

METODO PER ISPEZIONARE AUTOMATICAMENTE UN PRODOTTO E RELATIVO SISTEMA

Original

METODO PER ISPEZIONARE AUTOMATICAMENTE UN PRODOTTO E RELATIVO SISTEMA / Vescovi, Luca; Secco, Jacopo; Corinto, Fernando. - (2021).

Availability:

This version is available at: 11583/3004353 since: 2025-10-22T09:03:58Z

Publisher:

Published

DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)



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

UIBM

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000007718
Data Deposito	29/03/2021
Data Pubblicazione	29/09/2022

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	06	K	9	46

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	06	K	9	62

Titolo

METODO PER ISPEZIONARE AUTOMATICAMENTE UN PRODOTTO E RELATIVO SISTEMA

Descrizione dell'Invenzione Industriale dal titolo:

"METODO PER ISPEZIONARE AUTOMATICAMENTE UN PRODOTTO E RELATIVO SISTEMA"

a nome di S.A.T. S.r.l. di nazionalità italiana, con sede legale in Via Galleria Polidoro 7, 43121, Parma (PR), P. IVA: 02866860345, ed elettivamente domiciliata, ai fini del presente incarico, presso i Mandatari Mirco BIANCO (No. Iscr. Albo 1639B), Filippo FERRONI (No. Iscr. Albo 530BM), Marco CAMOLESE (No. Iscr. Albo 882BM), Giancarlo REPOSIO (No. Iscr. Albo 1168BM), Corrado BORSANO (No. Iscr. Albo 446BM), Matteo BARONI (No. Iscr. Albo 1064BM), Diego BORSETTI (No. Iscr. Albo 1866B).

Inventori designati:

- Luca Vescovi, Via Calestano 124, 43035 Felino (PR);
- Jacopo Secco, Via Lagrange 24, 10123 Torino;
- Fernando Corinto, Via Matilde Serao 50, 10141 Torino.

Depositata il _____ No. _____

DESCRIZIONE

La presente invenzione riguarda un metodo per ispezionare automaticamente un prodotto, in accordo col preambolo della rivendicazione 1. In particolare, viene illustrato un metodo ed un sistema di ispezione per verificare automaticamente la presenza di corpi estranei all'interno del prodotto. Tali prodotti possono essere prodotti farmaceutici, come ad esempio sacche infusionali, oppure possono essere prodotti cosmetici o alimentari, ovvero prodotti comprendenti componenti liquide o in polvere, oppure una miscela di liquidi e polveri, contenuti in appropriati contenitori chiusi, in vetro o in plastica.

L'invenzione può essere vantaggiosamente utilizzata ad esempio in un impianto di produzione di tali prodotti, per indicare e/o scartare automaticamente quei prodotti contenenti

corpi estranei come ad esempio frammenti di vetro, di gomma, di plastica, insetti oppure inomogeneità del prodotto dovute ad esempio ad abbondante presenza di aria nel prodotto stesso.

Ad oggi, la tecnica più comunemente usata per riconoscere la presenza di corpi estranei all'interno di un liquido, chiuso all'interno di un contenitore, è quella di mettere in movimento il contenitore stesso seguendo traiettorie, tempi e velocità opportunamente calibrati. Conseguentemente, il liquido nel contenitore si mette in movimento insieme ad eventuali corpi estranei in sospensione nel liquido stesso. Una volta arrestato il prodotto, il liquido si mantiene per un certo tempo in movimento all'interno del contenitore: durante questo intervallo di tempo il prodotto viene osservato, in modo da identificare la presenza di eventuali corpi estranei o difetti nella distribuzione del liquido stesso. Questa tecnica è impiegata sia per l'ispezione manuale che per l'ispezione automatica. Per tale tecnica di ispezione, è fondamentale una adeguata illuminazione del prodotto durante il tempo di ispezione del prodotto stesso, ad esempio mediante luce visibile.

Allo stato attuale sono ben pochi i prodotti per i quali l'ispezione automatica non ha ancora portato a risultati accettabili: tra questi vi sono ad esempio le sacche per uso infusionale che necessitano di un livello molto elevato di assenza di particelle o corpi estranei. Per questa tipologia di prodotti le difficoltà intrinseche alla gestione delle immagini non sono ancora state superate in modo affidabile e tale da garantire, in produzione reale, effettivi vantaggi rispetto all'ispezione manuale attualmente effettuata da operatori qualificati.

I sistemi di ispezione noti allo stato della tecnica presentano una serie di inconvenienti qui di seguito illustrati.

Un primo inconveniente è legato ad una bassa capacità di distinguere elementi caratteristici di tali prodotti come ad esempio pieghe dei contenitori, bolle d'aria, scritte e/o ombre presenti sulla superficie dei prodotti stessi. Ad esempio, i prodotti come le sacche infusionali presentano contenitori caratterizzati dalla presenza di numerose ed estese aree contenenti scritte e segni grafici di utilità per un utilizzatore finale.

Un secondo inconveniente è legato ad un alto numero di falsi positivi, ovvero di identificare come difetti le caratteristiche di tali prodotti. Ciò comporta un incremento delle perdite di produzione di tali prodotti erroneamente ritenuti difettosi.

Un ulteriore inconveniente è legato alla presenza di zone a bassa, ridotta o nulla trasparenza dei contenitori plastici dei prodotti quali, ad esempio, le sacche infusionali. Ciò riduce progressivamente la capacità di osservare il contenuto di tali prodotti attraverso la superficie stessa. Ad esempio, un eventuale corpo estraneo potrebbe essere nascosto da una porzione di bassa o nulla trasparenza del prodotto; conseguentemente tale corpo estraneo potrebbe non essere individuato e quindi il prodotto sarebbe giudicato erroneamente idoneo all'utilizzo.

Scopo della presente invenzione è pertanto quello di risolvere questi ed altri problemi dell'arte nota, in particolare di indicare un metodo ed un sistema di ispezione per ispezionare automaticamente un prodotto, come ad esempio una sacca infusionale, che permettano di distinguere in modo netto tra le caratteristiche del prodotto ed eventuali corpi estranei contenuti nel prodotto stesso.

Un altro scopo della presente invenzione è quello di indicare un metodo ed un sistema di ispezione per ispezionare automaticamente un prodotto, come ad esempio una sacca

infusionale, che consentano di ridurre drasticamente il numero di falsi positivi, mantenendo la massima capacità di riconoscere eventuali corpi estranei presenti nel prodotto stesso.

Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di indicare un metodo ed un sistema di ispezione per ispezionare automaticamente un prodotto, come ad esempio una sacca infusionale, che permettano di classificare le tipologie di corpi estranei eventualmente presenti nel prodotto, in modo da mantenere memoria delle caratteristiche di tali corpi estranei per futuri riconoscimenti, al fine di individuarne con maggiore facilità le cause che ne portano alla presenza all'interno dei processi produttivi.

In sintesi, l'invenzione descritta consiste in un metodo ed un sistema di ispezione per ispezionare automaticamente un prodotto mediante una analisi delle immagini acquisite in tempo reale del prodotto stesso. Tale analisi comprende l'utilizzo di una rete neurale opportunamente addestrata.

Ulteriori caratteristiche vantaggiose della presente invenzione sono oggetto delle unite rivendicazioni che formano parte integrante della presente descrizione.

L'invenzione verrà di seguito descritta dettagliatamente attraverso esempi di realizzazione non limitanti con particolare riferimento alle figure allegate, in cui:

- la Figura 1 rappresenta schematicamente un esempio di sistema di ispezione per ispezionare automaticamente un prodotto, secondo una forma di realizzazione della presente invenzione;
- la Figura 2 rappresenta uno schema a blocchi esemplificativo di una unità di controllo del sistema di ispezione mostrato in Figura 1;
- la Figura 3 rappresenta un diagramma di flusso esemplificativo di un metodo per ispezionare automaticamente

- un prodotto in riferimento al sistema di ispezione mostrato in Figura 1;
- la Figura 4 esemplifica schematicamente una fase del metodo per ispezionare automaticamente un prodotto in riferimento al diagramma di flusso di Figura 3;
 - la Figura 5 rappresenta un diagramma di flusso esemplificativo del processo di addestramento di una rete neurale, secondo la forma di realizzazione della presente invenzione.

Con riferimento alla Figura 1, viene rappresentato schematicamente un sistema di ispezione 100 per ispezionare automaticamente un prodotto 135, al fine di rilevare la presenza di corpi estranei all'interno del prodotto 135 stesso. Tale prodotto 135 può comprendere componenti liquide o in polvere, oppure una miscela di liquidi e polveri, contenute in un contenitore chiuso, ad esempio in vetro o in plastica. Il prodotto 135 può essere un prodotto alimentare, cosmetico o farmaceutico, come ad esempio una sacca infusionale.

Detto sistema 100 comprende ad esempio una unità di produzione 160, una prima unità di stoccaggio 171, una seconda unità di stoccaggio 172, mezzi trasportatori 150, mezzi di movimentazione 120, mezzi di acquisizione di immagine 110, una unità di controllo 200 ed una unità di scarto 175 per scartare almeno un prodotto 135 comprendente uno o più corpi estranei.

L'unità di produzione 160 è atta a produrre almeno un prodotto 135, come ad esempio una sacca infusionale. L'unità di produzione 160 può comprendere mezzi attuatori atti a realizzare processi di lavorazione quali ad esempio lavaggio e riempimento di contenitori in plastica, in modo da realizzare il prodotto 135. Durante questi processi di lavorazione, corpi estranei come ad esempio frammenti di plastica, ad esempio generati da contenitori erroneamente distrutti, possono essere pericolosamente contenuti in almeno un prodotto 135. L'unità

di produzione 160 può comprendere mezzi attuatori per movimentare in uscita almeno un prodotto 135; i mezzi attuatori possono comprendere servomeccanismi azionati da motori elettrici e/o sistemi idraulici.

La prima unità di stoccaggio 171 è atta ad immagazzinare almeno un prodotto 135 non ancora ispezionato in accordo alla presente invenzione, ovvero per tale prodotto 135 non è possibile escludere a priori la presenza di almeno un corpo estraneo al suo interno. La prima unità di stoccaggio 171 e detta unità produzione 160 possono essere operativamente connesse in modo tale che almeno un prodotto 135 possa essere movimentato dall'unità di produzione 160 alla prima unità di stoccaggio 171. La prima unità di stoccaggio 171 può comprendere mezzi attuatori per movimentare in uscita almeno un prodotto 135; i mezzi attuatori possono comprendere servomeccanismi azionati da motori elettrici e/o sistemi idraulici.

La seconda unità di stoccaggio 172 è atta ad immagazzinare almeno un prodotto 135 ispezionato in accordo alla presente invenzione. La seconda unità di stoccaggio 172 può comprendere mezzi attuatori per movimentare in ingresso almeno un prodotto 135, per il quale è stata verificata l'assenza di corpi estranei; i mezzi attuatori possono comprendere servomeccanismi azionati da motori elettrici e/o sistemi idraulici.

I mezzi trasportatori 150 sono atti a trasportare almeno un prodotto 135 dalla prima unità di stoccaggio 171 alla seconda unità di stoccaggio 172. I mezzi trasportatori 150 sono operativamente connessi ai mezzi di movimentazione 120, in modo tale che il prodotto 135 possa essere posizionato dai mezzi trasportatori 150 ai mezzi di movimentazione 120 e viceversa. I mezzi trasportatori 150 possono ad esempio comprendere, singolarmente o in combinazione: 1) bracci

robotici forniti di pinze, di ventose e così via; 2) sistemi manuali di posizionamento e di trasporto del prodotto 135, anche forniti di ausili di protezione o atti ad aumentare la presa dell'utente sul prodotto 135; 3) nastri trasportatori meccanici automatici, semi-automatici o manuali che possono comprendere ad esempio cinghie, catene e così via, ad esempio realizzate in gomma e/o metallo. I mezzi trasportatori 150 possono comprendere servomeccanismi azionati da motori elettrici e/o sistemi idraulici.

I mezzi di movimentazione 120 sono atti a movimentare, in particolare ad accelerare, il prodotto 135 in modo da imprimere un certo quantitativo di energia cinetica al prodotto 135 stesso e conseguentemente anche al liquido in esso contenuto. Ciò comporta la movimentazione di eventuali corpi estranei in sospensione nel liquido contenuto nel prodotto 135, relativamente al contenitore del prodotto 135 stesso, evitando così fenomeni di adesione degli eventuali corpi estranei con le pareti interne del contenitore del prodotto 135. I mezzi di movimentazione 120 possono comprendere centrifughe, scivoli, carrelli, servomeccanismi e così via azionati da motori elettrici e/o sistemi idraulici, in modo tale che la movimentazione imposta al prodotto 135 sia effettuata senza compromettere la qualità delle immagini acquisite dai mezzi di acquisizione di immagine 110.

I mezzi di acquisizione di immagine 110 sono atti ad acquisire almeno tre immagini 410, 415, 420 (si veda Figura 4) di detto prodotto 135 successivamente alla movimentazione impressa dai mezzi di movimentazione 120. Tali immagini 410, 415, 420 sono acquisite in tempi diversi. I mezzi di acquisizione di immagine 110 possono comprendere sistemi di raccolta di immagini digitali di vario tipo corredati con sistemi di illuminazione appositamente progettati al fine di evidenziare il più possibile gli eventuali corpi estranei

presenti nel prodotto 135. Ciascuno dei sistemi di raccolta immagini può comprendere un sistema di messa a fuoco, automatico o manuale, opportunamente configurato per realizzare la presente invenzione.

I mezzi di acquisizione di immagine 110 possono ad esempio comprendere, singolarmente o in combinazione: 1) apparati fotografici digitali agenti nel campo delle onde luminose visibili: questi possono ad esempio essere implementati sia per effettuare fotografie in bianco e nero, sia in toni di grigio, sia a colori e possono implementare metodologie automatiche, semi-automatiche o manuali per la corretta impostazione dell'esposizione e del diaframma degli apparati fotografici; 2) mezzi per la termografia digitale; 3) mezzi per la raccolta di immagini a raggi X; 4) mezzi fotografici digitali agenti nel campo delle onde nell'infrarosso e/o nell'ultravioletto.

La configurazione dei mezzi di acquisizione di immagine 110, per ogni tipologia di immagine, può essere determinata in base alle condizioni ambientali in cui tali immagini sono acquisite. Inoltre, l'illuminazione del prodotto 135, l'intensità dell'illuminazione del prodotto 135 e l'irradiazione del prodotto 135 con diverse tipologie di onde elettromagnetiche possono essere effettuate ed impostate in base alle caratteristiche del prodotto 135 da ispezionare, ovvero in base alle caratteristiche del contenitore e/o del liquido costituenti il prodotto 135 stesso.

I dati relativi alle immagini 410, 415, 420 del prodotto 135 possono essere codificati mediante un formato compresso, come ad esempio il formato JPEG e così via o alternativamente possono essere codificati in formato non compresso, come ad esempio il formato BITMAP, il formato PNG e così via.

L'unità di controllo 200 è atta a controllare il sistema di ispezione 100, secondo una forma di realizzazione della

presente invenzione che verrà descritta in dettaglio in riferimento alla Figura 2. L'unità di controllo 200 può essere operativamente connessa ai mezzi di movimentazione 120, ai mezzi di acquisizione di immagine 110 ed ai mezzi trasportatori 150. Ad esempio l'unità di controllo 200 può operare in modo tale da far transitare almeno un prodotto 135 dai mezzi trasportatori 150 ai mezzi di movimentazione 120, che movimentano il prodotto 135, ad esempio lo accelerano per un intervallo di tempo di movimentazione TA predefinito; successivamente l'unità di controllo 200 può attivare i mezzi di acquisizione di immagine 110, che acquisiscono le immagini del prodotto 135 dopo essere stato movimentato, in particolare accelerato, ad esempio in una regione di ispezione R opportunamente configurata all'interno dei mezzi di movimentazione 120, ed infine può attivare i mezzi trasportatori 150 che prelevano il prodotto 135 dai mezzi di movimentazione 120.

L'unità di scarto 175 è atta a scartare almeno un prodotto 135, contenente uno o più corpi estranei, in movimento lungo i mezzi trasportatori 150. L'unità di scarto 175 è posta a valle dei mezzi di acquisizione di immagine 110 e può essere posta a monte della seconda unità di stoccaggio 172. L'unità di scarto 175 può comprendere mezzi di segnalazione per indicare il rilevamento di almeno un corpo estraneo nel prodotto 135, come ad esempio dispositivi di segnalazione acustici e/o visivi, mezzi attuatori per convogliare in una zona di scarico, non mostrata in Figura 1, almeno un prodotto 135 per il quale è stata verificata la presenza di almeno un corpo estraneo al suo interno; i mezzi attuatori possono comprendere servomeccanismi azionati da motori elettrici e/o sistemi idraulici.

Tuttavia, l'unità di produzione 160 potrebbe anche non essere presente in detto sistema 100: ciò si verifica nel caso

in cui i prodotti 135 contenuti nella prima unità di stoccaggio 171 siano stati prodotti in una sede diversa da quella in cui viene utilizzato il sistema 100 qui descritto.

La Figura 2 rappresenta uno schema a blocchi esemplificativo dell'unità controllo 200, in riferimento al sistema 100 di Figura 1. Detta unità di controllo 200 può comprendere mezzi di interfaccia 220, mezzi di comunicazione 230, mezzi di memorizzazione 240 e mezzi di elaborazione 250 che possono essere operativamente interconnessi tra loro attraverso un bus di comunicazione 201.

I mezzi di interfaccia 220 sono atti a gestire almeno i mezzi di movimentazione 120, i mezzi di acquisizione di immagine 110 ed i mezzi trasportatori 150. I mezzi di interfaccia 220 possono ad esempio comprendere apparati elettronici per comandare i servomeccanismi azionati dai motori elettrici e/o dai sistemi idraulici compresi nei mezzi di movimentazione 120, nei mezzi di acquisizione di immagine 110 e nei mezzi trasportatori 150. I mezzi di interfaccia 220 possono comprendere ad esempio mezzi sensori come ad esempio accelerometri, fotocellule, sensori RFID, videocamere e così via, per rilevare la presenza del prodotto 135 nella regione di ispezione R.

I mezzi di comunicazione 230 sono atti ad emettere in uscita dal sistema di ispezione 100 informazioni ottenute col metodo per ispezionare automaticamente il prodotto 135, oggetto della presente invenzione, come ad esempio descritto successivamente in riferimento al diagramma di flusso di Figura 3. I mezzi di comunicazione 230 possono ad esempio comprendere una unità di comunicazione atta a comunicare con un sistema di gestione e/o un server remoto. Detta unità di comunicazione può ad esempio comprendere una interfaccia ETHERNET, una interfaccia WiFi, una interfaccia GSM, UMTS, LTE, 5G e così via. L'unità di comunicazione può realizzare una connessione

ad un apparato esterno per la gestione o il monitoraggio del sistema di ispezione 100, come ad esempio un elaboratore, uno smartphone, un tablet e così via. I mezzi di comunicazione 230 possono consentire ad un utente di interagire con il sistema di ispezione 100. Ad esempio, i mezzi di comunicazione 230 possono comprendere mezzi di output e di input, come ad esempio un display ed una tastiera alfanumerica rispettivamente, o alternativamente un display touchscreen in cui viene visualizzata una tastiera alfanumerica e simboli interattivi. In un'altra forma di realizzazione dell'invenzione, i mezzi di comunicazione 230 possono comprendere una porta di comunicazione con un terminale esterno al sistema di ispezione 100, come ad esempio una interfaccia RS232, USB e così via. Il terminale esterno al sistema di ispezione 100 può essere ad esempio uno smartphone controllato dall'utente.

I mezzi di memorizzazione 240 consentono di memorizzare le informazioni in ingresso e/o in uscita del sistema di ispezione 100 e le istruzioni che implementano la presente forma di realizzazione dell'invenzione. I mezzi di memorizzazione 240 possono comprendere ad esempio una memoria a stato solido di tipo flash. Le informazioni possono comprendere un insieme di valori e/o parametri utili per l'attuazione del metodo per ispezionare automaticamente il prodotto 135, oggetto della presente invenzione, come ad esempio lo stato di operatività dei mezzi di movimentazione 120, le immagini acquisite dai mezzi di acquisizione di immagine 110 e/o valori di svariate grandezze fisiche, come ad esempio valori di velocità e/o accelerazione del prodotto 135, intensità della luce incidente sul prodotto 135 e così via. Tali informazioni possono inoltre comprendere un insieme dei parametri caratterizzanti una rete neurale opportunamente addestrata per il riconoscimento di eventuali corpi estranei all'interno del prodotto 135. Tale rete neurale può ad esempio

comprendere ventiquattro strati convoluzionali di nodi computazionali, denominati neuroni, susseguiti da due strati di neuroni localmente connessi. Gli ultimi quattro strati convoluzionali, seguiti dai due strati localmente connessi, sono utili per addestrare la rete neurale al rilevamento di oggetti. Questa architettura permette di effettuare il riconoscimento di oggetti di varie forme a partire da immagini digitali. Le istruzioni memorizzate nei mezzi di memorizzazione 240 saranno descritte in dettaglio successivamente, in riferimento al diagramma di flusso di Figura 3 e di Figura 5.

I mezzi di elaborazione 250 processano le informazioni e le istruzioni immagazzinate nei mezzi di memorizzazione 240 e/o ricevute da detti mezzi di interfaccia 220 e detti mezzi di comunicazione 230 e possono comprendere ad esempio un processore di tipo ARM, un microcontrollore di tipo Arduino, un processore con architettura x86, x64 e così via.

Con riferimento alla Figura 3, viene descritto un metodo esemplificativo per ispezionare automaticamente il prodotto 135, in riferimento al sistema di ispezione 100 mostrato in Figura 1.

Al passo 300, viene realizzata una fase di inizializzazione del sistema di ispezione 100, che consente la messa in opera dello stesso. In questo passo, ad esempio, l'unità di controllo 200 verifica lo stato di operatività degli elementi del sistema di ispezione 100, come ad esempio dette unità di produzione 160, prima unità di stoccaggio 171, seconda unità di stoccaggio 172, mezzi trasportatori 150, mezzi di movimentazione 120, mezzi di acquisizione di immagine 110, l'unità di scarto 175 e così via. Durante questa fase l'unità di controllo 200 attiva i mezzi trasportatori 150 che trasportano il prodotto 135 dalla prima unità di stoccaggio 171 ai mezzi di movimentazione 120.

Al passo 310, viene realizzata una fase di movimentazione del prodotto 135. In questo passo, ad esempio, l'unità di controllo 200 comanda i mezzi trasportatori 150 in modo tale da posizionare il prodotto 135 nei mezzi di movimentazione 120. Durante questa fase, il prodotto 135 viene movimentato, in particolare accelerato, mediante i mezzi di movimentazione 120 per l'intervallo di tempo di movimentazione TA predefinito, ad esempio in base alle caratteristiche del prodotto 135 stesso. Durante questa fase, un certo quantitativo di energia cinetica viene impressa al prodotto 135 e conseguentemente anche al liquido in esso contenuto. Ciò comporta la movimentazione di eventuali corpi estranei in sospensione nel liquido contenuto nel prodotto 135, relativamente al contenitore del prodotto 135 stesso, evitando così fenomeni di adesione degli eventuali corpi estranei con le pareti interne del contenitore del prodotto 135. Al termine dell'intervallo di tempo di movimentazione TA, il prodotto 135 viene arrestato nella regione di ispezione R opportunamente configurata all'interno dei mezzi di movimentazione 120.

Al passo 320 viene realizzata una fase di acquisizione, in cui i mezzi di acquisizione di immagine 110 acquisiscono almeno tre immagini 410, 415, 420 del prodotto 135, arrestato nella regione di ispezione R, successivamente alla fase di movimentazione. Una volta arrestato il prodotto 135 nella regione di ispezione R, il liquido del prodotto 135 si mantiene in movimento per inerzia all'interno del contenitore del prodotto 135, per un intervallo di tempo di ispezione TI predefinito, ad esempio in base alle caratteristiche del prodotto 135 stesso. Durante tale intervallo di tempo di ispezione TI, tali almeno tre immagini 410, 415, 420 del prodotto 135 sono acquisite in tempi diversi: ciò consente vantaggiosamente di osservare il prodotto 135 in modo da identificare la presenza di eventuali corpi estranei o difetti

nella distribuzione del liquido contenuto nel prodotto 135 stesso. Successivamente a tale intervallo di tempo di ispezione TI, i mezzi trasportatori 150 prelevano il prodotto 135 dalla regione di ispezione R e trasportano il prodotto 135 verso l'unità di scarto 175.

Al passo 330, viene realizzata una fase di processamento di immagini. Durante questa fase, l'unità di controllo 200 genera almeno una immagine processata da dette almeno tre immagini 410, 415, 420 del prodotto 135 acquisite al passo 320. Questa fase comprende:

- una fase di riconoscimento di bordi, in cui l'unità di controllo 200 genera prime maschere 410a, 415a, 420a (si veda Figura 4) rappresentanti bordi di ciascuna delle almeno tre immagini 410, 415, 420 rispettivamente;
- una fase di sottrazione di immagini, in cui l'unità di controllo 200 genera almeno una seconda maschera 410b sottraendo dette prime maschere 410a, 415a, 420a secondo uno schema predefinito;
- una fase di sovrapposizione in cui l'unità di controllo 200 genera detta almeno una immagine processata sovrapponendo detta almeno una seconda maschera 410b ad almeno una di dette almeno tre immagini 410a, 415a, 420a.

In particolare, con riferimento alla Figura 4, durante la fase di riconoscimento di bordi ad ogni immagine acquisita 410, 415, 420 viene applicato un filtro di riconoscimento dei bordi FB degli oggetti catturati nelle immagini 410, 415, 420 ottenendo per ciascuna immagine 410, 415, 420 la corrispondente prima maschera 410a, 415a, 420a. Si noti che ogni prima maschera 410a, 415a, 420a è realizzabile con una immagine digitale delle stesse dimensioni dell'immagine acquisita 410, 415, 420 in cui ciascun pixel può essere rappresentato, ad esempio, in scala di grigio utilizzando otto bit (256 valori).

Tali immagini possono essere registrate nei mezzi di memorizzazione 240 dell'unità controllo 200.

In una forma di realizzazione dell'invenzione, il filtro di riconoscimento dei bordi FB può essere un filtro di Sobel di dimensioni 3x3 con matrice caratteristica $\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$. Tale filtro viene applicato lungo una prima direzione (direzione verticale) dell'immagine acquisita 410, 415, 420 e successivamente viene applicato lungo una seconda direzione (direzione orizzontale) dell'immagine acquisita 410, 415, 420. Le immagini risultanti dei due filtraggi vengono sommate l'una con l'altra per ottenere un filtraggio di Sobel completo per ciascuna immagine acquisita 410, 415, 420, ottenendo le prime maschere 410a, 415a, 420a rispettivamente per ciascuna immagine acquisita 410, 415, 420. Alternativamente, possono essere utilizzati altri tipi di filtro di riconoscimento dei bordi FB come, ad esempio, un filtro di Laplace, un filtro LoG, un filtro DoG e così via.

In aggiunta, successivamente alla fase di riconoscimento di bordi, dette prime maschere 410a, 415a, 420a possono essere discretizzate a due valori (binarizzate) in base ad un primo valore di soglia predefinito. Il primo valore di soglia può essere determinato, ad esempio, dall'utente che può stabilire un valore tale per cui i bordi degli oggetti che si vogliono riconoscere siano visibili, mentre gli altri vengano eliminati.

Ad esempio, tale primo valore di soglia può essere il valore 128. Ogni pixel di ciascuna prima maschera 410a, 415a, 420a avente un valore sopra il primo valore di soglia (esempio 128), viene impostato con l'intensità massima (bianco "255" o valore binario "1") altrimenti viene impostato con un valore di intensità minima (nero "0" o valore binario "0"). In questo modo le prime maschere 410a, 415a, 420a possono comprendere valori binari ottenuti in base al primo valore di soglia

predefinito.

In aggiunta, successivamente alla discretizzazione a due valori delle prime maschere 410a, 415a, 420a, i bordi in dette prime maschere 410a, 415a, 420a possono essere espansi secondo un numero di pixel predefinito, ovvero viene applicato un filtro di espansione alle prime maschere 410a, 415a, 420a (non mostrato in Figura 4). Ad esempio, ogni pixel bianco di ciascuna prima maschera 410a, 415a, 420a viene ingrandito in tutte le direzioni di un numero di pixel prefissato. L'entità dell'espansione può dipendere dalle caratteristiche dell'immagine acquisita 410, 415, 420.

Con riferimento alla Figura 4, durante la fase di sottrazione di immagini, l'unità di controllo 200 genera due seconde maschere 410b, 415b sottraendo dette prime maschere 410a, 415a, 420a secondo uno schema predefinito. In particolare, lo schema mostrato in Figura 4 seleziona successive coppie di prime maschere (410a, 415a), (415a, 420a) in cui, per ciascuna coppia, la seconda prima maschera 415a, 420a è sottratta dalla prima 410a, 415a e così via. In questo modo, l'unità di controllo 200 può generare almeno una seconda maschera 410b da dette prime maschere 410a, 415a, 420a. Si noti che ogni seconda maschera 410b, 415b è realizzabile con una immagine digitale delle stesse dimensioni dell'immagine acquisita 410, 415, 420 in cui ciascun pixel può essere rappresentato, ad esempio, in scala di grigio utilizzando otto bit (256 valori). Tali immagini possono essere registrate nei mezzi di memorizzazione 240 dell'unità controllo 200.

In aggiunta, successivamente alla fase di sottrazione di immagini, le seconde maschere 410b, 415b possono essere discretizzate a due valori (binarizzate) in base ad un secondo valore di soglia predefinito. Il secondo valore di soglia può essere determinato, ad esempio, dall'utente che può stabilire un valore tale per cui i bordi degli oggetti che si vogliono

riconoscere siano visibili, mentre gli altri vengano eliminati, il secondo valore di soglia può essere 141. Ad esempio, ogni pixel di ciascuna seconda maschera 410b, 415b avente un valore superiore al secondo valore di soglia (esempio 141) viene impostato con l'intensità massima (bianco "255" o valore binario "1"), altrimenti viene impostato con un valore di intensità minima (nero "0" o valore binario "0"). In questo modo le seconde maschere 410b, 415b possono comprendere valori binari ottenuti in base al secondo valore di soglia predefinito.

Durante la fase di sovrapposizione, l'unità di controllo 200 genera almeno una immagine processata sovrapponendo almeno una seconda maschera 410b ad almeno una di dette almeno tre immagini 410, 415, 420. Ad esempio, durante questa fase le seconde maschere 410b, 415b sono cambiate di colore, considerando colori diversi da nero e da bianco, e viene aggiunto in maniera digitale un grado di trasparenza predefinito alle seconde maschere 410b, 415b. Successivamente tali seconde maschere 410b, 415b così modificate sono sovrapposte direttamente alle immagini originali (pixel per pixel), ad esempio la seconda maschera 410b così modificata viene sovrapposta all'immagine acquisita 410, mentre la seconda maschera 415b così modificata viene sovrapposta all'immagine acquisita 415 e così via considerando più immagini. La risultante della sovrapposizione della seconda maschera all'immagine acquisita è una immagine processata che contiene vantaggiosamente sia le informazioni dell'immagine originale ottenuta durante la prima scansione del prodotto 135 sia le informazioni riguardanti gli spostamenti dei corpi estranei 401 all'intero del prodotto 135. Ciò consente vantaggiosamente una efficace identificazione di corpi estranei 401 all'intero del prodotto 135, come meglio specificato al passo successivo.

Al passo 340, viene realizzata una fase di identificazione, in cui l'unità di controllo 200 determina la presenza di almeno un corpo estraneo 401 all'interno del prodotto 135, mediante una analisi di detta almeno una immagine processata, detta analisi essendo effettuata con una rete neurale precedentemente addestrata.

La rete neurale sviluppata consiste di 24 strati convoluzionali di nodi computazionali (detti neuroni) susseguiti da 2 strati di neuroni localmente connessi. Ciascuno degli strati di neuroni ha dimensioni uguali a quelle delle immagini analizzate (tale per cui ad ogni neurone corrisponda un pixel dell'immagine). Durante questa fase, l'unità di controllo 200 può segmentare l'immagine processata secondo uno schema predefinito. Ad esempio, l'immagine processata viene suddivisa in un numero definito di sottoinsiemi, detti anche bounding-boxes. Per ciascuna di dette bounding-boxes vengono estratte delle caratteristiche (dette *features*) che descrivono la similarità o la differenza di ciascuna bounding-box con tutte le altre. Le similarità sono basate su informazioni di colore degli oggetti riconosciuti rispetto ai colori di altri oggetti dell'immagine (non riconosciuti). Indici colorimetrici sono definiti in RGB per le immagini digitali a colori, o in bit di toni di grigio per le immagini in toni di grigio. Ad esempio, l'immagine processata può essere segmentata secondo una griglia quadrata con $S \times S$ celle. Se il centro di un oggetto cade in una cella della griglia, quella cella della bounding box è responsabile del rilevamento dell'oggetto ed essa viene analizzata. Per ogni bounding box vengono memorizzati cinque valori: le coordinate del punto rappresentante l'angolo in basso a sinistra, l'altezza e la larghezza (in pixel della bounding box) e il suo punteggio di fiducia. Quest'ultimo viene calcolato come $Pr(\text{Oggetto}) + IOU$, dove $Pr(\text{Oggetto})$ rappresenta la probabilità che quanto

riportato nella bounding box sia l'oggetto (calcolato come numero di pixel con tonalità di colore simile agli oggetti usati in addestramento) sul numero di pixel totali, mentre la IOU (detta anche "intersection over union") è calcolata come la differenza di dimensioni della bounding box rispetto agli oggetti dati in addestramento alla rete.

Il punteggio di fiducia avrà valore 1 se l'oggetto è stato riconosciuto come appartenente all'insieme di oggetti da riconoscere da parte della rete, in caso contrario il valore sarà zero. Il dato viene calcolato per ogni strato della rete e per ciascuno di essi questo deve essere pari a 1. In questo modo la rete neurale può identificare nell'immagine processata la presenza di eventuali corpi estranei 401 all'interno del prodotto 135. Ad esempio, la rete neurale può generare in uscita un valore binario in cui "0" indica assenza di corpo estraneo mentre "1" indica presenza di corpo estraneo.

Al passo 345, l'unità di controllo 200 verifica se il prodotto 135 contiene almeno un corpo estraneo al suo interno. A tal fine, ad esempio, l'unità di controllo 200 verifica il valore binario in uscita dalla rete neurale. In caso affermativo l'unità di controllo 200 esegue il passo 350, altrimenti esegue il passo 360.

Al passo 350, l'unità di controllo 200 genera informazioni di segnalazione, ad esempio mediante detti mezzi di comunicazione 230. Ad esempio, le informazioni di segnalazione possono essere visualizzate da uno schermo in modo tale che l'utente possa monitorare in tempo reale la presenza di uno o più corpi estranei in uno o più prodotti 135. Tali informazioni di segnalazione possono attivare i mezzi attuatori dell'unità di scarto 175 in modo da scartare i prodotti 135 comprendenti almeno un corpo estraneo.

I prodotti 135 possono essere scartati, ad esempio mediante un pistone pneumatico in modo da far cadere in un

vano di raccolta i prodotti 135 scartati. Tali informazioni di segnalazione possono essere inviate ad un sistema gestionale del sistema di identificazione 100, anche remoto, ad esempio mediante interfacce di comunicazione Wi-Fi, GSM, ETHERNET e così via. Successivamente, l'unità di controllo 200 esegue il passo 360.

Al passo 360, l'unità di controllo 200 verifica se ulteriori prodotti 135 devono essere ispezionati, ad esempio mediante mezzi sensori come videocamere, fotocellule e così via. In caso affermativo l'unità di controllo 200 esegue il passo 310, alternativamente esegue il passo 370.

Al passo 370, l'unità di controllo 200 esegue tutte le operazioni necessarie a terminare le operazioni del sistema di ispezione 100. Durante questo passo l'unità di controllo 200 può segnalare lo stato di inoperatività del sistema di ispezione 100 ad esempio attraverso indicatori luminosi, come spie LED, e/o segnalatori acustici, come ad esempio cicalini o altoparlanti.

In accordo alla presente invenzione, la rete neurale utilizzata del sistema di ispezione 100 necessita di essere addestrata utilizzando un processo di addestramento. Tale processo di addestramento della rete neurale può essere effettuato dall'utente mediante l'utilizzo del sistema di ispezione 100 stesso. Per tale processo di addestramento può essere utilizzato un insieme di addestramento costituito da una pluralità di prodotti 135. L'insieme di addestramento può essere partizionato in modo da comprendere una prima classe di prodotti 135, ad esempio 70%, comprendenti uno o più corpi estranei ed una seconda classe di prodotti 135, ad esempio 30%, senza alcun corpo estraneo. L'insieme di addestramento può, ad esempio, essere immagazzinato nella prima unità di stoccaggio 171. L'utente che svolge il processo di addestramento della rete neurale può gestire il sistema di

ispezione 100 mediante i mezzi di comunicazione 230 dell'unità di controllo 200.

In riferimento alle Figure 3 e 5, viene ora descritto il processo di addestramento della rete neurale, secondo la forma di realizzazione della presente invenzione.

Al passo 500, viene realizzata la fase di inizializzazione del sistema di ispezione 100, così come descritto al passo 300.

Al passo 510, viene realizzata la fase di movimentazione in cui il prodotto 135 viene movimentato, in particolare accelerato, mediante i mezzi di movimentazione 120, così come descritto al passo 310.

Al passo 520, viene realizzata la fase di acquisizione in cui i mezzi di acquisizione di immagine 110 acquisiscono almeno tre immagini 410, 415, 420 del prodotto 135 successivamente alla fase di movimentazione, dette almeno tre immagini 410, 415, 420 essendo acquisite in tempi diversi, così come descritto al passo 320.

Al passo 530, viene realizzata una fase di processamento di immagini in cui l'unità di controllo genera almeno una immagine processata da dette almeno tre immagini 410, 415, 420, così come descritto al passo 330.

Al passo 540, viene realizzata una fase di selezione in cui l'utente, mediante i mezzi di comunicazione 230 dell'unità di controllo 200, seleziona una porzione dell'immagine processata in cui è visibile almeno un corpo estraneo, quando presente. Durante questa fase, l'utente fornisce in ingresso alla rete neurale: 1) le immagini processate; 2) le informazioni relative alla porzione di immagine selezionata, come ad esempio le coordinate dei vari riquadri inseriti dall'utente e così via. Nel caso non vi siano corpi estranei nel prodotto 135, le informazioni relative alla porzione di immagine selezionata possono indicare, ad esempio con un flag,

l'assenza di corpi estranei nel prodotto 135.

Al passo 550, l'unità di controllo 200 verifica se ulteriori prodotti 135 devono essere ispezionati, ad esempio mediante mezzi sensori come videocamere, fotocellule e così via. In caso affermativo l'unità di controllo 200 esegue il passo 510, alternativamente esegue il passo 560.

Al passo 560, l'unità di controllo 200 esegue tutte le operazioni necessarie a terminare le operazioni del sistema di ispezione 100 relative al processo di addestramento. Durante questo passo l'unità di controllo 200 può segnalare lo stato di inoperatività del sistema di ispezione 100, ad esempio attraverso indicatori luminosi, come spie LED, e/o segnalatori acustici, come ad esempio cicalini o altoparlanti.

Il risultato del processo di addestramento della rete neurale è l'insieme dei parametri caratterizzanti la rete neurale impiegata nella presente invenzione, che può comprendere ad esempio le informazioni dei pesi di ciascun nodo (o neurone) della rete. Come descritto in riferimento alla Figura 2, tale insieme di parametri può essere ad esempio memorizzato nei mezzi di memorizzazione 240 dell'unità di controllo.

Dalla descrizione effettuata risultano dunque evidenti i vantaggi della presente invenzione.

Il metodo ed il sistema di ispezione per ispezionare automaticamente un prodotto, oggetto della presente invenzione, consentono vantaggiosamente di ispezionare il prodotto in maniera non invasiva nella sua interezza in tempo reale.

Un altro vantaggio della presente invenzione è quello di poter distinguere in modo netto tra le caratteristiche del prodotto ed eventuali corpi estranei contenuti nel prodotto stesso, in particolare per prodotti particolarmente problematici come le sacche infusionali. Ciò grazie

all'utilizzo di una rete neurale opportunamente addestrata con immagini del prodotto opportunamente processate, in accordo alla presente invenzione.

Un ulteriore vantaggio della presente invenzione consiste nel poter classificare le tipologie di corpi estranei eventualmente presenti nel prodotto, al fine di individuarne con maggiore facilità le cause che ne portano alla presenza all'interno dei processi produttivi.

Naturalmente, fermo restando il principio dell'invenzione, le forme di attuazione ed i particolari di realizzazione potranno essere ampiamente variati rispetto a quanto è stato descritto ed illustrato a puro titolo di esempio non limitativo, senza per questo uscire dall'ambito di protezione della presente invenzione definito dalle rivendicazioni allegate.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per ispezionare automaticamente un prodotto (135), detto metodo comprendendo:

- una fase di movimentazione, in cui detto prodotto (135) viene movimentato, in particolare accelerato, mediante mezzi di movimentazione (120);
- una fase di acquisizione, in cui mezzi di acquisizione di immagine (110) acquisiscono almeno tre immagini (410; 415; 420) di detto prodotto (135) successivamente a detta fase di movimentazione, dette almeno tre immagini (410; 415; 420) essendo acquisite in tempi diversi;
- una fase di processamento di immagini, in cui una unità di controllo (200) genera almeno una immagine processata da dette almeno tre immagini (410; 415; 420);
- una fase di identificazione, in cui detta unità di controllo (200) determina la presenza di almeno un corpo estraneo all'interno di detto prodotto (135) mediante una analisi di detta almeno una immagine processata, detta analisi essendo effettuata con una rete neurale precedentemente addestrata;
- una fase di segnalazione in cui detta unità di controllo (200) genera informazioni di segnalazione nel caso in cui detto almeno un corpo estraneo sia compreso in detto prodotto (135).

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui detta fase di processamento di immagini comprende:

- una fase di riconoscimento di bordi, in cui detta unità di controllo (200) genera rispettive prime maschere (410a; 415a; 420a) rappresentanti bordi di ciascuna di dette almeno tre immagini (410; 415; 420);
- una fase di sottrazione di immagini, in cui detta unità di controllo (200) genera almeno una seconda maschera (410b) sottraendo dette prime maschere (410a; 415a; 420a) secondo uno schema predefinito;

- una fase di sovrapposizione, in cui detta unità di controllo (200) genera detta almeno una immagine processata sovrapponendo detta almeno una seconda maschera (410b) ad almeno una di dette almeno tre immagini (410; 415; 420).
3. Metodo secondo la rivendicazione 2, in cui dette prime maschere (410a; 415a; 420a) comprendono valori binari ottenuti in base ad un primo valore di soglia predefinito.
 4. Metodo secondo la rivendicazione 3, in cui i bordi in dette prime maschere (410a; 415a; 420a) sono espansi secondo un numero di pixel predefinito.
 5. Metodo secondo una o più delle rivendicazioni da 2 a 4, in cui dette seconde maschere (410b) comprendono valori binari ottenuti in base ad un secondo valore di soglia predefinito.
 6. Metodo secondo una o più delle rivendicazioni da 1 a 5, in cui, durante detta fase di identificazione, l'unità di controllo segmenta detta almeno una immagine processata secondo uno schema predefinito.
 7. Sistema di ispezione (100) per ispezionare automaticamente almeno un prodotto (135), detto sistema (100) comprendendo:
 - mezzi di movimentazione (120), in particolare di accelerazione, atti a movimentare detto prodotto (135);
 - mezzi di acquisizione di immagine (110) atti ad acquisire almeno tre immagini (410; 415; 420) di detto prodotto (135) successivamente a detta movimentazione, dette almeno tre immagini (410; 415; 420) essendo acquisite in tempi diversi;
 - una unità di controllo (200) atta a generare almeno una immagine processata da dette almeno tre immagini (410; 415; 420), detta unità di controllo (200) essendo atta a determinare la presenza di almeno un corpo estraneo all'interno di detto prodotto (135) mediante una analisi di detta almeno una immagine processata, detta analisi essendo effettuata con una rete neurale precedentemente addestrata

e l'unità di controllo (200) essendo atta a generare informazioni di segnalazione nel caso in cui detto almeno un corpo estraneo è compreso in detto prodotto (135).

8. Sistema di ispezione (100) secondo la rivendicazione 7 in cui l'unità di controllo (200) è atta a generare prime maschere (410a; 415a; 420a) rappresentanti bordi di ciascuna di dette almeno tre immagini (410; 415; 420) rispettivamente, ed in cui l'unità di controllo (200) è atta a generare almeno una seconda maschera (410b) sottraendo dette prime maschere (410a; 415a; 420a) secondo uno schema predefinito, ed in cui detta unità di controllo (200) è atta a generare detta almeno una immagine processata sovrapponendo detta almeno una seconda maschera (410b) ad almeno una di dette almeno tre immagini (410; 415; 420).

9. Sistema di ispezione (100) secondo la rivendicazione 8, in cui dette prime maschere (410a; 415a; 420a) comprendono valori binari ottenuti in base ad un primo valore di soglia predefinito.

10. Sistema di ispezione (100) secondo la rivendicazione 9, in cui i bordi in dette prime maschere (410a; 415a; 420a) sono espansi secondo un numero di pixel predefinito.

11. Sistema di ispezione (100) secondo una o più delle rivendicazioni da 9 a 10, in cui dette seconde maschere (410b) comprendono valori binari ottenuti in base ad un secondo valore di soglia predefinito.

12. Sistema di ispezione (100) secondo una o più delle rivendicazioni da 8 a 11, in cui detta unità di controllo (200) segmenta detta almeno una immagine processata secondo uno schema predefinito.

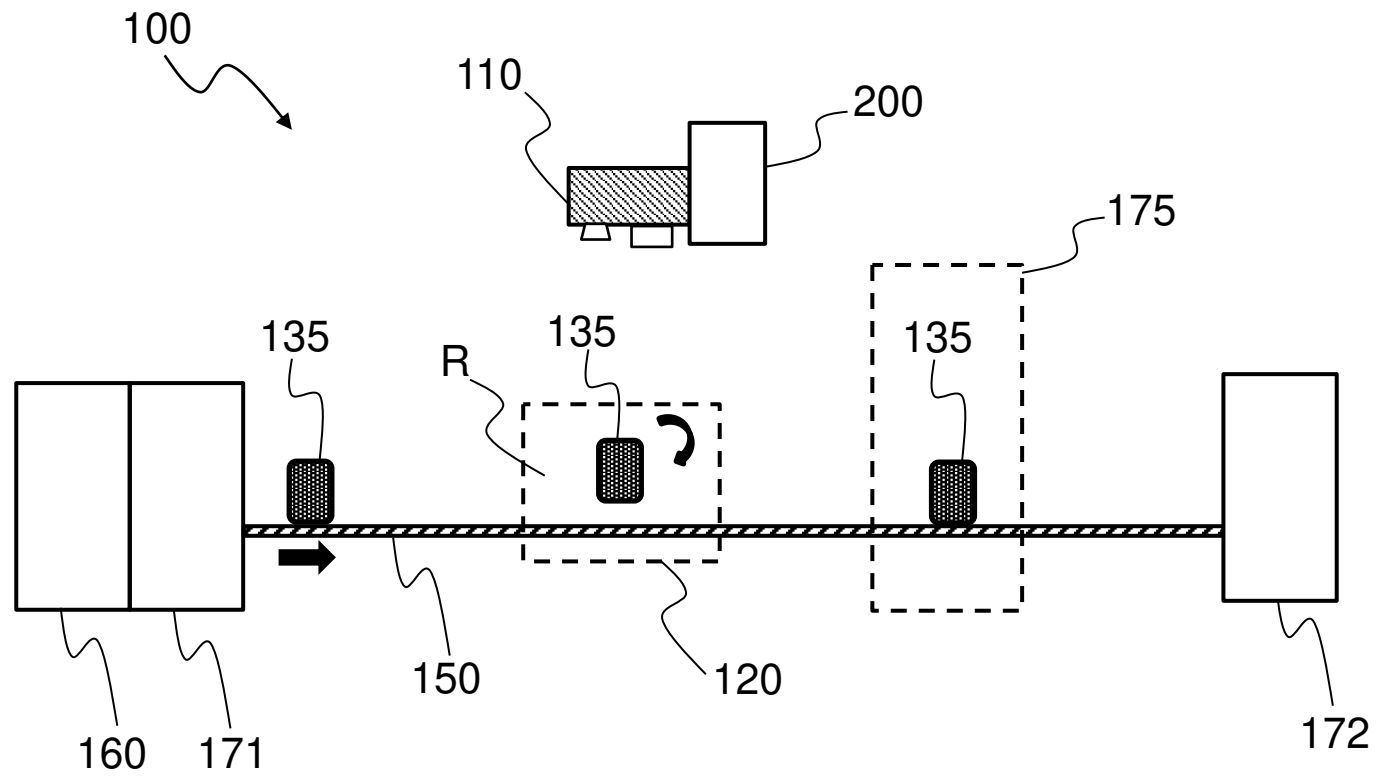


Fig. 1

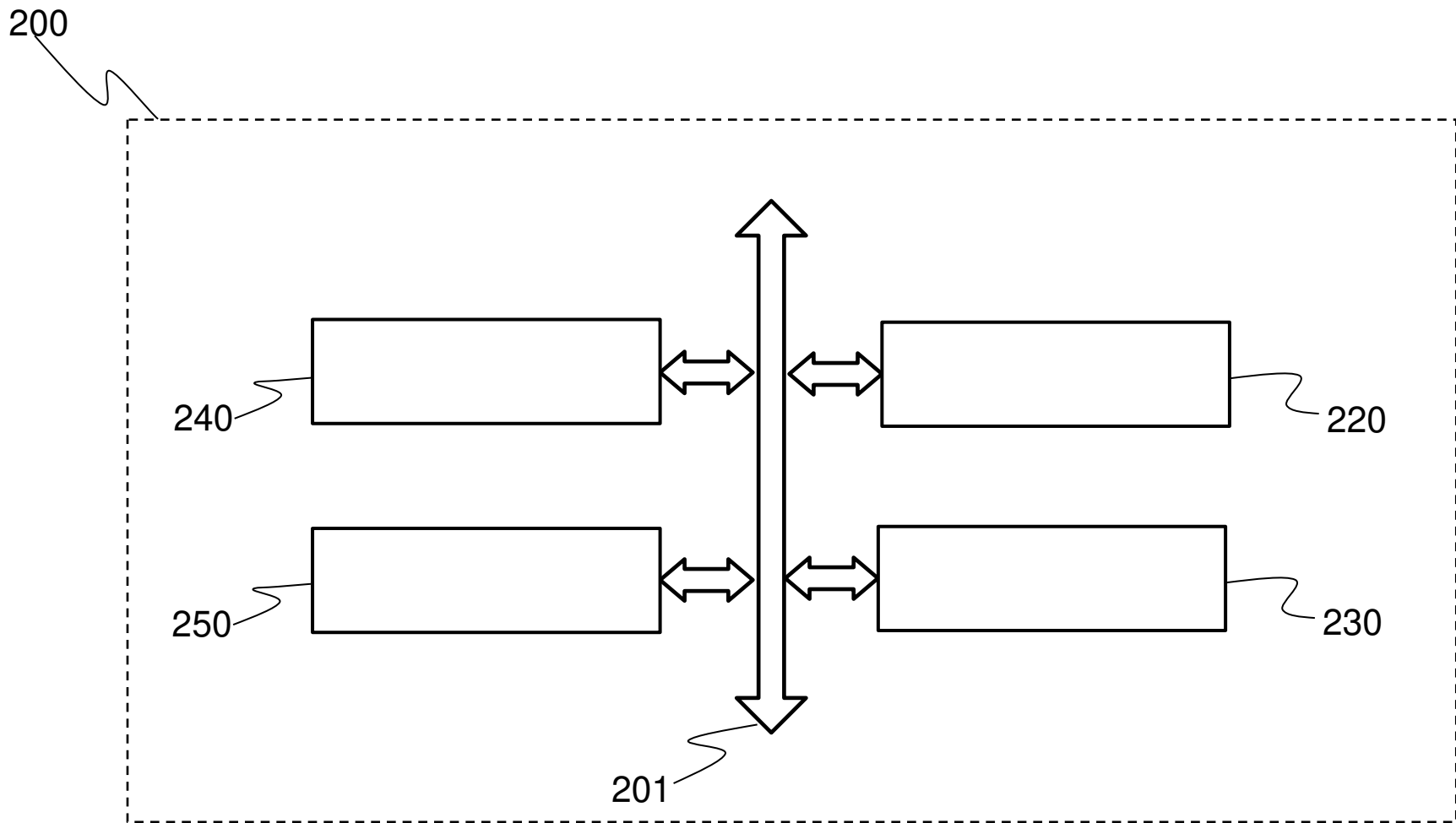


Fig. 2

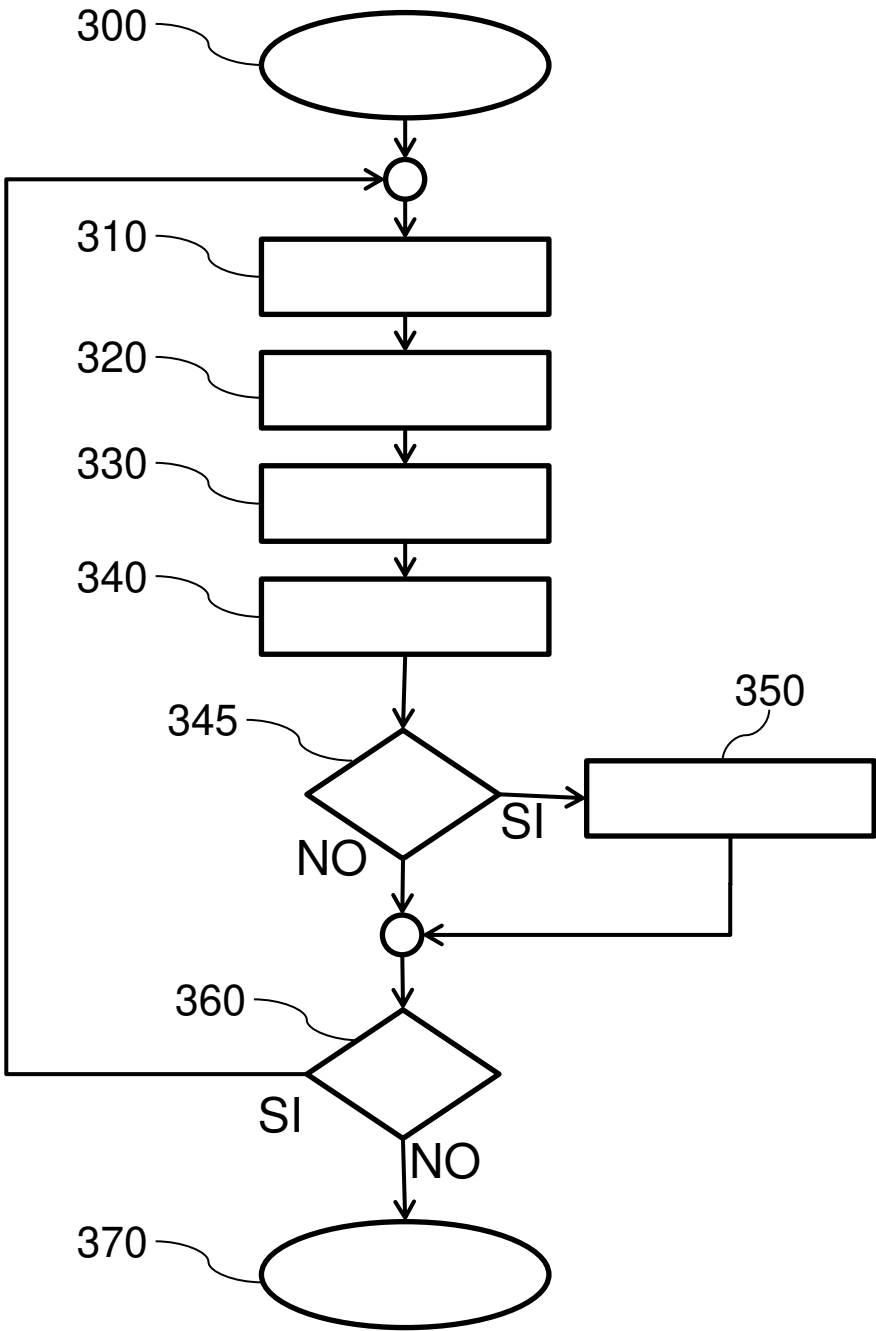


Fig. 3

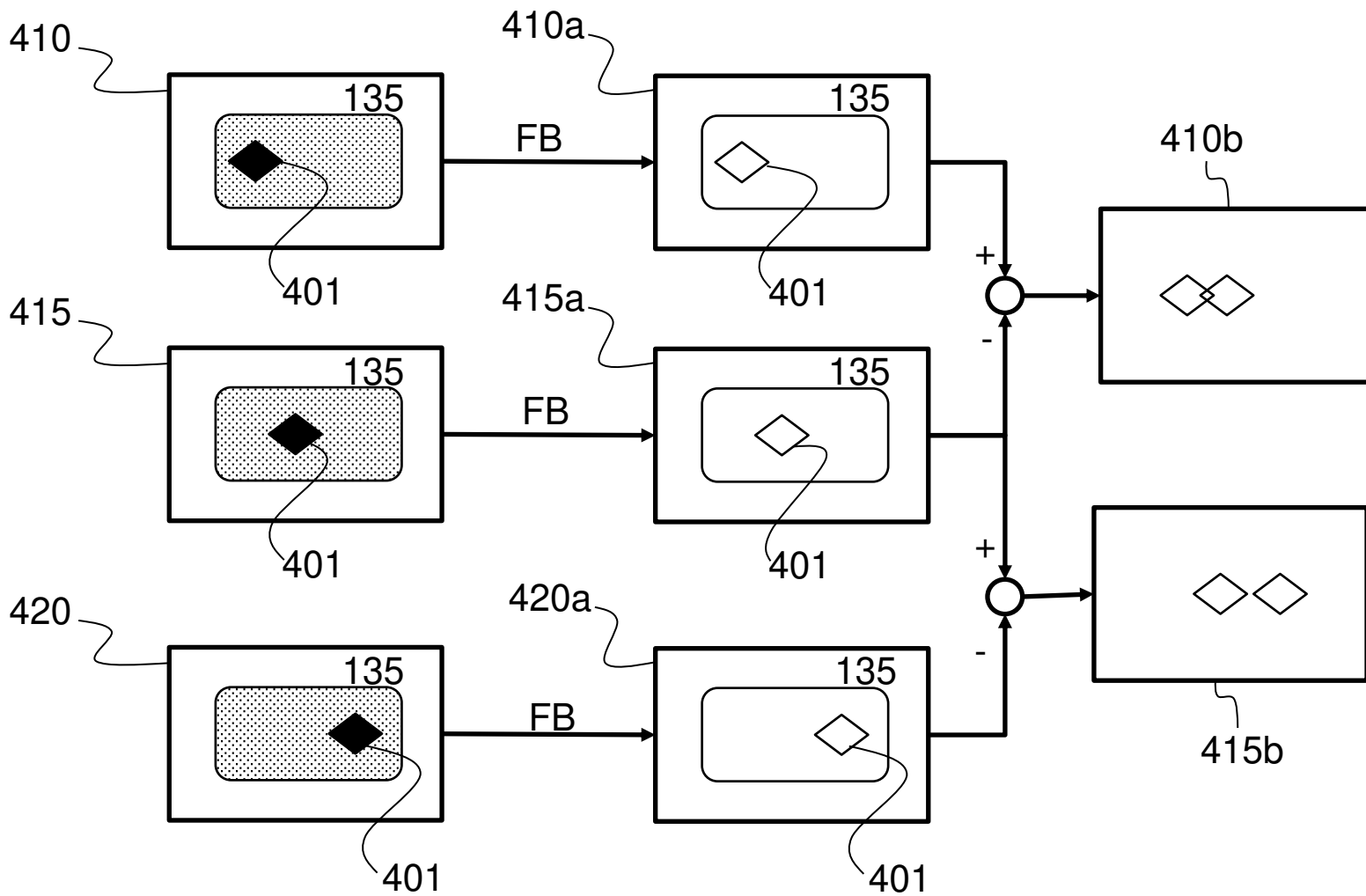


Fig. 4

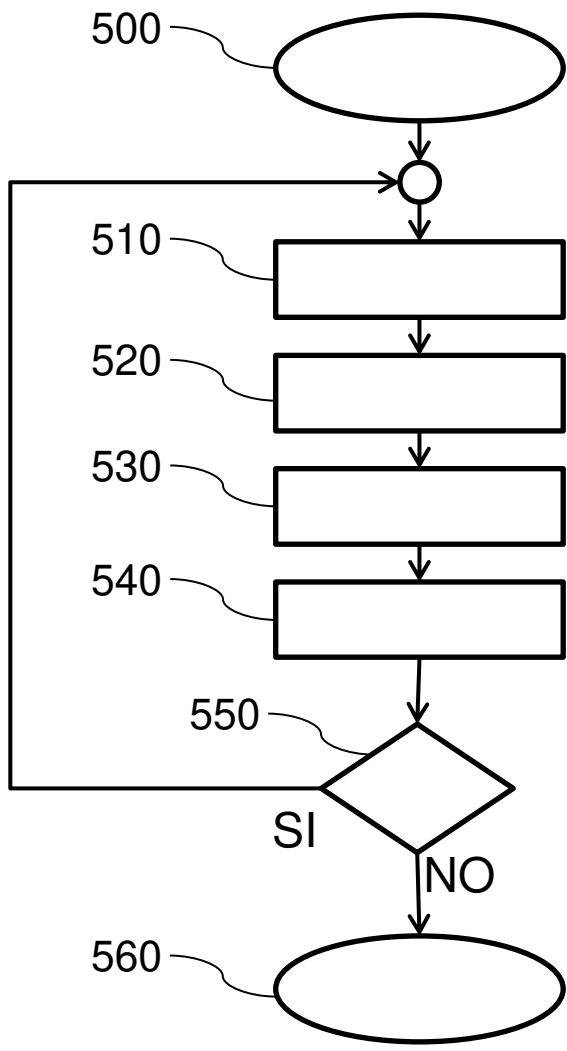


Fig. 5