il risultato dell'elaborazione ha dato un valore superiore alla soglia. Come risultato dell'algoritmo di rivelazione dei bordi si genera un quadro nel quale il valore della luminanza è forzato a un certo valore prefissato per i pixel classificati come bordo, a 0 per gli altri.

Questa procedura è la stessa utilizzata per la rivelazione dei bordi per l'applicazione della distorsione di rumore di quantizzazione, anche se la soglia e il valore prefissato della luminanza possono essere diversi.

Una volta individuati i bordi, si vuole riconoscere il movimento, distinguendo però tra movimento del soggetto e movimento della telecamera, per applicare la distorsione solo a blocchi (gruppi di $n \times n$ pixel, dove n è un parametro impostabile dall'operatore tramite la console 10)

interessati da un movimento effettivo del soggetto. Il numero dei blocchi a cui applicare la distorsione in un quadro e il numero di quadri per cui la distorsione va applicata ai vari blocchi costituiscono ulteriori parametri dell'algoritmo, impostabili dall'operatore. Prima dell'identificazione del movimento effettivo si compie una prima selezione dei blocchi, per escludere quelli direttamente appartenenti al bordo dell'immagine e tener conto solo di quelli che sfiorano i bordi o si trovano a una certa distanza da questi. A questo scopo, si conta il numero di pixel classificati come bordo per ciascun blocco, e si confronta tale numero con tre valori di soglia k_1 , k_2 e k_3 (con $k_1 > k_2 > k_3$), che costituiscono anch'essi tre parametri impostabili dall'operatore e definiscono un intervallo superiore ($k_2 - k_1$) e un intervallo inferiore ($0 - k_3$) di valori. I blocchi d'interesse sono quelli per cui il numero N_b dei pixel classificati come bordo soddisfa la relazione $k_2 < N_b \leq k_1$ e quelli per cui vale la condizione $0 \leq N_b \leq k_3$, cioè quelli che hanno un numero di pixel di bordo che cade nell'intervallo superiore e quelli che hanno un numero di pixel di bordo che cade nell'intervallo inferiore. E' immediato vedere che il confronto con l'intervallo superiore di valori permette appunto di individuare i blocchi vicini ai bordi e il confronto con la soglia inferiore permette di individuare blocchi relativamente lontani dai bordi. Valori opportuni per le soglie possono essere, nel caso di un blocco di 8×8 pixel, da 40 a 64 per k_1 , da 4 a 20 per k_2 e da 0 a 3 per k_3 .

Per l'identificazione del movimento sui blocchi rimasti si calcola la cosiddetta informazione temporale (che è rappresentata, come noto, dalla differenza tra la luminanza di pixel omologhi in quadri successivi e costituisce un indicatore di spostamento) riferita al blocco omologo nel

quadro precedente, ripetendo il calcolo anche con riferimento a un certo numero di ulteriori blocchi ottenuti spostando il blocco omologo nel quadro precedente entro un certo intorno a passi di un numero voluto di pixel. Ciò consente di individuare il movimento dell'immagine e la sua direzione. Per ciascun blocco del quadro corrente si sceglie l'informazione temporale minima tra quelle così calcolate, che è quella che dà la migliore stima del movimento, e si scartano i blocchi con valore assoluto dell'informazione temporale inferiore ad una ulteriore soglia. Questa è la condizione che permette di riconoscere e scartare i movimenti rappresentati dagli spostamenti della telecamera, che sono in generale delle traslazioni lente, caratterizzate quindi da variazioni limitate. Anche le dimensioni dell'intorno, l'ampiezza dei passi e la soglia per l'informazione temporale costituiscono parametri impostabili dall'operatore.

Una volta individuati in questo modo i blocchi interessati dal movimento effettivo, li si ordinano in ordine di informazione temporale decrescente: essendosi fissato un certo valore $\underline{m}$ per il numero di blocchi da distorcere; l'ordinamento per informazione temporale decrescente consentirà di applicare la distorsione a quelli con informazione temporale maggiore, cioè quelli con spostamenti maggiori, qualora non sia possibile applicarla a tutti i blocchi. Infatti, in un dato quadro, si potrà distorcere un certo numero n_0 di blocchi dato dalla differenza tra il numero $\underline{m}$ di blocchi per i quali è richiesta la distorsione ed il numero m_p di blocchi già distorti per creare l'effetto di persistenza rispetto ai quadri precedenti: quindi, se il numero dei blocchi individuati con l'analisi della informazione temporale non supera n_0 , la distorsione è applicata a tutti, altrimenti è applicata solo ai

primi n_0 blocchi.

Per l'applicazione effettiva della distorsione infine, per ogni blocco da distorcere, si calcola la luminanza media entro il blocco e si sostituisce la luminanza di ciascun pixel con una media ponderata tra la luminanza media e la luminanza effettiva del pixel in esame, ottenuta applicando ai due valori rispettivi pesi che costituiscono parametri dell'algoritmo, impostabili dall'operatore. Vantaggiosamente, i pesi da attribuire alla luminanza del pixel e alla luminanza media del blocco sono uno il complemento a 1 dell'altro, e quindi è sufficiente memorizzare valori di un solo coefficiente di pesatura. Valori adatti per il coefficiente di pesatura sono compresi nell'intervallo tra 0,2 e 0,6. Il valore ottenuto con la media ponderata è poi ancora alterato con l'aggiunta di un termine casuale a valor medio nullo e valore massimo che costituisce un ulteriore parametro dell'algoritmo, impostabile dall'operatore.

Le Figure 2A, 2B schematizzano l'algoritmo descritto. In queste figure, i, j sono gli indici dei blocchi esaminati. Dato quanto precede, il diagramma è di per sé esauriente e non richiede ulteriori spiegazioni.

Per quanto riguarda la distorsione da replica di pixel, in fase di inizializzazione della prova si memorizza, per ogni immagine, un insieme di repliche (o echi) che possono essere aggiunte all'immagine stessa. Ciascuna di queste sarà individuata dalle sue coordinate, cioè dalla distanza (espressa in numero di pixel) verticale e orizzontale dal bordo dell'immagine, da un'intensità (guadagno o attenuazione) e da un periodo di persistenza. L'operatore può stabilire in fase di inizializzazione il numero di repliche da applicare. Nel caso in cui si applichino più repliche, i periodi di persistenza

saranno stabiliti in modo da evitare che in un dato quadro si abbia il cambiamento simultaneo di più di una di esse. In un esempio preferito di realizzazione, si applica una replica di date coordinate, scelta in modo casuale all'interno dell'insieme prescelto, unitamente a quella simmetrica rispetto all'immagine (ovvero, se la replica selezionata ha coordinate x_k, y_k , si applica anche la replica avente coordinate $-x_k, -y_k$). Le due repliche della coppia hanno ovviamente la stessa persistenza. Al termine del periodo di persistenza della coppia o di una coppia di repliche, le coordinate della nuova coppia o di una nuova coppia saranno scelte anch'esse in modo casuale.

L'algoritmo specificato sopra è rappresentato in dettaglio nel diagramma di flusso delle figure 3A e 3B. In questo, i è l'indice del quadro, j l'indice della replica, $p_1...p_k$ sono le persistenze delle diversi repliche; $k_1...k_n$ sono gli indici di repliche già utilizzate. Dato quanto precede, il diagramma è di per sé esauriente e non richiede ulteriori spiegazioni.

Le caratteristiche di novità offerte dall'invenzione sono rappresentate, per quanto riguarda la distorsione da blocchettatura, dal fatto che essa permette da un lato di distinguere tra movimento del soggetto e movimento della telecamera evitando di distorcere le zone, caratterizzate da traslazione rigida e lenta, nelle quali riconosce il movimento della telecamera, e dall'altro, che per l'applicazione della distorsione, dopo avere compensato il movimento della telecamera, non si considerano tutti i blocchi vicini ai bordi, ma si compie una scelta più raffinata, considerando due gruppi di blocchi, uno costituito dai blocchi con un numero di pixel di bordo compreso in un intervallo superiore ed uno dai blocchi con un numero di pixel di bordo

compreso in un intervallo inferiore. Inoltre, nell'applicazione effettiva della distorsione, i pesi attribuiti alla luminanza del pixel originale e alla luminanza media del blocco sono variabili e diversi fra loro. Per quanto riguarda la distorsione da replica di pixel, si aggiunge un numero arbitrario di repliche che possono esser poste in qualsiasi posizione, si succedono in maniera casuale e possono avere una persistenza variabile. Prove effettuate hanno dimostrato che questi innovazioni effettivamente rendono meglio percepibile da parte di un osservatore la distorsione introdotta.

Un ulteriore miglioramento della percettibilità può essere ottenuto anche per quanto riguarda il movimento a scatti; per questa distorsione, oltre a ridurre la frequenza di quadro sostituendo un certo numero di quadri con altrettante ripetizioni del quadro precedente, nel caso di immagini interallacciate si può eliminare l'alternanza dei semiquadri, sostituendo per esempio il semiquadro dispari con quello pari.

In quanto precede sono state descritte in dettaglio solo le distorsioni effettivamente interessate dall'invenzione, senza esaminarne le interazioni tra loro e con altre distorsioni eventualmente applicate. Queste interazioni risultano comunque dalla raccomandazione citata, che fornisce anche indicazioni relative all'ordine e alle modalità di applicazione delle distorsioni quando si desidera applicarne più di una.

E' evidente che quanto descritto è dato a titolo di esempio non limitativo e che varianti e modifiche possono essere introdotte senza uscire dal campo di protezione dell'invenzione. In particolare, anche se si è discussa solo l'applicazione della distorsione ai pixel di luminanza, criteri di distorsione analoghi possono essere utilizzati per la cromaticità.

Rivendicazioni

1. Procedimento per l'introduzione di distorsioni di riferimento in immagini video numerizzate, in cui in un'immagine di prova si introduce almeno una prima distorsione rappresentata da un'alterazione del valore almeno dei pixel di luminanza di blocchi di pixel posti in vicinanza di bordi dell'immagine e interessati da un movimento della stessa, e in cui per detta alterazione, in ogni quadro dell'immagine:

a) si identificano i bordi dell'immagine;

b) si selezionano aree adiacenti a detti bordi e comprendenti detti blocchi di pixel e, mediante un'analisi delle caratteristiche di movimento, si identificano tra i blocchi appartenenti a dette aree quelli potenzialmente interessati all'applicazione della distorsione;

c) si sostituisce il valore della luminanza dei pixel di ognuno dei blocchi a cui va applicata la distorsione con un valore legato alla luminanza del singolo pixel e al valore medio della luminanza nel blocco;

caratterizzato dal fatto che, per detta identificazione dei blocchi potenzialmente interessati all'applicazione della distorsione, si individuano blocchi in cui il numero di pixel appartenenti ai bordi è compreso in una fascia superiore di valori e blocchi in cui il numero di pixel appartenenti ai bordi è compreso in una fascia inferiore di valori e, per questi, si determina ad ogni quadro un indicatore di spostamento rispetto a un gruppo di blocchi corrispondenti in un quadro precedente; si confronta l'indicatore di spostamento con una prima soglia e si applica la distorsione solo a blocchi per i quali l'indicatore di spostamento non è inferiore a detta prima soglia, per escludere dalla

distorsione blocchi in cui il movimento è dovuto unicamente agli spostamenti di una telecamera di ripresa dell'immagine.

2. Procedimento secondo la riv. 1, caratterizzato dal fatto che detta alterazione del valore di luminanza comprende la sostituzione del valore di luminanza di ciascun pixel di un blocco da distorcere con una media tra il valore di luminanza originario del pixel e un valor medio di luminanza del blocco pesati con rispettivi pesi variabili, scelti in un insieme memorizzato in una fase di inizializzazione del procedimento.
3. Procedimento secondo la riv. 2, caratterizzato dal fatto che i pesi per il valore originario della luminanza di un pixel e per il valor medio della luminanza in un blocco sono differenti e complementari fra loro.
4. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che gli estremi di dette fasce superiore e inferiore per il numero di pixel appartenenti ai bordi sono scelti in rispettivi intervalli memorizzati in una fase di inizializzazione del procedimento.
5. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la distorsione viene applicata a un numero massimo di blocchi scelto in un intervallo di valori stabilito in una fase di inizializzazione del procedimento e, per ciascun blocco distorto, si fa persistere la distorsione per un certo numero di quadri successivi variabile da blocco a blocco, anch'esso stabilito in detta fase di inizializzazione del procedimento, un blocco essendo escluso dall'applicazione della distorsione per tutto il periodo di persistenza.
6. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti,

- caratterizzato dal fatto che, per il confronto con detta prima soglia, si sceglie l'indicatore di spostamento minimo per il blocco corrente.
7. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che si ordinano in ordine di valore decrescente dell'indicatore di spostamento i blocchi il cui indicatore di spostamento non è inferiore alla soglia e per i quali non è esaurito il periodo di persistenza e, se il numero di questi blocchi è superiore alla differenza tra il numero massimo di blocchi previsto e il numero di blocchi per cui non è terminato il periodo di persistenza della distorsione applicata in quadri precedenti, si applica la distorsione a quelli con indicatore di spostamento più elevato, in numero uguale a detta differenza.
 8. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui si applica, in alternativa o in aggiunta alla prima distorsione, anche una seconda distorsione, rappresentata dall'aggiunta di pixel che sono posti a una certa distanza dall'immagine e possono persistere per un certo numero di quadri, caratterizzato dal fatto che si introducono in un quadro corrente almeno una coppia di repliche, formata da una prima replica la cui distanza dall'immagine, sia lungo una coordinata verticale sia lungo una coordinata orizzontale dell'immagine, è scelta in modo casuale all'interno di un insieme di possibili distanze orizzontali e verticali stabilito in detta fase di inizializzazione del procedimento, e da una seconda replica, che è la replica simmetrica alla prima rispetto all'immagine.
 9. Procedimento secondo la riv. 8, caratterizzato dal fatto che si introduce una sola coppia di repliche.

10. Procedimento secondo la riv. 8, caratterizzato dal fatto che si introduce una pluralità di coppie di repliche ciascuna delle quali è fatta persistere per un numero di quadri che varia da coppia a coppia ed è stabilito in detta fase di inizializzazione del procedimento, in modo tale che le diverse coppie cambino in istanti diversi.
11. Procedimento secondo una delle rivendicazioni da 8 a 10, caratterizzato dal fatto che, al termine del periodo di persistenza di una coppia di repliche, le coordinate della nuova coppia di repliche da applicare ai quadri successivi sono scelte in modo casuale all'interno di detto insieme di distanze orizzontali e verticali.
12. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui si applica, in alternativa o in aggiunta alla prima e/o alla seconda distorsione, anche una terza distorsione, rappresentata da una riduzione della frequenza di quadro di un'immagine di prova realizzata replicando una o più volte uno stesso quadro, caratterizzato dal fatto che, nel caso in cui detta immagine di prova sia un'immagine interallacciata, si elimina l'alternanza dei semiquadri, replicando due volte uno stesso semiquadro.
13. Apparecchiatura per l'introduzione di distorsioni di riferimento in sequenze di immagini video numerizzate, comprendente:
 - primi mezzi di memoria (8) per la memorizzazione temporanea di quadri successivi di un'immagine da distorcere e di quadri ottenuti come risultato dell'applicazione della distorsione;
 - un'unità elaborativa (7) che ha accesso a detti primi mezzi di memoria per leggere parti di immagine, identificare aree dove introdurre una o più di dette distorsioni, modificare dette aree come richiesto dalle

specifiche distorsioni, e scrivere l'immagine modificata per l'inoltro a mezzi di visualizzazione (6);

- secondi mezzi di memoria (9) destinati a memorizzare informazioni operative necessarie per l'applicazione delle distorsioni; e
- un'unità di comando (10) per la selezione di modalità operative dell'apparecchiatura e di valori di parametri da utilizzare e per la memorizzazione delle modalità di esecuzione e dei valori dei parametri utilizzati,

caratterizzata dal fatto che detta unità elaborativa (7) è programmata in modo da introdurre in una sequenza di immagini almeno una prima distorsione, rappresentata da un'alterazione del valore almeno dei pixel di luminanza di un certo numero di blocchi di pixel posti in vicinanza di bordi dell'immagine e interessati da un movimento della stessa, con le seguenti operazioni:

- a) identificazione ad ogni quadro dei bordi dell'immagine;
- b) identificazione di blocchi di pixel aventi un numero di pixel appartenenti ai bordi compreso in un intervallo superiore di valori e di blocchi di pixel aventi un numero di pixel di bordo compreso in un intervallo inferiore di valori;
- c) calcolo, per ognuno dei blocchi di pixel identificati al punto b), dello spostamento rispetto a ogni blocco di un gruppo prestabilito di blocchi di pixel di un quadro precedente, generazione di un rispettivo indicatore di spostamento e individuazione dell'indicatore di spostamento minimo per il blocco corrente;
- d) selezione di blocchi di pixel aventi un indicatore di spostamento

minimo superiore a una soglia;

- e) ordinamento dei blocchi di pixel selezionati al passo d) per ordine di valore dell'indicatore di spostamento;
- f) calcolo di un numero massimo di blocchi a cui si può applicare la distorsione nel quadro;
- g) alterazione del valore di luminanza dei pixel di un blocco mediante sostituzione del valore originario con una media tra detto valore originario e un valore medio della luminanza nel blocco, pesati con rispettivi fattori di pesatura, e aggiunta a detta media di un valore casuale scelto in un intervallo preimpostabile attraverso detta unità di comando (10), le operazioni di alterazione essendo effettuate per tutti i blocchi selezionati al passo d), se il loro numero non supera detto numero massimo, o solo per quelli con indicatore di spostamento maggiore, in numero uguale a detto numero massimo, se il numero di blocchi selezionati al passo d) supera detto numero massimo.

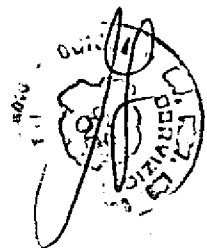
14. Apparecchiatura secondo la riv. 13, caratterizzata dal fatto che detta unità elaborativa (7) è programmata in modo da introdurre nella sequenza di immagini, in alternativa o in aggiunta alla prima distorsione, anche una seconda distorsione, rappresentata dall'aggiunta di pixel che sono posti a una distanza orizzontale e verticale dall'immagine scelta in modo casuale all'interno di un insieme prestabilito di possibili valori di distanza e possono persistere per un periodo scelto all'interno di un insieme prestabilito di possibili valori di persistenza, i pixel aggiunti comprendono almeno una coppia di pixel le cui distanze dall'immagine

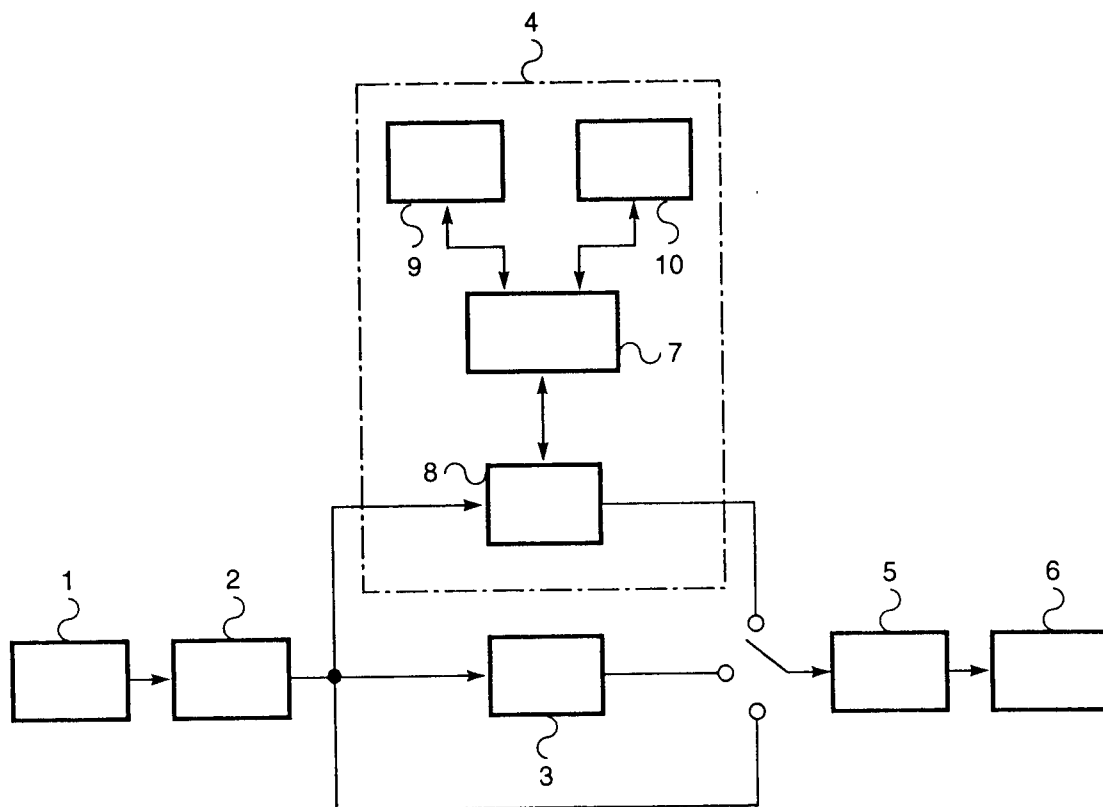


hanno lo stesso valore assoluto e segno opposto.

15. Apparecchiatura secondo la riv. 14, caratterizzata dal fatto che detta unità elaborativa (7) è programmata in modo da introdurre nella sequenza di immagini, in alternativa o in aggiunta a una o a entrambe tra la prima e la seconda distorsione, anche una terza distorsione rappresentata da una riduzione della frequenza di quadro, e da sopprimere, nel corso dell'applicazione di detta terza distorsione a immagini interallacciate, l'alternanza tra semiquadri, replicando due volte uno stesso semiquadro.

CSELT
Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni S.p.A.
Il Responsabile Proprietà Industriale





CSELT
 Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni S.p.A.
 Il Responsabile Proprietà Industriale

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

Fig. 1

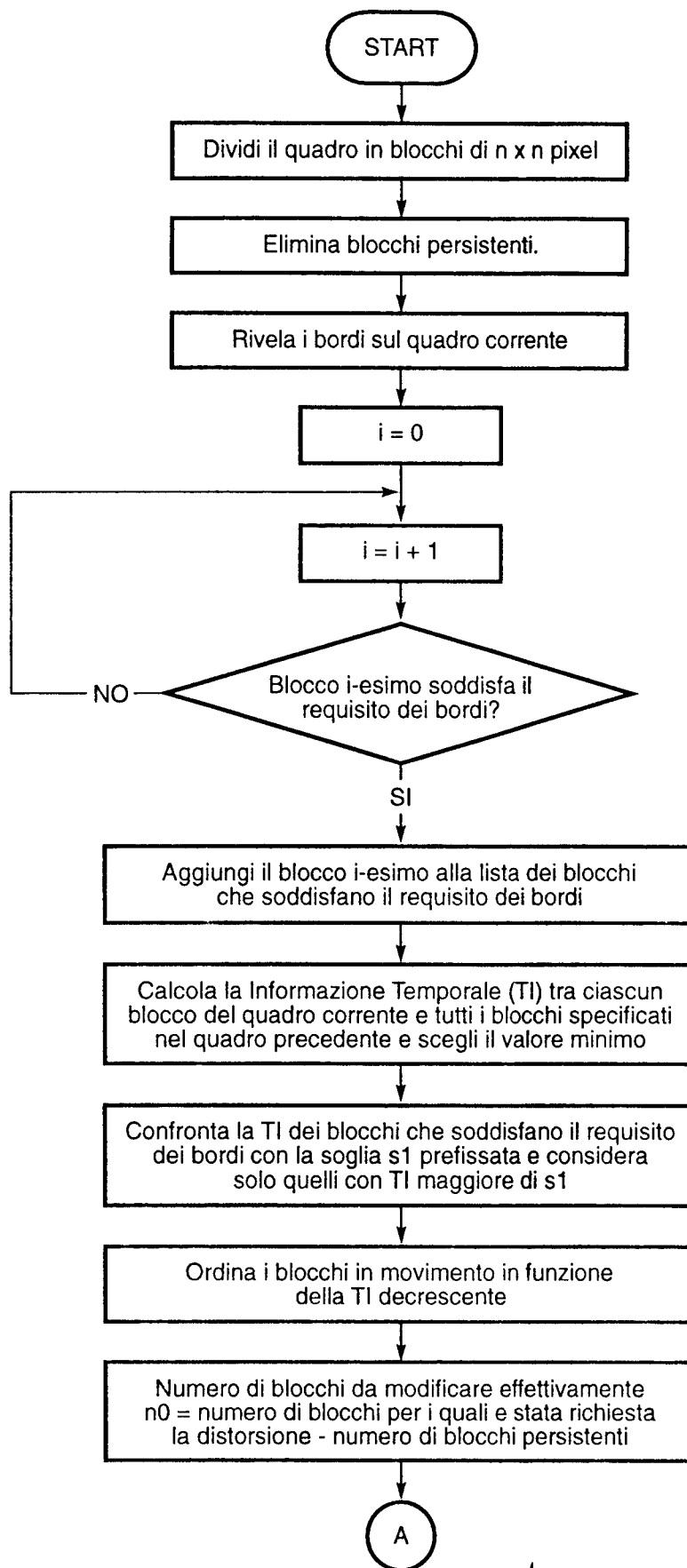


Fig. 2A

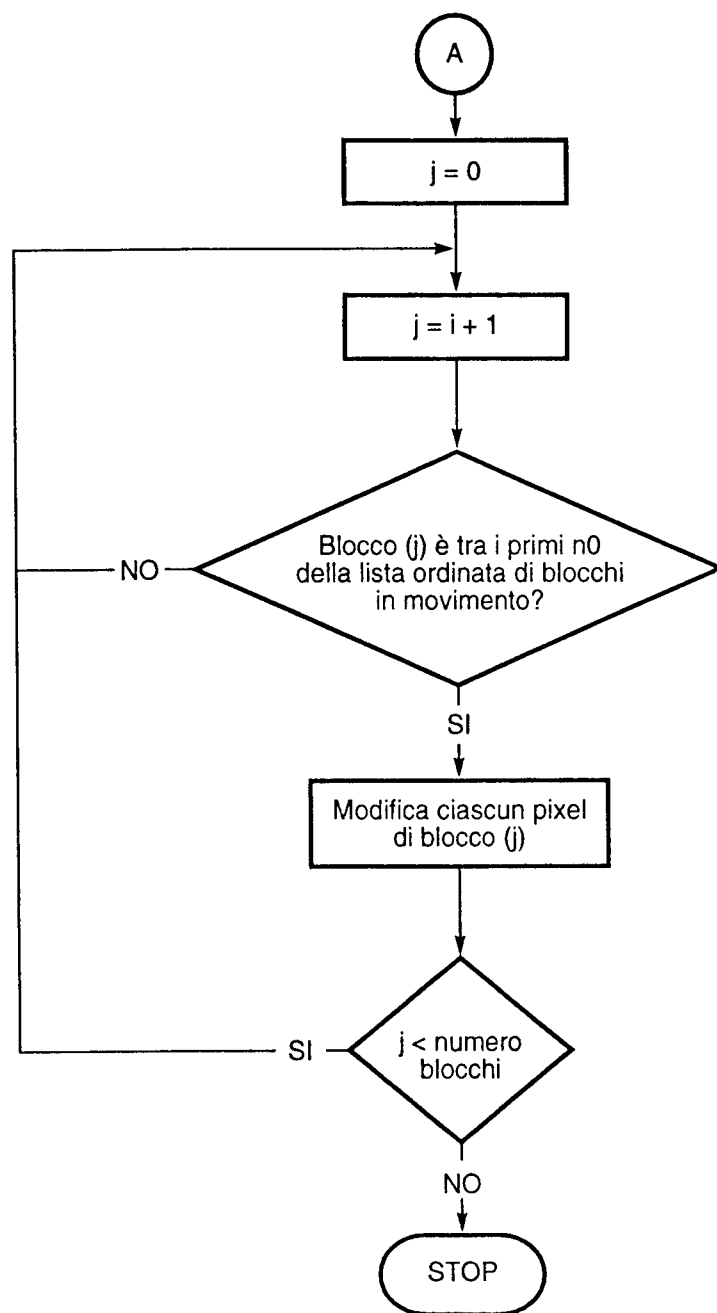


Fig. 2B



CSELT
 Centro Studi e Ricerche in Elettronica S.p.A.
 Il Responsabile Proprietà Industriale

Refinace

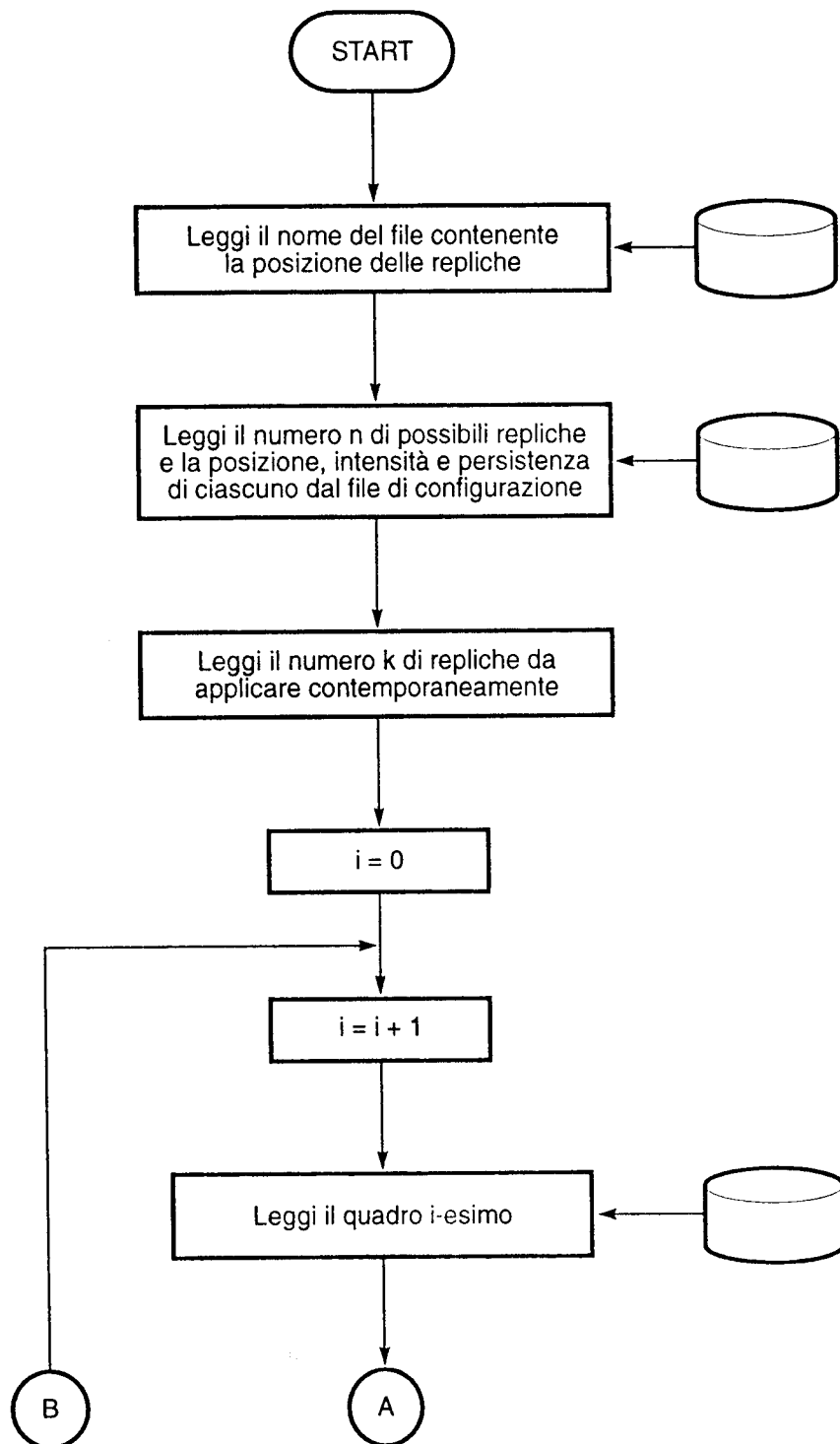


Fig. 3A

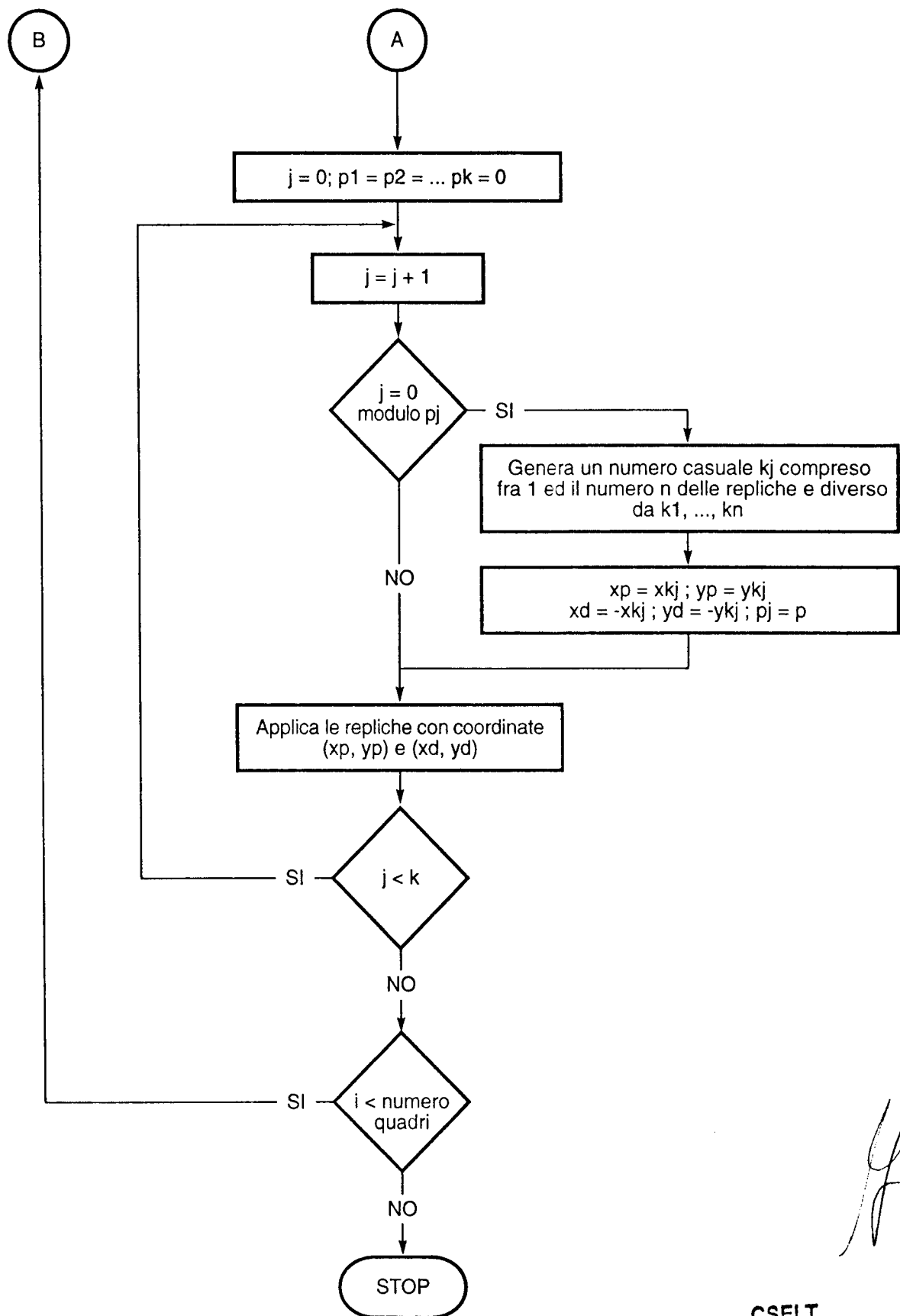


Fig. 3B