

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102020000006793
Data Deposito	31/03/2020
Data Pubblicazione	30/09/2021

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	06	F	3	0354

Titolo

STRUMENTO DI SCRITTURA, SISTEMA E METODO PER IL MONITORAGGIO E L'ANALISI
TRASPARENTE DELLA SCRITTURA

STRUMENTO DI SCRITTURA, SISTEMA E METODO PER IL MONITORAGGIO E L'ANALISI TRASPARENTE DELLA SCRITTURA

DESCRIZIONE

CAMPO TECNICO

- 5 La presente invenzione si riferisce al settore dei dispositivi di analisi delle attività umane. In dettaglio, la presente invenzione riguarda uno strumento per l'acquisizione di dati relativi alla scrittura eseguita da un individuo per mezzo di tale strumento. Inoltre, la presente invenzione riguarda un sistema e un metodo di monitoraggio e analisi della scrittura che utilizzano tale strumento.

10 STATO DELL'ARTE

- La scrittura a mano libera è una complessa operazione cognitivo-motoria che necessita di abilità psicomotorie raffinate e un addestramento estensivo. La possibilità di analizzare lo sviluppo di tali abilità presenta un notevole interesse da un punto di vista medico accademico in quanto permette di identificare
- 15 approfondire la comprensione della costituzione di relazioni di coordinazione manuale mentale e visiva necessaria per eseguire manipolazioni fini, in generale, e, in particolare, la comprensione dei processi e delle relative problematiche di apprendimento e produzione della scrittura.

- Inoltre, le operazioni motorie coordinate dal cervello in combinazione con i
- 20 sistemi neuromuscolari e sensoriali - visivo, propriocettivi e cutanei - necessarie alla scrittura, possono essere soggette a deterioramento durante l'età senile e per via dell'insorgere di malattie neurologiche.

- Nella tecnica sono stati proposti dispositivi progettati per compensare un tremore dovuto a una patologia neurologica, per esempio il morbo di Parkinson,
- 25 al fine di ottenere un testo scritto leggibile.

- Per esempio, US 2018/032159 propone un apparato di scrittura che comprende uno strumento di scrittura azionato da un attuatore, quest'ultimo controllato da un controllore. Il controllore acquisisce dati forniti da uno stilo e da una tavoletta elettronica su cui un utente scrive con lo stilo. Sulla base di tali dati il controllore
- 30 controlla l'attuazione dello strumento di scrittura in modo da replicare su un foglio un testo vergato dall'utente con una leggibilità aumentata.

Inoltre, nello stato dell'arte sono noti metodi di analisi della scrittura manuale

per identificare patologie neurologiche e il declino cognitivo di pazienti. Tipicamente, tali metodi prevedono lo svolgimento di test di scrittura in condizioni controllate – ossia, secondo protocolli specificati e modalità di acquisizione prescritte –, durante i quali è previsto che l'individuo esaminato copi
5 un testo predeterminato o replichi una particolare forma geometrica, per esempio una spirale. Inoltre, tali test sono solitamente somministrati mediante l'utilizzo di un'apposita strumentazione comprendente penne elettroniche e/o tablet.

Per esempio, GB 201008089 propone un apparato per diagnosticare e trattare un disordine neurologico, il quale comprende un dispositivo sensore progettato per
10 assomigliare a una penna e una superficie di scrittura sensorizzata. Il dispositivo sensore fornisce un primo segnale indicativo di una forza applicata da almeno un dito dell'utente mentre afferra il sensore. La superficie di scrittura fornisce un secondo segnale indicativo della posizione del sensore sulla superficie e/o un terzo segnale indicativo di una forza con cui il sensore è premuto sulla superficie.
15 Inoltre, una videocamera fornisce un quarto segnale indicativo di una posizione di parte del braccio dell'utente usato per scrivere.

WO 2007/003417 propone un bastoncino fluidico che ha lo scopo di rilevare informazioni neuromotorie di un movimento guidato manualmente. Detto bastoncino comprende una camera riempita di fluido, laddove la pressione
20 interna di tale camera corrisponde a una forza generata durante il movimento guidato manualmente. Almeno un sensore di pressione è usato per rilevare la pressione del liquido e convertirla in un segnale elettrico per un'unità di controllo.

Tuttavia, l'esecuzione dei test e/o le condizioni in cui tali test sono svolti possono
25 influenzare l'individuo esaminato al punto di alterare le informazioni ottenibili dal test stesso. Per esempio, l'individuo esaminato può sviluppare stress durante lo svolgimento del test accentuando imprecisioni e/o tremori o, al contrario, il fatto di sapere di essere esaminato può portare l'individuo a prestare maggiori attenzione e impegno durante lo svolgimento del test, con la possibilità di
30 attenuare o, perfino, mascherare condizioni patologiche.

Inoltre, tali test sono somministrati per periodi limitati nel tempo, pertanto i dati ottenuti dall'osservazione dell'individuo esaminati sono limitati sia in termini quantitativi e sia in termini di un periodo temporale di raccolta.

SCOPI E RIASSUNTO DELL'INVENZIONE

È scopo della presente invenzione quello di superare gli inconvenienti dell'arte nota.

5 In particolare è scopo della presente invenzione fornire uno strumento di scrittura, come una penna, una matita infinita, una matita 'pop-a-point', un pennarello, ecc., che permetta di monitorare in modo la scrittura di un individuo in modo trasparente a quest'ultimo. In particolare, con 'trasparente' si intende senza vincoli né sul contenuto, né sulla modalità di scrittura (es stampatello, corsivo), né sul modo di impugnare lo strumento da parte dell'individuo
10 esaminato.

Inoltre, tale strumento di scrittura è sostanzialmente indistinguibile da un comune strumento di scrittura.

Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di proporre uno strumento di scrittura che permetta di monitorare la scrittura di un individuo per periodi
15 prolungati di tempo, in particolare, senza la necessità di interventi da parte di operatori qualificati.

Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di presentare un sistema e un metodo di analisi della scrittura che permetta di identificare alterazioni nella scrittura di un individuo indicativi dell'insorgere di una patologia
20 neurodegenerativa.

Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di presentare un sistema e un metodo di analisi della scrittura in grado di identificare uno o più simboli vergati da un individuo.

25 Questi ed altri scopi della presente invenzione sono raggiunti mediante un sistema incorporante le caratteristiche delle rivendicazioni allegate, le quali formano parte integrante della presente descrizione.

Secondo un primo aspetto, la presente invenzione è diretta a uno strumento di scrittura comprendente:

- un elemento scrivente;
- 30 - una pluralità di sensori comprendente almeno:
 - un sensore di forza configurato per misurare una forza applicata a detto elemento scrivente, e
 - un sensore di movimento configurato per misurare movimento

dello strumento in uno spazio tridimensionale;

- un'unità di comunicazione configurata per trasmettere dette misure a un dispositivo remoto;
- un'unità di controllo connessa alla pluralità di sensori e all'unità di comunicazione e configurata per controllare detta pluralità di sensori e detta unità di comunicazione, e
- un involucro cavo.

Inoltre, l'elemento scrivente ha un'estremità di scrittura configurata per depositare materiale su un supporto. Per esempio, il supporto può essere un foglio, un cartoncino o una lamina in vetro, metallo, plastica, ecc., secondo la specifica implementazione dell'elemento scrivente.

L'involucro è vantaggiosamente configurato per contenere:

- parzialmente detto elemento scrivente, in modo da lasciare esposta l'estremità di scrittura dell'elemento scrivente attraverso una prima estremità dell'involucro, e
- completamente detta pluralità di sensori, l'unità di controllo, l'unità di memoria e l'unità di comunicazione.

Questa soluzione risulta molto efficace nel monitoraggio non supervisionato della scrittura di un individuo. Grazie al fatto che l'involucro racchiude e nasconde completamente i sensori e l'elettronica dello strumento di scrittura, lo strumento risulta sostanzialmente indistinguibile da un comune strumento di scrittura corrispondente, per esempio una penna, infinita, una matita 'pop-a-point', un pennarello, ecc., così da non influenzare il modo di utilizzo da parte dell'individuo. In altre parole, l'interazione dell'individuo con lo strumento di scrittura è naturale e l'operazione di scrivere o, più in generale, di tracciare un segno risulta familiare.

Inoltre, lo strumento non impone vincoli su come debba essere afferrato o utilizzato, così da permettere una scrittura il più possibile spontanea da parte dell'individuo, in particolare, non richiede che l'individuo prenda o interagisca direttamente con elementi di interfaccia e/o elementi di rilevazione durante la scrittura. Queste caratteristiche permettono quindi di acquisire dati sostanzialmente non influenzati da specifiche condizioni di test, permettendo quindi un'analisi ecologica, trasparente e non perturbata dal sistema di misura delle capacità di scrittura dell'individuo esaminato.

In una forma di realizzazione, il sensore di movimento è alloggiato in una posizione avente una distanza minore da una seconda estremità di detto

involucro rispetto a una distanza dalla prima estremità dello stesso, detta seconda estremità dell'involucro essendo opposta alla prima estremità dello stesso. Preferibilmente, detta distanza è calcolata rispetto a una direzione di sviluppo principale dello strumento di scrittura.

- 5 In una forma di realizzazione preferita, il sensore di movimento è alloggiato prossimità di una seconda estremità di detto involucro, detta seconda estremità dell'involucro essendo opposta alla prima estremità.

10 Grazie a questa struttura, la disposizione dei sensori all'interno dello strumento di scrittura risulta particolarmente vantaggiosa. In particolare, la distanza tra il sensore di movimento e l'estremità di scrittura dell'elemento scrivente permette di rilevare variazioni di movimento minime dello strumento di scrittura. Inoltre, il sensore di forza è in grado di rilevare variazioni minime della pressione applicata dall'individuo su un supporto.

15 In una forma di realizzazione, il sensore di forza è associato a un'estremità terminale dell'elemento scrivente, detta estremità terminale essendo opposta all'estremità di scrittura.

Questa disposizione del sensore di forza risulta particolarmente semplice e permette di misurare efficacemente la forza associata alla pressione dello strumento di scrittura quando quest'ultimo è appoggiato sul supporto.

- 20 In una forma di realizzazione, il sensore di movimento comprende almeno uno tra:
- un sensore di accelerazione lineare configurato per fornire una misura di un'accelerazione dello strumento lungo una direzione predeterminata,
 - un sensore di velocità angolare configurato per misurare una velocità di

25 rotazione dello strumento in un piano predeterminato, e

 - un magnetometro.

Più preferibilmente, il sensore di movimento comprende un'unità di misura inerziale.

30 Grazie a questa soluzione è possibile ottenere un insieme di informazioni completo sul movimento dello strumento di scrittura durante le operazioni di scrittura eseguite dall'individuo esaminato, le quali possono essere elaborate per individuare varie informazioni, anche di tipo complesso, sulle capacità di scrittura dell'individuo esaminato e, più in generale, sulle capacità psicomotorie

dell'individuo esaminato.

In una forma di realizzazione, l'unità di controllo è configurata per:

- monitorare le misure fornite dal sensore di movimento, e
 - attivare l'unità di comunicazione quando è rilevata una misura di
5 movimento superiore a un valore di soglia e
 - quando è stabilita una connessione al dispositivo remoto prima che il tempo di connessione raggiunga l'istante di tempo massimo, l'unità di comunicazione è configurata trasmettere le misure fornite dalla pluralità di sensori.
- 10 In questo modo è possibile identificare le misure utili – ossia, effettivamente relative a un'operazione di scrittura da parte dell'individuo esaminato – rilevate dai sensori della penna e renderli disponibili a un dispositivo esterno in tempo reale, sostanzialmente in una modalità di streaming dati.

In una forma di realizzazione preferita, l'unità di controllo è configurata per:

- 15 - monitorare le misure fornite dal sensore di movimento, e
- attivare l'unità di comunicazione quando è rilevata una misura di movimento superiore a un primo valore di soglia;
- conteggiare un numero di misure di movimento che superano detto primo valore di soglia entro un intervallo di tempo di conteggio, e
- 20 - quando è stabilita una connessione al dispositivo remoto prima che il tempo di connessione raggiunga un tempo massimo, l'unità di comunicazione è configurata trasmettere le misure fornite dalla pluralità di sensori, o
- quando il tempo di connessione raggiunge un tempo massimo senza che sia stabilita una connessione al dispositivo remoto e il numero di misure di
25 movimento conteggiate entro detto intervallo di tempo di conteggio supera un secondo valore di soglia, memorizzare le misure fornite dalla pluralità di sensori nell'unità di memoria.

Grazie a questa soluzione è possibile garantire di rendere disponibili e trasmettere le misure rilevate dai sensori a bordo dello strumento di scrittura in
30 modo affidabile limitando, o eliminando del tutto, la perdita di informazioni utili e, allo stesso tempo, limitando il consumo di energia da parte dell'elettronica a bordo dello strumento di scrittura. Inoltre, l'acquisizione delle misure e la trasmissione dei dati è trasparente per l'individuo esaminato; in particolare, gli istanti iniziali e gli istanti finale di acquisizione delle misure e trasmissione dei
35 dati non sono noti all'individuo esaminato.

- 7 -

In alternativa, l'unità di controllo è configurata per:

- monitorare le misure fornite dal sensore di movimento, e
- attivare l'unità di comunicazione quando è rilevata una misura superiore a un primo valore di soglia;

- 5 - memorizzare le misure fornite dalla pluralità di sensori nell'unità di memoria, quando un numero di misure di movimento maggiori del primo valore di soglia entro un intervallo di tempo di conteggio supera un secondo valore di soglia, e

in cui l'unità di comunicazione è configurata per:

- 10 - trasmettere almeno parte delle misure memorizzate quando è stabilita una connessione con il dispositivo remoto.

In questo modo è possibile garantire una registrazione e trasmissione affidabile dei dati con una strategia di controllo semplificata rispetto al caso precedente al prezzo di un maggiore consumo di risorse.

- 15 In una forma di realizzazione, l'involucro comprende una prima porzione e una seconda porzione separabili. Preferibilmente, la prima porzione e la seconda porzione comprendendo corrispondenti aperture di accoppiamento trasversali a una direzione principale dell'involucro. In particolare, la prima porzione è configurata per alloggiare detto elemento scrivente, mentre la seconda porzione
- 20 è configurata per alloggiare la pluralità di sensori, l'unità di controllo, l'unità di memoria e l'unità di comunicazione.

- Questa struttura dello strumento di scrittura permette di sostituire l'elemento scrivente in modo estremamente semplice una volta che quest'ultimo risulti esaurito. Di conseguenza lo strumento di scrittura può essere utilizzato
- 25 dall'individuo esaminato per periodi di tempo particolarmente lunghi, non limitati dalla quantità di materiale immagazzinato nell'elemento scrivente.

- Inoltre, tale struttura permette di evitare che l'utente interagisca con l'elettronica a bordo dello strumento di scrittura. Infine, questa struttura compatta permette di minimizzare i cablaggi interni tra i componenti dell'elettronica a bordo dello
- 30 strumento di scrittura, in particolare tra l'unità di controllo e i sensori di forza e movimento.

In una forma di realizzazione, l'elemento scrivente è selezionato tra:

- un refill per penna a inchiostro;
 - un'anima di una matita infinita;
- 35 - una mina di una matita 'pop-a-point', e

- 8 -

- un bastoncino in materiale poroso imbevuto di inchiostro.

In altre parole, lo strumento di scrittura può essere realizzato secondo diverse esigenze, in particolare, correlate per esempio alle capacità e/o età dell'individuo da esaminare.

- 5 Un differente aspetto della presente invenzione riguarda un sistema di monitoraggio e analisi della scrittura comprendente uno strumento di scrittura secondo una qualsiasi delle precedenti forme di realizzazione e un dispositivo elaboratore, detto dispositivo elaboratore comprendendo a sua volta:
- un modulo di comunicazione configurato per scambiare dati con l'unità di
- 10 comunicazione dello strumento di scrittura, e
- un modulo di elaborazione configurato per elaborare i dati forniti dallo strumento di scrittura e fornire un'indicazione relativa ad almeno un simbolo vergato con lo strumento di scrittura.

- Tale sistema permette di sfruttare i dati raccolti dallo strumento di scrittura in
- 15 modo particolarmente efficace e trasparente per l'individuo esaminato.

Un ulteriore aspetto della presente invenzione riguarda un metodo di analisi della scrittura, implementato dal sistema sopra descritto. Tale metodo comprende i passi di:

- determinare un disturbo statico nelle misure di forza fornite dal sensore
- 20 di forza della pluralità di sensori dello strumento di scrittura;
- sottrarre detto disturbo statico dalle misure di forza fornite dal sensore di forza;
 - elaborare le misure di forza fornite dal sensore di forza per mezzo di un algoritmo di rimozione della baseline;
- 25 - convertire in un valore nullo, ciascun valore di misura inferiore a un valore di soglia, e
- identificare una successione di misure di forza differenti da zero come un singolo movimento continuo di scrittura eseguito attraverso lo strumento di scrittura

- 30 In questo modo è possibile identificare in modo semplice e affidabile singoli movimenti continui di scrittura, o stroke, i quali permettono di ottenere una analisi particolarmente accurata e precisa delle capacità di scrittura dell'individuo esaminato.

In una forma di realizzazione, il metodo ulteriormente comprendente i passi di:

- determinare una frequenza di variazione delle misure di movimento fornite dal sensore di movimento, e

quando detta frequenza di variazione è superiore a un valore di soglia:

- calcolare una velocità angolare indicativa di un'inclinazione dello strumento di scrittura sulla base di misure della velocità angolare fornite dal sensore di movimento;

- calcolare una ulteriore velocità angolare indicativa dell'inclinazione dello strumento di scrittura sulla base di misure di accelerazione lineare fornite dal sensore di movimento, e

- calcolare una velocità angolare di inclinazione corretta indicativa dell'inclinazione dello strumento di scrittura come:

$$\dot{\hat{\vartheta}} = k_1 \dot{\hat{\vartheta}}_g + k_2 (\hat{\vartheta}_a - \hat{\vartheta}),$$

dove $\dot{\hat{\vartheta}}_g$ è velocità angolare determinata sulla base delle misure di velocità angolari, $\hat{\vartheta}_a$ è il valore dell'angolo determinato sulla base dell'ulteriore velocità angolare determinata sulla base delle misure di accelerazione lineare, k_1 è un parametro costante compreso tra 1,2 e 1,7, preferibilmente pari a 1,5, e k_2 è un parametro costante compreso tra 0,3 e 0,6, preferibilmente pari a 0,4, e quando detta frequenza di variazione è inferiore a un valore di soglia:

- calcolare l'angolo di inclinazione dello strumento di scrittura come:

$$\vartheta = \sin^{-1} \left(\frac{a_z}{g} \right),$$

dove a_z è una misura di accelerazione allineata a una direzione principale dello strumento di scrittura. Preferibilmente, detta misura è fornita dall'accelerometro allineato alla direzione principale dello strumento di scrittura e g è l'accelerazione di gravità.

Questo modo di calcolare il tasso di variazione dell'angolo di inclinazione permette di valutare con accuratezza il movimento dello strumento di scrittura. In particolare, tale metodo permette di compensare errori nel calcolo dell'angolo di inclinazione a frequenze elevate, laddove accelerazioni significative introducono errori non trascurabili nel calcolo dell'angolo di inclinazione stesso. Pertanto, è possibile eseguire una analisi particolarmente accurata del movimento dello strumento di scrittura durante le operazioni di scrittura eseguite dall'individuo esaminato.

Ulteriori caratteristiche e scopi della presente invenzione appariranno

maggiormente chiari dalla descrizione che segue.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

L'invenzione verrà descritta qui di seguito con riferimento ad alcuni esempi, forniti a scopo esplicativo e non limitativo, ed illustrati nei disegni annessi.

- 5 Questi disegni illustrano differenti aspetti e forme di realizzazione della presente invenzione e, dove appropriato, numeri di riferimento illustranti strutture, componenti, materiali e/o elementi simili in differenti figure sono indicati da numeri di riferimento similari.

- 10 La Figura 1a illustra una vista assonometrica schematica di uno strumento di scrittura in accordo con una forma di realizzazione della presente invenzione;

la Figura 1b è una vista in esploso semplificata dello strumento di scrittura di Figura 1a;

la Figura 2 è uno schema a blocchi dell'elettronica a bordo dello strumento di scrittura delle Figure 1a e 1b;

- 15 la Figura 3a illustra un sistema di monitoraggio e analisi della scrittura secondo una forma di realizzazione della presente invenzione;

la Figura 3b illustra un sistema di monitoraggio e analisi della scrittura secondo una differente forma di realizzazione della presente invenzione;

- 20 la Figura 4 è un diagramma di flusso che illustra una procedura di acquisizione e trasmissione dati da parte dello strumento di scrittura delle Figure 1a e 1b;

la Figura 5 è un diagramma di flusso che illustra una procedura di identificazione di sequenze di scritture continue, o stroke, da parte di un dispositivo elaboratore del sistema delle Figure 3a e 3b secondo una forma di realizzazione della presente invenzione;

- 25 la Figura 6 è un grafico di una funzione della forza rilevata dallo strumento di scrittura in funzione del tempo;

- 30 la Figura 7 è un diagramma di flusso che illustra una procedura di identificazione di simboli tracciati per mezzo dello strumento di scrittura da parte di un dispositivo elaboratore del sistema delle Figure 3a e 3b secondo una forma di realizzazione della presente invenzione;

la Figura 8 illustra schematicamente l'organizzazione delle informazioni sulla scrittura raccolte dal sistema delle Figure 3a e 3b secondo una forma di realizzazione della presente invenzione;

5 la Figura 9 è uno schema di principio di un'organizzazione dei dati di scrittura rilevati ed elaborati dal sistema delle Figure 3a e 3b secondo una forma di realizzazione della presente invenzione, e

10 la Figura 10 è un diagramma di flusso che illustra una procedura di analisi della scrittura basata sulle informazioni raccolte eseguita dal dispositivo elaboratore del sistema delle Figure 3a e 3b secondo una forma di realizzazione della presente invenzione.

DESCRIZIONE DETTAGLIATA DELL'INVENZIONE

Mentre l'invenzione è suscettibile di varie modifiche e costruzioni alternative, alcune forme di realizzazione preferite sono mostrate nei disegni e saranno descritte qui di seguito in dettaglio. Si deve intendere, comunque, che non vi è
15 alcuna intenzione di limitare l'invenzione alla specifica forma di realizzazione illustrata, ma, al contrario, l'invenzione intende coprire tutte le modifiche, costruzioni alternative, ed equivalenti che ricadano nell'ambito dell'invenzione come definito nelle rivendicazioni.

20 L'uso di "ad esempio", "ecc.", "oppure" indica alternative non esclusive senza limitazione a meno che non altrimenti indicato. L'uso di "include" significa "include, ma non limitato a" a meno che non sia altrimenti indicato.

Con riferimento alle Figure 1a e 1b, è descritto uno strumento di scrittura, una penna 1 a sfera nell'esempio considerato, secondo una forma di realizzazione della presente invenzione.

25 La penna 1 comprende un involucro 10, un elemento scrivente 20 – chiamato anche refill –, un sensore di forza 30, preferibilmente una cella di carico, un modulo elettronico 40, una batteria 50 e preferibilmente, un guscio 60 e un elemento di supporto 70.

30 Nella forma di realizzazione considerata, l'involucro 10 è configurato per alloggiare gli altri elementi della penna 1. A tale scopo, l'involucro è cavo e comprende un'apertura in corrispondenza di una prima estremità 11 per permettere a una corrispondente estremità di scrittura 21 dell'elemento scrivente 20 di sporgere dall'involucro 10 e permettere la scrittura, ossia il rilascio di una

quantità di inchiostro, nell'esempio considerato, su una superficie, per esempio un foglio di carta. Preferibilmente, l'involucro 10 è conformato in modo che l'elemento scrivente 20 risulti sostanzialmente coassiale a un asse di simmetria dell'involucro 10 quando l'estremità di scrittura sporge dall'involucro 10 attraverso la corrispondente apertura. Ancora più preferibilmente, l'elemento scrivente 20 accoppiato all'involucro 10 risulta sostanzialmente allineato e sovrapposto a una a una direzione principale P della penna 1.

Nell'esempio considerato, l'involucro comprende due porzioni 13 e 15 accoppiabili tra loro in modo rimovibile. La prima porzione 13 è configurata per alloggiare l'elemento scrivente 20 e comprende la prima estremità 11 al fine di permettere all'estremità di scrittura di sporgere all'esterno dell'involucro 10. La seconda porzione 15 è configurata per alloggiare i restanti elementi della penna 1, in particolare, il modulo elettronico 40, la batteria 50 e il sensore di forza 30.

Inoltre, ciascuna porzione 13 e 15 comprende una rispettiva apertura 17 e 18, rispettivamente. Ciascuna apertura, consente l'accesso a una cavità definita dalla rispettiva porzione 13 e 15, ed è dotata di elementi di accoppiamento corrispondenti (non illustrati nel disegno schematico di Figura 1b), per esempio una filettatura e una contro-filettatura, elementi di accoppiamento a baionetta o elementi di accoppiamento a scatto, ecc.

Nell'esempio considerato, il guscio 60 è sostanzialmente un cilindro cavo di dimensioni adatte per infilare a misura la cavità definita dalla seconda porzione 15 dell'involucro 10. Il guscio 60 è configurato per ricevere al suo interno il modulo elettronico 40 e la batteria 50. Preferibilmente, il guscio 60 è anche configurato per impegnarsi all'elemento di supporto 70 in corrispondenza dell'apertura 18 della seconda porzione 15 dell'involucro 10 quando il guscio 60 è inserito in quest'ultima. Per esempio, una porzione del guscio 60 è sagomata per ricevere una corrispondente porzione sagomata dell'elemento di supporto 70. In alternativa, il guscio 10 e l'elemento di supporto 70 comprendono elementi di accoppiamento di una delle tipologie sopra descritte in relazione agli elementi di accoppiamento delle aperture 17 e 18.

L'elemento di supporto 70 è configurato per alloggiare il sensore di forza 30 in modo che il sensore di forza 30 rimanga a contatto con un'estremità terminale 23 dell'elemento scrivente 20 – opposta all'estremità scrivente 21 dello stesso – quando gli elementi della penna 1 sono assemblati. Inoltre, l'elemento di supporto 70 è configurato per consentire un collegamento elettrico tra il sensore

di forza 30 e il modulo elettronico 40. Infine, il sensore di forza 30 è mantenuto in posizione dall'elemento di supporto 70 in modo da misurare forze sostanzialmente allineate alla direzione principale P della penna 1.

Con particolare riferimento allo schema a blocchi di Figura 2, è ora descritta in
5 maggiore dettaglio l'elettronica a bordo della penna 1. Nell'esempio considerato, il modulo elettronico 40 comprende un'unità di controllo 41 – per esempio, comprendente uno o più tra un microprocessore, un micro controllore, una ASIC, una FPGA, un DSP e/o un altro elemento in grado di elaborare dati –, una
10 memoria 42 – preferibilmente, sia di tipo volatile sia non-volatile –, un sensore di movimento, preferibilmente una IMU 43 (acronimo di Inertial Measurement Unit), un'unità di comunicazione, preferibilmente un'unità BLE 44 (acronimo di Bluetooth Low Energy). Per esempio, la IMU 43 comprendente almeno due accelerometri e un giroscopio verticale. Più preferibilmente, l'IMU 43 comprende
15 un accelerometro tridimensionale e un giroscopio tridimensionale, ad esempio l'IMU 43 può essere implementata da un modulo della famiglia iNEMO di ST Microelectronics per esempio un modulo LSM6DSM.

Il modulo elettronico 40 comprende inoltre un'unità di potenza 45 connesso alla batteria 50 e alle altre unità del modulo elettronico per fornire energia elettrica agli stessi. Opzionalmente, il modulo elettronico 40 può comprendere
20 un'interfaccia utente 46 – per esempio da un semplice LED a un sistema complesso dotato di elementi di input/output – e/o un connettore 47 per consentire la carica della batteria 50 e/o il trasferimento di dati da/verso l'unità di controllo 41. Preferibilmente, il connettore 47 è accessibile attraverso un'apertura (non illustrata nelle Figure) fornita nell'involucro 10, per esempio in
25 corrispondenza dell'estremità dell'involucro 10 opposta all'estremità da cui fuoriesce l'estremità scrivente 21 dell'elemento scrivente 20 della penna 1.

L'unità di controllo 41 è connessa al sensore di forza 30 e alla IMU 43, per ricevere misure di relative grandezze fisiche rilevati dagli stessi, alla memoria 42, per memorizzare dati e accedere a dati memorizzati nella stessa, e al BLE 44, per
30 controllarne l'attivazione e la trasmissione di dati, ma più preferibilmente una ricetrasmittente dati, da parte dello stesso.

In particolare, la penna 1 appena descritta è conformata in modo che la prima porzione 13 dell'involucro 10 contenga sostanzialmente solo l'elemento scrivente 20 della penna 1, mentre la seconda porzione 15 contenga il modulo elettronico
35 40, la batteria 50 e contenga o supporti meccanicamente il sensore di forza 30. Di

conseguenza, quando la prima porzione 13 e la seconda porzione 15 dell'involucro 10 sono separate, è possibile sostituire un elemento scrivente 20, per esempio un refill esaurito, in modo estremamente semplice senza la necessità di alcuna competenza specifica.

- 5 Inoltre, il modulo elettronico 40 è progettato in modo che la IMU 43 si trovi in una posizione prossimale a una seconda estremità 19 dell'involucro 10 e distale dalla prima estremità 11 dell'involucro 10, rispetto alla direzione principale P della penna 1, quando la penna 1 è assemblata. In altre parole, il sensore di movimento della penna 1 si trova in corrispondenza della seconda estremità 19
10 della penna 1.

La penna 1 può fare parte di un sistema di analisi della scrittura 100 illustrato schematicamente in Figura 3a. Il sistema 100 comprende la penna 1 e un dispositivo elaboratore 80. Il dispositivo elaboratore 80 è configurato per ricevere dati dalla penna 1 ed elaborarli, come descritto in maggiore dettaglio nel seguito
15 allo scopo di analizzare la scrittura di un individuo che utilizza la penna 1. A tale scopo, il dispositivo elaboratore 80 comprende un'unità di comunicazione 81, configurata per ricevere, ma più preferibilmente scambiare, dati dal BLE 44 della penna 1, un'unità di controllo 83, configurata per elaborare i dati ricevuti, una memoria 85 configurata per memorizzare dati ricevuti, dati di elaborazioni e
20 istruzioni di elaborazione, e un'interfaccia utente 87 configurata per fornire informazioni e ricevere istruzioni da un utente. Come sarà evidente alla persona esperta il dispositivo elaboratore 80 può essere implementato attraverso un singolo dispositivo elettronico o una rete di dispositivi elettronici distribuita di tipo fisico e/o virtuale. Per esempio, il dispositivo elaboratore 80 può
25 comprendere risorse di elaborazione e/o di memorizzazione fornite da uno o più data center e/o una o più tra risorse di cloud computing ed edge computing.

In una forma di realizzazione alternativa, illustrata schematicamente in Figura 3b, il sistema 101 prevede che la penna 1 si connetta e trasferisca dati a un dispositivo intermedio 90, per esempio uno smartphone, un modem, uno switch,
30 una console, ecc. A sua volta, il dispositivo intermedio è configurato per stabilire una connessione attraverso una rete di telecomunicazioni I (cablata e/o wireless e/o internet) e trasmette i dati forniti dalla penna 1 al dispositivo elaboratore 80.

In una forma di realizzazione, l'unità di controllo 41 della penna 1 è configurata per implementare una procedura 300 di acquisizione e trasmissione dei dati
35 descritta di seguito in relazione al diagramma di flusso di Figura 4.

La procedura 300 prevede di monitorare le misure di movimento m_M fornite dalla IMU 43 (blocco 301). Per esempio, le misure di movimento fornite dalla IMU 43 comprendono tre misure di accelerazione lineare lungo assi di riferimento x, y e z – laddove l'asse z è, preferibilmente, allineato alla direzione principale P della penna 1 e orientato verso la seconda estremità 19 dell'involucro 10 – e tre misure di velocità angolare riferita ai medesimi assi di riferimento x, y e z. In altre parole, le misure di movimento m_M fornite dalla IMU 43 corrispondono a un vettore comprendente tre valori di accelerazione lineare e tre valori di velocità angolari in funzione del tempo.

Le misure di movimento m_M sono analizzate per rilevare un istante di tempo iniziale t_0 in cui le misure di movimento superano a un primo valore di soglia th_1 (blocco decisionale 303). In particolare, il primo valore di soglia th_1 è indicativo di un passaggio da una condizione stazionaria della penna 1 a una condizione di movimento della stessa. Nella forma di realizzazione preferita, il primo valore di soglia th_1 è un vettore comprendente tre valori di accelerazione lineare e tre valori di velocità angolari di soglia e il superamento di uno tra tali valori di accelerazione lineare e valori di velocità angolari di soglia da parte di uno dei corrispondenti valori delle misure di movimento m_M è considerato un superamento del primo valore di soglia th_1 . Preferibilmente, il primo valore di soglia th_1 è considerato superato quando è superato da una delle misure di movimento m_M per un intervallo di tempo minimo. Per esempio, nel caso della IMU 43 sia implementata da un modulo LSM6DSM la verifica del superamento del primo valore di soglia th_1 può essere eseguita tramite la funzione di wake-up di tale modulo.

Nel caso non siano rilevate misure di movimento m_M maggiori del primo valore di soglia th_1 (ramo di uscita N del blocco 303), è previsto di proseguire il monitoraggio delle misure di movimento m_M – in altre parole, la procedura 300 è reiterata dal passo descritto in relazione al blocco 301.

Diversamente, quando le misure di movimento m_M rilevate sono maggiori del primo valore di soglia th_1 (ramo di uscita Y del blocco 303), è attivata l'unità BLE 44 al fine di permettere di stabilire un canale di comunicazione con il dispositivo elaboratore 80 entro periodo di tempo di connessione T_{Max} , ossia un intervallo di tempo compreso l'istante di tempo iniziale t_0 e un'istante di tempo limite t_{Max} (ossia, $T_{Max} = t_{Max} - t_0$) – diretto o attraverso il dispositivo aggiuntivo 90 e la rete di comunicazione I – (blocco 305).

Le misure di movimento m_M sono monitorate per conteggiare un numero di misure di movimento m_M maggiori del primo valore di soglia th_1 entro un intervallo di tempo di conteggio Δt_C compreso tra un istante di tempo intermedio t_I e l'istante di tempo limite t_{Max} (ossia, $\Delta t_C = t_{Max} - t_I$, con $t_I > t_0$) (blocco 307).

- 5 Di seguito è verificato se è stato stabilito un canale di comunicazione tra l'unità BLE e il dispositivo elaboratore 80 entro il periodo di tempo di connessione T_{Max} (blocco decisionale 309).

Nel caso non sia stabilito un canale di comunicazione tra l'unità BLE e il dispositivo elaboratore 80 entro il periodo di tempo di connessione T_{Max} (ramo di uscita N del blocco 309), è previsto di verificare se il numero di misure di m_M maggiori del primo valore di soglia th_1 conteggiate nell'intervallo di tempo di conteggio Δt_C supera un secondo valore di soglia th_2 – ossia, un numero N di conteggi predeterminato (blocco decisionale 311). In particolare, il secondo valore di soglia th_2 è indicativo di un utilizzo della penna 1 da parte di un
 10 individuo (non illustrato) per scrivere su un supporto F (per esempio, un foglio di carta o un cartoncino).

Nel caso non sia rilevato un numero di misure di movimento m_M maggiore del secondo valore di soglia th_2 entro l'intervallo di tempo di conteggio Δt_C (ramo di uscita N del blocco 311), è previsto di disattivare l'unità BLE 44 (blocco 313) al
 20 termine del periodo di tempo di connessione T_{Max} e riprendere il monitoraggio delle misure di movimento m_M – in altre parole, la procedura 300 è reiterata dal passo descritto in relazione al blocco 301.

Al contrario, se è sia rilevato un numero di misure di movimento m_M maggiore del secondo valore di soglia th_2 entro l'intervallo di tempo di conteggio Δt_C , ma
 25 non è stato stabilito un canale di comunicazione tra l'unità BLE e il dispositivo elaboratore 80 entro periodo di tempo di connessione T_{Max} (ramo di uscita Y del blocco 309), è previsto di disattivare l'unità BLE 44 (blocco 315) e memorizzare le misure di movimento m_M fornite dal sensore di movimento 43 e le misure di forza m_P fornite dal sensore di forza 30 nella memoria 42 del modulo elettronico 40
 30 (blocco 317). Per esempio nel caso si desiderino individuare tremori nella scrittura, le misure di movimento m_M e pressione m_P sono campionate con una frequenza uguale a, o maggiore di, 30 Hz preferibilmente uguale a, o maggiore di, 50 Hz, in modo che i dati acquisiti contengano informazioni utili riguardo il tremore – in quanto, la frequenza più elevata associata al tremore è
 35 sostanzialmente pari a 25 Hz. Preferibilmente, le misure di movimento m_M e le

misure di forza m_P sono memorizzate assieme a un'indicazione dell'istante di tempo, per esempio una marca temporale o timestamp – in cui tali misure sono acquisite.

- 5 Le misure di movimento m_M fornite dal sensore di movimento 43 sono monitorate per individuare un annullamento di una o più, preferibilmente tutte, le misure di movimento m_M fornite dal sensore di movimento 43 (blocco decisionale 319). In altre parole, è verificato quando una o più delle misure di movimento m_M sono pari a zero, evento indicativo del termine o interruzione di un'operazione di scrittura da parte dell'individuo esaminato.
- 10 In caso negativo (ramo di uscita N del blocco 319), è previsto di proseguire la memorizzazione misure di movimento m_M fornite dal sensore di movimento 43 e le misure di forza m_P fornite dal sensore di forza 30 reiterando la procedura 300 dal precedente blocco 317.

- 15 In caso sia rilevato annullamento di una o più, preferibilmente tutte, le misure di movimento m_M (ramo di uscita Y del blocco 319), è previsto di interrompere la memorizzazione misure di movimento m_M fornite dal sensore di movimento 43 e le misure di forza m_P fornite dal sensore di forza 30 (blocco 321) e di riattivare l'unità BLE 44 per un nuovo periodo di tempo di comunicazione T_{Max} , al fine di rendere disponibili le misure di movimento m_M e le misure di forza m_P
- 20 memorizzate nell'unità di memoria 42 al dispositivo elaboratore 80 (blocco 323).

Di seguito, è monitorata l'attività dell'unità BLE 44 per verificare la presenza di un canale di comunicazione tra l'unità BLE 44 e il dispositivo elaboratore 80 entro il periodo di tempo di comunicazione T_{Max} (blocco decisionale 325).

- 25 Nel caso non sia stabilito un canale di comunicazione tra l'unità BLE 44 e il dispositivo elaboratore 80 (ramo di uscita N del blocco 325), l'unità BLE 44 è spenta nuovamente per un periodo di attesa τ (blocco 327) prima che sia riattivata per permettere di stabilire un canale di comunicazione con il dispositivo elaboratore 80 reiterando la procedura 300 da quanto descritto in relazione al blocco 323.

- 30 Quando è stabilito il canale di comunicazione tra l'unità BLE 44 e il dispositivo elaboratore 80 (ramo di uscita Y del blocco 325) è prevista la trasmissione delle misure di movimento m_M e delle misure di forza m_P memorizzate nell'unità di memoria 42 al dispositivo elaboratore 80 (blocco 329). Al termine della trasmissione, è, preferibilmente, previsto di eseguire una formattazione – di alto

livello o basso livello – dell'unità di memoria 42 (blocco 331). Successivamente, la procedura 300 prosegue come descritto sopra in relazione al blocco 313.

In caso il canale di comunicazione tra l'unità BLE 44 e il dispositivo elaboratore 80 sia stabilito entro il periodo di tempo di connessione T_{Max} (ramo di uscita Y del blocco 309), è previsto di trasmettere direttamente al dispositivo remoto 80 le misure di movimento m_M fornite dal sensore di movimento 43 e le misure di forza m_P fornite dal sensore di forza 30 (blocco 333). In altre parole l'unità BLE 44 rende disponibili le misure di movimento m_M fornite dal sensore di movimento 43 e le misure di forza m_P fornite dal sensore di forza 30 al dispositivo elaboratore 80, come uno streaming di dati. Anche in questo caso, preferibilmente, le misure di movimento m_M e pressione m_P sono campionate prima della trasmissione con una frequenza uguale a, o maggiore di, 30 Hz, ancor più preferibilmente uguale a, o maggiore di, 50 Hz, allo scopo di individuare tremori nella scrittura. Preferibilmente, le misure di movimento m_M e le misure di forza m_P sono rese disponibili assieme al timestamp, indicativo dell'istante di tempo in cui tali misure sono acquisite.

Successivamente, è previsto di monitorare il canale di comunicazione per identificarne un'interruzione, in particolare, ad opera del dispositivo elaboratore 80 (blocco decisionale 335). Nel caso non sia rilevata un'interruzione del canale di comunicazione (ramo di uscita N del blocco 335), è previsto di proseguire la trasmissione delle misure di movimento m_M e delle misure di forza m_P sostanzialmente in tempo reale come descritto in relazione al precedente blocco 333.

Diversamente, nel caso non sia rilevata un'interruzione del canale di comunicazione (ramo di uscita Y del blocco 335), è previsto di disattivare l'unità BLE 44 reiterando la procedura 300 a partire da quanto descritto in riferimento al blocco 313.

Grazie alla procedura 300 la penna 1 è in grado di fornire una elevata quantità di dati relativi alla scrittura dell'individuo esaminato al dispositivo elaboratore 80, sostanzialmente ogniqualvolta la penna 1 è utilizzata dall'individuo in possesso della penna 1, senza che vi sia necessità di supervisione da un operatore specializzato. Questo permette di acquisire dati relativi alla scrittura dell'individuo per periodi temporali lunghi, quindi permettendo un'analisi accurata della scrittura dell'individuo esaminato e/o identificare con maggiore

precisioni variazioni nello stile di scrittura dell'individuo esaminato, per esempio indicative di una patologia neurodegenerativa.

Nelle forme di realizzazione della presente invenzione il dispositivo elaboratore 80 è configurato per eseguire una pluralità di procedure di elaborazione sui dati
5 forniti dalla penna 1.

Una prima procedura 400 permette di distinguere singoli movimenti continui, indicati come stroke nel gergo, separati da interruzioni di movimento eseguiti dall'individuo esaminato durante la scrittura o il disegno. In particolare, uno stroke sk è definito come un insieme di misure di movimento m_M e pressione m_P
10 acquisite in un intervallo di tempo di stroke Δt_s durante il quale la misura di forza m_P non è nulla preceduto e seguito da istanti di tempo in cui la misura di forza m_P è nulla o al di sotto di un valore limite inferiore – in altre parole, l'intervallo di tempo di stroke Δt_s è un intervallo di tempo in cui è esercitata una forza sull'elemento scrivente 20 della penna 1 avente almeno una componente allineata
15 alla direzione principale P e diretta verso l'estremità scrivente 21 dell'elemento scrivente 20.

La procedura 400 (di cui un diagramma di flusso è illustrato in Figura 5) inizialmente prevede di determinare un disturbo statico, o offset, sulla misura di forza m_P durante la scrittura (blocco 401). Per esempio, l'offset di disturbo è
20 definito come la moda del filtro mediano calcolato su un numero predeterminato di campioni della misura di forza m_P , per esempio 50 campioni, di un insieme di misure di forza m_P iniziale fornito dal sensore di forza 30 – o analogamente, l'offset può essere valutato su un insieme di misure acquisite durante un periodo di tempo di offset.

Tale offset è quindi sottratto dalle misure di forza m_P fornite dal sensore di forza 30 (blocco 403). In particolare, è possibile rimuovere l'offset dalle medesime
25 misure di forza m_P utilizzate per determinare l'offset.

Successivamente, le misure di forza m_P fornite dal sensore di forza 30 sono elaborate per rimuovere variazioni lente, deviazioni dovute a errori di misura e
30 rumore casuale, indicati nel loro complesso anche come baseline (blocco 405). Nell'esempio considerato, le misure di forza ricevute dalla penna 1 e private dell'offset sono fornite in ingresso a un algoritmo di stima e rimozione della baseline e del rumore che, preferibilmente, utilizza il concetto di sparsità. Per esempio, il dispositivo elaboratore implementa una versione adattata
35 dell'algoritmo BEADS di Matlab® descritto anche in Xiaoran Ning, Ivan W.

Selesnick, Laurent Duval: "*Chromatogram baseline estimation and denoising using sparsity (BEADS)*", Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, December 2014.

- 5 I valori delle misure di forza m_P così trattate inferiori a un valore di soglia minimo – per esempio, determinato in una fase di calibrazione dello strumento – sono portati a zero (blocco 407).

Ogni insieme di misure di forza m_P consecutive nel tempo non nulle è identificata come un corrispondente stroke sk (come mostrato nell'esempio di Figura 6) eseguito dall'individuo esaminato (blocco 409).

- 10 Preferibilmente, è previsto di associare tra loro le misure di forza e di movimento acquisite durante l'esecuzione di un medesimo stroke sk memorizzate nella memoria 85 del dispositivo elaboratore 80 (blocco 411). In altre parole, le misure acquisite dai sensori 30 e 43 fornite dalla penna 1 raggruppate in base agli stroke sk identificati nella memoria 85 del dispositivo elaboratore 80.
- 15 Diversamente, una seconda procedura 500 permette di stimare un'inclinazione della penna 1 durante il suo utilizzo.

La seconda procedura 500 (come illustrato nel diagramma di flusso di Figura 7) prevede di verificare se la penna è in una condizione di utilizzo statico o semi-statico, oppure in una condizione di utilizzo dinamico (blocco decisionale 501).

- 20 Per esempio, la condizione di utilizzo è discriminata in base ai valori delle misure di movimento m_M fornite dalla IMU 43, in particolare, la penna 1 è considerata in una condizione di utilizzo statico o semi-statico quando uno o più valori delle misure di movimento m_M variano con una frequenza inferiore a un valore di frequenza di soglia, diversamente la penna 1 è considerata in una condizione di
- 25 utilizzo dinamico quando uno o più valori delle misure di movimento m_M variano con una frequenza superiore al valore di frequenza di soglia.

Nel caso sia identificata una condizione di utilizzo dinamica (ramo di uscita D del blocco 501), è previsto di combinare le misure di accelerazione lineare e di velocità angolare fornite dalla IMU 43 per identificare un tasso di variazione,

30 ossia una velocità angolare $\dot{\vartheta}$, in funzione del tempo dell'angolo di inclinazione ϑ della penna 1 rispetto all'orizzontale o alla normale al supporto su cui è eseguita la scrittura.

In particolare, la procedura 500 prevede di calcolare una prima velocità angolare

di inclinazione $\dot{\vartheta}_g$ attraverso le misure della velocità angolare contenute nelle misure di movimento m_M fornite dalla IMU 43 (blocco 503) – in particolare, per mezzo le misure della velocità angolare rispetto agli assi x e y. Analogamente, è previsto di calcolare una seconda velocità angolare di inclinazione $\dot{\vartheta}_a$ attraverso le misure di accelerazione lineare contenute nelle misure di movimento m_M fornite dalla IMU 43 (blocco 505) e quindi determinare l'angolo di inclinazione $\hat{\vartheta}_a$ (blocco 507). Di conseguenza, è calcolata una velocità angolare di inclinazione corretto $\dot{\vartheta}$ della penna 1 secondo la formula:

$$\dot{\vartheta} = k_1 \dot{\vartheta}_g + k_2 (\hat{\vartheta}_a - \hat{\vartheta}), \quad (1)$$

dove k_1 è un parametro costante compreso tra 1,2 e 1,7, preferibilmente pari a 1,5, e k_2 è un parametro costante compreso tra 0,3 e 0,6, preferibilmente pari a 0,4 (blocco 509).

Opzionalmente, a partire dalla velocità angolare di inclinazione complessiva $\dot{\vartheta}$ è calcolato il valore dell'angolo di inclinazione ϑ in funzione del tempo (blocco 511).

Infine, la velocità angolare di inclinazione complessiva $\dot{\vartheta}$ – e i valori dell'angolo di inclinazione ϑ , se calcolato – è memorizzata nella memoria 85 del dispositivo elaboratore 80 ed è associata alle corrispondenti misure di movimento m_M e di pressione m_P fornite dalla IMU 43 della penna 1 (blocco 513).

Diversamente, se è verificata una condizione di utilizzo statico o semi-statico (ramo di uscita S del blocco 501), è previsto di utilizzare la misura dell'accelerometro allineato all'asse z compresa nelle misure di movimento m_M per calcolare l'angolo di inclinazione della penna 1 attraverso la seguente formula:

$$\vartheta = \sin^{-1} \left(\frac{a_z}{g} \right), \quad (2)$$

dove a_z è la misura fornita dall'accelerometro allineato all'asse z e g è l'accelerazione di gravità (blocco 515).

Opzionalmente, la formula (2) può essere sostituita dalla seguente un'approssimazione lineare per piccoli angoli:

$$\vartheta \cong k \times \left(\frac{a_z}{g} \right), \quad (3)$$

con $k = 1$.

Una terza procedura 600 eseguita dal dispositivo elaboratore 80 permette di identificare i simboli tracciati dall'individuo sotto esame.

5 In dettaglio, la procedura 600 prevede di implementare una rete neurale addestrata a riconoscere uno o più simboli tracciati dall'individuo per mezzo della penna 1.

10 Inizialmente, la procedura 600 (come illustrato nel diagramma di flusso di Figura 8) prevede di raccogliere le misure fornite dal sensore di forza 30 e dalla IMU 43 della penna 1 in una pluralità di serie temporali $x(t)$ di misure da analizzare (blocco 601). Preferibilmente, ciascuna serie temporale è definita come:

$$x(t) = [f(t), \vartheta(t)]' \in R^2, \quad (2)$$

15 Dove $f(t)$ rappresenta l'andamento in funzione del tempo della pressione ottenuta dalle misure di forza m_P fornite dal sensore di forza 30 della penna 1 e $\vartheta(t)$ rappresenta l'andamento in funzione del tempo dell'angolo di inclinazione della penna 1 ottenuta dalle misure di movimento m_M fornite dalla IMU 43.

Per esempio, ciascuna serie temporale $x(t)$ corrisponde a uno stroke sk identificato tramite la procedura 400 sopra descritta.

20 Ciascuna serie temporale $x(t)$ è fornita in ingresso alla rete neurale, preferibilmente di tipo ricorsivo, la quale la identifica sulla base di un confronto con una pluralità di sequenze di addestramento precedentemente acquisite, un simbolo sy corrispondente a, o che comprende, lo stroke sk analizzato (blocco 603).

25 In una forma di realizzazione, l'addestramento prevede di acquisire una pluralità di sequenze di addestramento $x_a(t)$ per ciascun simbolo da riconoscere, facendo tracciare tale simbolo da una pluralità di soggetti campione. Preferibilmente, ciascuna sequenza di addestramento $x_a(t)$ ha una medesima durata, per esempio pari a 1,2 s – ossia, comprende 60 campioni di misura con frequenza di campionamento a 50 Hz sopra menzionata, laddove è previsto di applicare una strategia di zero-padding per raggiungere 60 campioni in caso di sequenze di
30 addestramento con un numero di campioni inferiori. Per esempio, la rete neurale implementata dal dispositivo remoto 80 è basata su quanto descritto in K. Greff, R. K. Srivastava, J. Koutník, B. R. Steunebrink and J. Schmidhuber: "LSTM: A Search Space Odyssey", IEEE Transactions on Neural Networks and

Learning Systems, vol. 28, no. 10, pp. 2222-2232, Oct. 2017 e addestrata in modo analogo a quanto descritto in Akhundov, Adnan & Trautmann, Dietrich & Groh, Georg: "*Sequence Labeling: A Practical Approach*", 2018, arXiv:1808.03926.

Infine, il risultato dell'analisi della rete neuronale, ossia un'indicazione relativa al simbolo sy identificato e, preferibilmente, un valore di confidenza di tale identificazione sono memorizzati nella memoria 85 associati al corrispondente stroke sk (blocco 605).

Come sarà evidente alla persona esperta da quanto sopra indicato, il dispositivo elaboratore 80 può essere configurato per memorizzare le misure fornite dalla penna 1 e i risultati dell'esecuzione delle procedure 400 – 600 sopra descritte in modo organizzato. Vantaggiosamente, come illustrato schematicamente in Figura 9 i dati relativi alla scrittura ottenuti – ossia misurati o elaborati – in relazione a un medesimo periodo di tempo di scrittura sono identificati come parte di un medesimo flusso di scrittura W_m . Inoltre, le misure di movimento m_M , le misure di forza m_P , il timestamp associato alle misure, la velocità angolare di inclinazione $\dot{\vartheta}$ – e l'angolo di inclinazione ϑ , se calcolato –, il simbolo sy identificato – e il relativo valore di confidenza se calcolato – relativi a un medesimo stroke s sono raggruppati in un insieme di dati di stroke S . Inoltre, almeno nel caso di un flusso di scrittura W_m acquisito attraverso una trasmissione diretta, il flusso di scrittura W_m comprende un insieme di dati "in-air" O ossia associati a un istante in cui l'individuo allontana la penna 1 da supporto F tra uno stroke s e il successivo. Anche l'insieme di dati in-air O comprende misure di movimento m_M , mentre le misure di forza m_P sono nulle essendo la penna 1 separata dal supporto F , il timestamp tp associato alle misure, la velocità angolare di inclinazione $\dot{\vartheta}$ – e l'angolo di inclinazione ϑ , se calcolato – relativi a un medesimo periodo di tempo tra stroke s consecutivi. Pertanto, la memoria comprenderà una pluralità di flussi di scrittura W_{1-M} (con M intero naturale) indicativi di differenti operazioni di scrittura eseguite dall'individuo durante corrispondenti periodi di tempo. Ciascun, flusso di scrittura W_m (con m compreso tra 1 e M) comprende una pluralità di insiemi di dati di stroke S_{1-N} , dove con N è un intero naturale corrispondente al numero di stroke s individuati durante il flusso di scrittura W_m intervallati da insiemi di dati in-air O_{1-L} , dove con L è un intero naturale corrispondente al numero di periodi di tempo in cui la misura di forza m_P si annulla tra uno stroke e il consecutivo.

Inoltre, il dispositivo elaboratore 80 è configurato per eseguire una procedura 700 di analisi della scrittura dell'individuo, al fine di individuare variazioni nella

capacità di scrittura dell'individuo esaminato, per esempio, una compromissione della capacità di scrittura dovuta all'insorgere di una patologia neurodegenerativa.

5 La procedura 700 prevede di confrontare una o più dei dati memorizzati negli insiemi di dati di stroke S_n dei differenti flussi di scrittura W_m memorizzati dal dispositivo elaboratore 80 e fornire indicazioni su variazioni nell'esecuzione della scrittura da parte dell'individuo esaminato.

10 In una forma di realizzazione, la procedura 700 (come illustrato nel diagramma di flusso di Figura 10) prevede di identificare stroke sk simili appartenenti a una pluralità di differenti flussi W_m di scrittura, acquisiti quindi in istanti temporali differenti (blocco 701). Per esempio, la procedura 700 prevede di identificare stroke sk appartenenti a flussi di scrittura W_m differenti, associati a un medesimo simbolo identificato tramite la procedura 600.

15 Successivamente, è previsto di analizzare gli insiemi di dati di stroke S_n corrispondenti tale pluralità di stroke sk identificati per identificare variazioni significative tra flussi di scrittura W_m successivi nel tempo (blocco 703). In altre parole, sono individuate variazioni nello stile di scrittura di un medesimo simbolo da parte dell'individuo esaminato al trascorrere del tempo. Per esempio, sono applicati algoritmi che prevedono di determinare correlazione, varianza
20 e/o altre informazioni statistiche da confronto degli insiemi di dati di stroke S_n in grado di permettere di evidenziare una modifica della capacità di scrittura dell'individuo. In aggiunta o in alternativa, è prevista una rete neurale addestrata a identificare variazioni progressive nella sequenza insiemi di dati di stroke S_n analizzati.

25 Infine, è generato un report indicativo del tipo di variazione identificata, il quale è fornito ad un utente del dispositivo elaboratore 80 attraverso l'interfaccia utente 87 (blocco 705).

30 È tuttavia chiaro che gli esempi sopra riportati non devono essere interpretati in senso limitativo e l'invenzione così concepita è suscettibile di numerose modifiche e varianti.

Ad esempio, i sensori possono avere un posizionamento differente all'interno della penna. In particolare, sebbene il sensore di movimento è, preferibilmente, alloggiato in una posizione avente una distanza minore dalla seconda estremità dell'involucro rispetto a una distanza dalla prima estremità dello stesso, nulla

vieta che in altre forme di realizzazione il sensore di movimento sia situato in prossimità dell'estremità scrivente dell'elemento di scrittura, il refill nell'esempio sopra considerato.

5 Per esempio, sebbene la forma di realizzazione sopra descritta faccia riferimento a una penna a sfera è evidente che in altre forme di realizzazione lo strumento di scrittura può essere differente, come una matita infinita, una matita di tipo 'pop-a-point', un pennarello, ecc.

10 Inoltre, forme di realizzazione alternative (non illustrate), possono prevedere un elemento di spinta – per esempio una molla – adatto a spingere l'elemento scrivente – il refill o una mina di matita – verso l'esterno lungo la direzione principale dello strumento di scrittura. In tale caso, l'unità di controllo a bordo dello strumento di scrittura o il dispositivo elaboratore sono configurati per compensare la componente di forza impressa da tale elemento di spinta.

15 Nulla vieta di utilizzare un elemento differente da una IMU per determinare il movimento dello strumento di scrittura. Per esempio, il sensore di movimento, può comprendere per esempio, uno o più tra sensori di accelerazione lineare, sensori di velocità angolare, giroscopi, un magnetometro, ecc., vantaggiosamente, disposti in prossimità dell'estremità dell'involucro opposta all'estremità da cui sporge l'elemento scrivente. In generale, il sensore di
20 movimento di uno strumento di scrittura secondo la presente invenzione fornisce un'indicazione relativa al movimento dello strumento di scrittura in uno spazio tridimensionale.

Allo stesso modo, la pressione applicata dall'individuo durante la scrittura può essere rilevata tramite un sensore di forza differente da una cella di carico, come
25 sensore resistivo, un sensore capacitivo o un altro sensore analogo.

Ancora, nulla vieta che il sistema comprenda più strumenti di scrittura secondo la presente invenzione, configurati per connettersi e trasmettere dati al medesimo dispositivo elaboratore. A sua volta, il dispositivo elaboratore è configurato elaborare separatamente i flussi di scrittura forniti da ciascuno strumento di
30 scrittura.

In aggiunta o in alternativa, il dispositivo elaboratore può essere configurato per utilizzare le misure fornite dagli strumenti di scrittura associati per generare nuovi dataset di addestramento per le reti neurali in uso.

Inoltre, nulla vieta che il dispositivo elaboratore implementi una o più procedure di aggiornamento o di correzione le quali prevedano di trasmettere istruzioni di configurazione allo strumento di scrittura per modificarne il funzionamento.

5 Come sarà evidente al tecnico del settore, uno o più passi della procedura 300 sopra descritta essere eseguiti in parallelo tra loro – come i passi relativi ai blocchi 315-319, i passi relativi ai blocchi 321-327, così come i passi relativi ai blocchi 329 e 331 – o con un ordine differente da quello sopra presentato. Analogamente, uno o più passi opzionali possono essere aggiunti o rimossi da uno o più delle procedure sopra descritte.

10 Inoltre, sarà evidente che l'attivazione del canale di trasmissione e/o la sua sospensione possono essere controllate dal dispositivo elaboratore e/o dall'unità di controllo della penna.

15 Secondo una forma di realizzazione alternativa (non illustrata) l'unità di controllo della penna è configurata per implementare una procedura di acquisizione delle misure alternativa, la quale prevede di:

- monitorare le misure fornite dal sensore di movimento, e
- attivare l'unità di comunicazione quando è rilevata una misura superiore al primo valore di soglia di trasmissione;
- in serie o in parallelo, memorizzare le misure fornite dalla pluralità di
- 20 sensori, quando è rilevato un numero maggiore del secondo valore di soglia di misure di movimento che superano il primo valore di soglia, e in cui l'unità di comunicazione è configurata per:
- trasmettere almeno parte delle misure memorizzate quando è stabilita una connessione con il dispositivo remoto.

25 In un'altra forma di realizzazione, la penna non prevede un'unità di memoria e, di conseguenza l'unità di controllo è configurata per:

l'unità di controllo è configurata per:

- monitorare le misure fornite dal sensore di movimento, e
- attivare l'unità di comunicazione quando è rilevata una misura di
- 30 movimento superiore a un valore di soglia;
- conteggiare un numero di misure di movimento che superano detto primo valore di soglia entro un intervallo di tempo di conteggio, preferibilmente compreso tra un'istante di tempo in cui è attivata l'unità di comunicazione e un istante di tempo massimo, e
- 35 - quando è stabilita una connessione al dispositivo remoto prima che il

tempo di connessione raggiunga l'istante di tempo massimo, l'unità di comunicazione è configurata per trasmettere le misure fornite dalla pluralità di sensori se il numero di misure di movimento conteggiate entro detto intervallo di tempo di conteggio supera un secondo valore di soglia.

- 5 In aggiunta o in alternativa, la trasmissione dei dati memorizzati nell'unità di memoria può essere eseguita solo una volta identificato una predeterminata condizione.

Per esempio, in una forma di realizzazione, le misure memorizzate nell'unità di memoria sono rese disponibili all'elaboratore remoto solo quando è rilevato che
 10 la penna è collegata a una sorgente di alimentazione per la ricarica della batteria. Ancora, nulla vieta che il dispositivo elaboratore sia configurato per trasmettere una richiesta di rendere disponibili eventuali dati memorizzati nell'unità di memoria della penna quando è stabilito un canale di comunicazione.

In aggiunta o in alternativa, nulla vieta – in una procedura alternativa (non
 15 illustrata) – di prevedere che la penna possa sospendere o interrompere il canale di comunicazione con il dispositivo elaboratore in risposta al rilevamento di un evento predeterminato. Per esempio, l'unità di controllo della penna può essere configurata per disattivare l'unità BLE quando è rilevato un annullamento di una o più, preferibilmente tutte, le misure di movimento per un periodo di tempo di
 20 inattività predeterminato.

In forme di realizzazione alternative, l'algoritmo di eliminazione della baseline usato nella procedura 400 può essere definito adattando gli insegnamenti contenuti in Barkauskas, Donald A, and David M Rocke. *"A general-purpose baseline estimation algorithm for spectroscopic data"* Analytica chimica acta, 2010,
 25 vol. 657,2 pagg. 191-7, in Vincent Mazet *"Background correction"* (<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/27429-background-correction>), MATLAB Central File Exchange, Retrieved March 26, 2020, oppure in Zhang, Zhimin & Chen, Shan & Liang, Yi-Zeng; *"Baseline correction using adaptive iteratively reweighted penalized least squares"* The Analyst, 30 2010, Vol.135, pagg. 1138-46.

Ancora nulla vieta di configurare la procedura 600 per analizzare serie temporali costituite da un insieme di stroke consecutivi e, eventualmente, periodi on-air, anziché un singolo stroke. In particolare, le serie temporali possono corrispondere a un simbolo o a un'intera parola.

Sarà evidente al tecnico del settore come una singola, o una combinazione di due o più, delle procedure 400 – 700 sopra presentate formano un metodo per l'analisi della scrittura di un individuo esaminato. In aggiunta, uno o più passi della medesima procedura o di differenti procedure possono essere eseguite in
5 parallelo tra loro o con un ordine differente da quello sopra presentato. Analogamente, uno o più passi opzionali possono essere aggiunti o rimossi da uno o più delle procedure sopra descritte.

Ancora, il sistema 1 può essere configurato per eseguire una procedura di analisi dei flussi di scrittura W in cui i dati memorizzati sono analizzati nel loro
10 complesso per individuare un sintomo di una patologia neurodegenerativa a prescindere dallo specifico simbolo o stroke tracciato. Per esempio, la procedura di analisi è configurata per estrarre indicatori di tremore – per esempio frequenza, ampiezza, entropia, ecc. della scrittura – e monitorarli nel tempo, permettendo di identificare l'insorgere di un tremore, anche a prescindere
15 dall'identificazione di fenomeni di micrografia nei flussi di scrittura prodotti dall'individuo esaminato per mezzo dello strumento di scrittura.

Naturalmente, tutti i dettagli sono sostituibili da altri elementi tecnicamente equivalenti.

Ad esempio, sebbene nella descrizione sopra riportata si sia fatto sempre
20 riferimento alla scrittura nulla vieta di utilizzare la penna e il sistema secondo le forme della presente invenzione per monitorare ed analizzare un'operazione di disegno eseguita dall'individuo per mezzo dello strumento di scrittura.

Inoltre, sebbene lo strumento di scrittura e il sistema secondo la presente invenzione siano particolarmente adatti per un monitoraggio e un'analisi della
25 scrittura trasparente all'utente, nulla vieta un utilizzo degli stessi per l'esecuzione di test controllati.

In aggiunta, nulla vieta di utilizzare lo strumento di scrittura e/o l'intero sistema secondo le forme di realizzazione della presente invenzione come interfaccia
30 utente per l'esecuzione di compiti interattivi non necessariamente collegati all'analisi della scrittura, come per esempio per lo svolgimento di cosiddetti exergames o serious game che prevedano compiti di scrittura e/o disegno.

In conclusione, i materiali impiegati, nonché le forme e le dimensioni contingenti dei dispositivi, apparati e terminali sopra menzionati potranno essere qualsiasi secondo le specifiche esigenze implementative senza per questo uscire

dall'ambito di protezione delle seguenti rivendicazioni. Per esempio, l'involucro dello strumento di scrittura può essere realizzato in metallo, in un materiale plastico o naturale.

RIVENDICAZIONI

1. Strumento (1) di scrittura comprendente:
 - un elemento scrivente (20);
 - una pluralità di sensori comprendente almeno:
 - 5 - un sensore di forza (30) configurato per misurare una forza applicata a detto elemento scrivente (20), e
 - un sensore di movimento (43) configurato per misurare movimento dello strumento (1) in uno spazio tridimensionale;
 - un'unità di comunicazione (44) configurata per trasmettere dette misure a
 - 10 un dispositivo remoto;
 - un'unità di controllo (41) connessa alla pluralità di sensori e all'unità di comunicazione (44) e configurata per controllare detta pluralità di sensori e detta unità di comunicazione (44), e
 - un involucro (10) cavo,
 - 15 caratterizzato dal fatto che
 - detto elemento scrivente comprende un'estremità di scrittura (21) configurata per depositare materiale su un supporto, e
 - dal fatto che
 - detto involucro è configurato per contenere:
 - 20 - parzialmente detto elemento scrivente (20), in modo da lasciare esposta l'estremità di scrittura (21) dell'elemento scrivente (20) attraverso una prima estremità (11) dell'involucro (10);
 - completamente detta pluralità di sensori, l'unità di controllo (41), l'unità di memoria (42) e l'unità di comunicazione (44).
- 25 2. Strumento (1) secondo la rivendicazione 1, in cui il sensore di movimento (43) è alloggiato in una posizione avente una distanza minore da una seconda estremità (19) di detto involucro (10) rispetto a una distanza dalla prima estremità (11) dello stesso, detta seconda estremità (19) dell'involucro (10) essendo opposta alla prima estremità (11) dello stesso.
- 30 3. Strumento (1) secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui il sensore di movimento (43) comprende almeno uno tra:
 - un sensore di accelerazione lineare configurato per fornire una misura di un'accelerazione dello strumento (1) lungo una direzione predeterminata;
 - un sensore di velocità angolare configurato per misurare una velocità di
 - 35 rotazione dello strumento (1) in un piano predeterminato, e
 - un magnetometro.

4. Strumento (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, ulteriormente comprendente:

- un'unità di memoria (42) connessa all'unità di controllo (41) e configurata per memorizzare una o più di dette misure, e

5 in cui l'unità di controllo (41) è configurata per:

- monitorare (301) le misure fornite dal sensore di movimento (43), e

- attivare (305) l'unità di comunicazione (44) quando è rilevata una misura superiore a un primo valore di soglia;

10 - conteggiare (307) un numero di misure di movimento che superano detto primo valore di soglia entro un intervallo di tempo di conteggio, e

- quando è stabilita una connessione al dispositivo remoto prima che il tempo di connessione raggiunga un tempo massimo, l'unità di comunicazione (44) è configurata trasmettere (333) le misure fornite dalla pluralità di sensori, o

15 - quando il tempo di connessione raggiunge un tempo massimo senza che sia stabilita una connessione al dispositivo remoto e il numero di misure di movimento conteggiate entro detto intervallo di tempo di conteggio supera un secondo valore di soglia, memorizzare (317) le misure fornite dalla pluralità di sensori nell'unità di memoria (42).

20 5. Strumento (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti da 1 a 3, in cui l'unità di controllo (41) è configurata per:

- monitorare le misure fornite dal sensore di movimento (43), e

- attivare l'unità di comunicazione (42) quando è rilevata una misura di movimento superiore a un valore di soglia, e

25 - quando è stabilita una connessione al dispositivo remoto prima che il tempo di connessione raggiunga l'istante di tempo massimo, l'unità di comunicazione (44) è configurata per trasmettere le misure fornite dalla pluralità di sensori (30, 43).

30 6. Strumento (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui l'involucro (10) comprende una prima porzione (13) e una seconda porzione (15) separabili, la prima porzione (13) e la seconda porzione (15) comprendendo corrispondenti aperture di accoppiamento (17, 18) trasversali a una direzione principale dell'involucro (10), laddove la prima porzione (13) è configurata per alloggiare detto elemento scrivente (20), mentre la seconda porzione (15) è configurata per alloggiare la pluralità di sensori, l'unità di controllo (41), l'unità
35 di memoria (42) e l'unità di comunicazione (44).

7. Strumento (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui

l'elemento scrivente (20) è selezionato tra:

- un refill per penna a inchiostro;
- un'anima di una matita infinita;
- una mina di una matita 'pop-a-point', e
- 5 - un bastoncino in materiale poroso imbevuto di inchiostro.

8. Sistema (100) di monitoraggio e analisi della scrittura comprendente uno strumento di scrittura (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti e un dispositivo elaboratore (80), detto dispositivo elaboratore (80) comprendendo a sua volta:

- 10 - un modulo di comunicazione (81) configurato per scambiare dati con l'unità di comunicazione (44) dello strumento di scrittura (1), e
- un modulo di elaborazione (83) configurato per elaborare i dati forniti dallo strumento di scrittura (1) e fornire un'indicazione relativa ad almeno un simbolo vergato con lo strumento di scrittura (1).

15 9. Metodo (400, 500, 600, 700) di analisi della scrittura, implementato dal sistema (100) secondo la rivendicazione 8, comprendente i passi di:

- determinare (401) un disturbo statico nelle misure di forza fornite dal sensore di forza (30) della pluralità di sensori dello strumento di scrittura (1);
- sottrarre (403) detto disturbo statico dalle misure di forza fornite dal
20 sensore di forza (30);
- elaborare (405) le misure di forza fornite dal sensore di forza (30) per mezzo di un algoritmo di stima e rimozione della baseline;
- convertire (407) in un valore nullo, ciascun valore di misura inferiore a un valore di soglia, e
- 25 - identificare (409) una successione di misure di forza differenti da zero come un singolo movimento continuo di scrittura eseguito attraverso lo strumento di scrittura (1).

10. Metodo (400, 500, 600, 700) secondo la rivendicazione 9, ulteriormente comprendente i passi di:

- 30 - determinare (501) una frequenza di variazione delle misure di movimento fornite dal sensore di movimento (43), e
quando detta frequenza di variazione è superiore a un valore di soglia:
- calcolare (503) una velocità angolare di inclinazione dello strumento di scrittura (1) sulla base di misure della velocità angolare comprese nelle misure di
35 movimento fornite dal sensore di movimento (43);
- calcolare (505) una ulteriore velocità angolare di inclinazione dello

strumento di scrittura (1) sulla base di misure di accelerazione lineare comprese nelle misure di movimento fornite dal sensore di movimento (43), e

- calcolare (509) una velocità angolare di inclinazione corretta dello strumento di scrittura (1) come:

$$5 \quad \dot{\hat{\vartheta}} = k_1 \dot{\hat{\vartheta}}_g + k_2 (\hat{\vartheta}_a - \hat{\vartheta}),$$

dove $\dot{\hat{\vartheta}}_g$ è la velocità angolare di inclinazione determinata sulla base delle misure di velocità angolari, $\hat{\vartheta}_a$ è l'angolo di inclinazione determinato sulla base dell'ulteriore velocità angolare di inclinazione dello strumento di scrittura sulla base di misure di accelerazione lineare, k_1 è un parametro costante compreso tra 1,2 e 1,7, preferibilmente pari a 1,5, e k_2 è un parametro costante compreso tra 0,3 e 0,6, preferibilmente pari a 0,4, e

10 quando detta frequenza di variazione è inferiore a un valore di soglia:

- calcolare l'angolo di inclinazione dello strumento di scrittura (1) come:

$$\vartheta = \sin^{-1} \left(\frac{a_z}{g} \right),$$

15 dove a_z è una misura di accelerazione misura allineata a una direzione principale dello strumento di scrittura (1) e g è l'accelerazione di gravità.

1/6

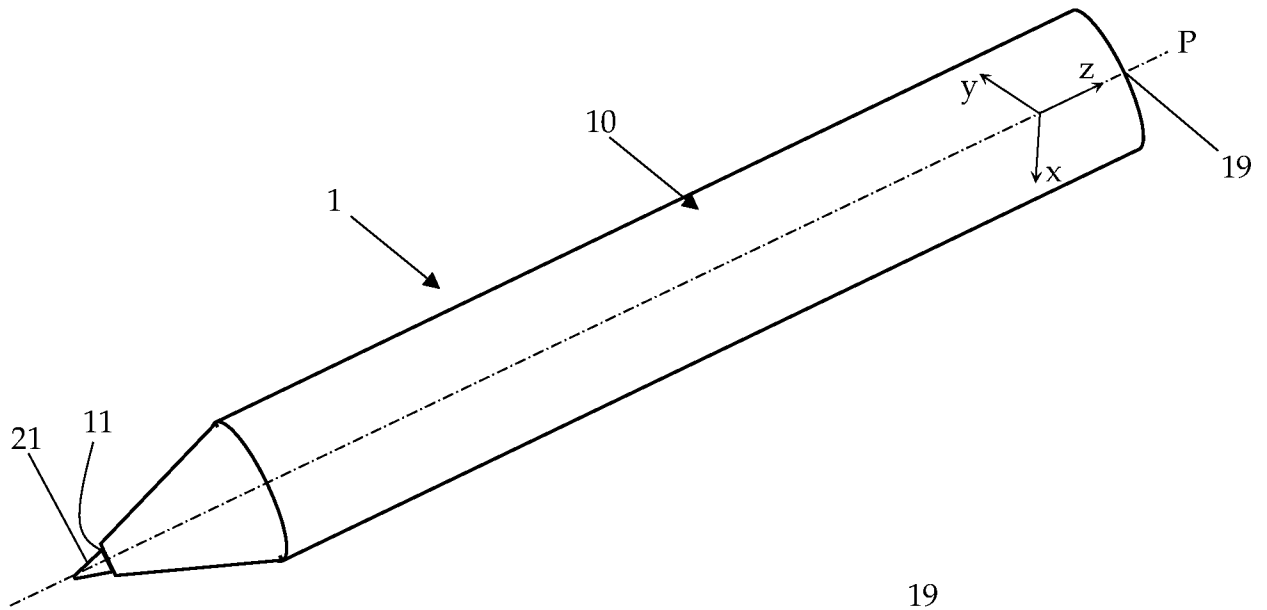


Fig.1a

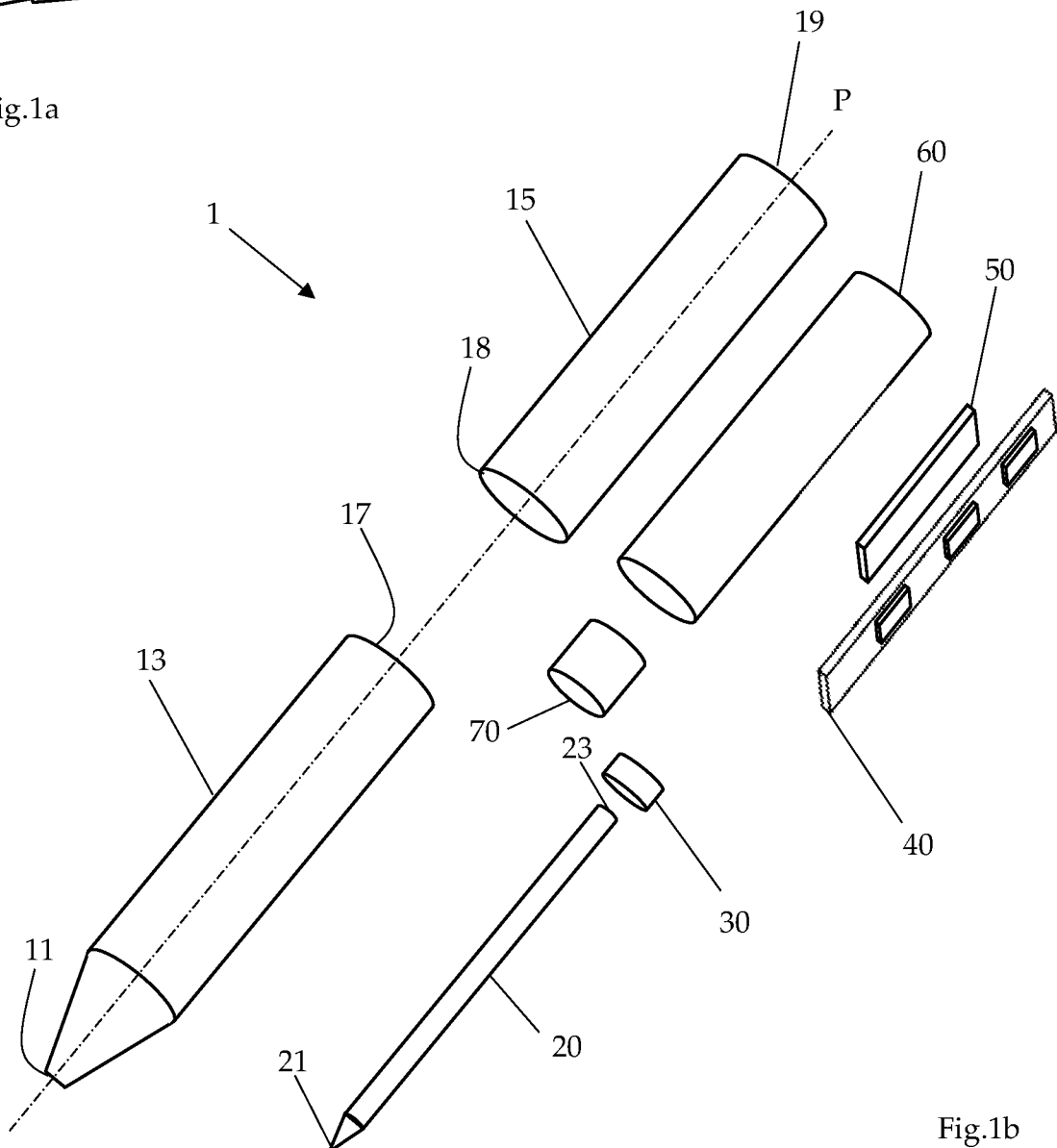
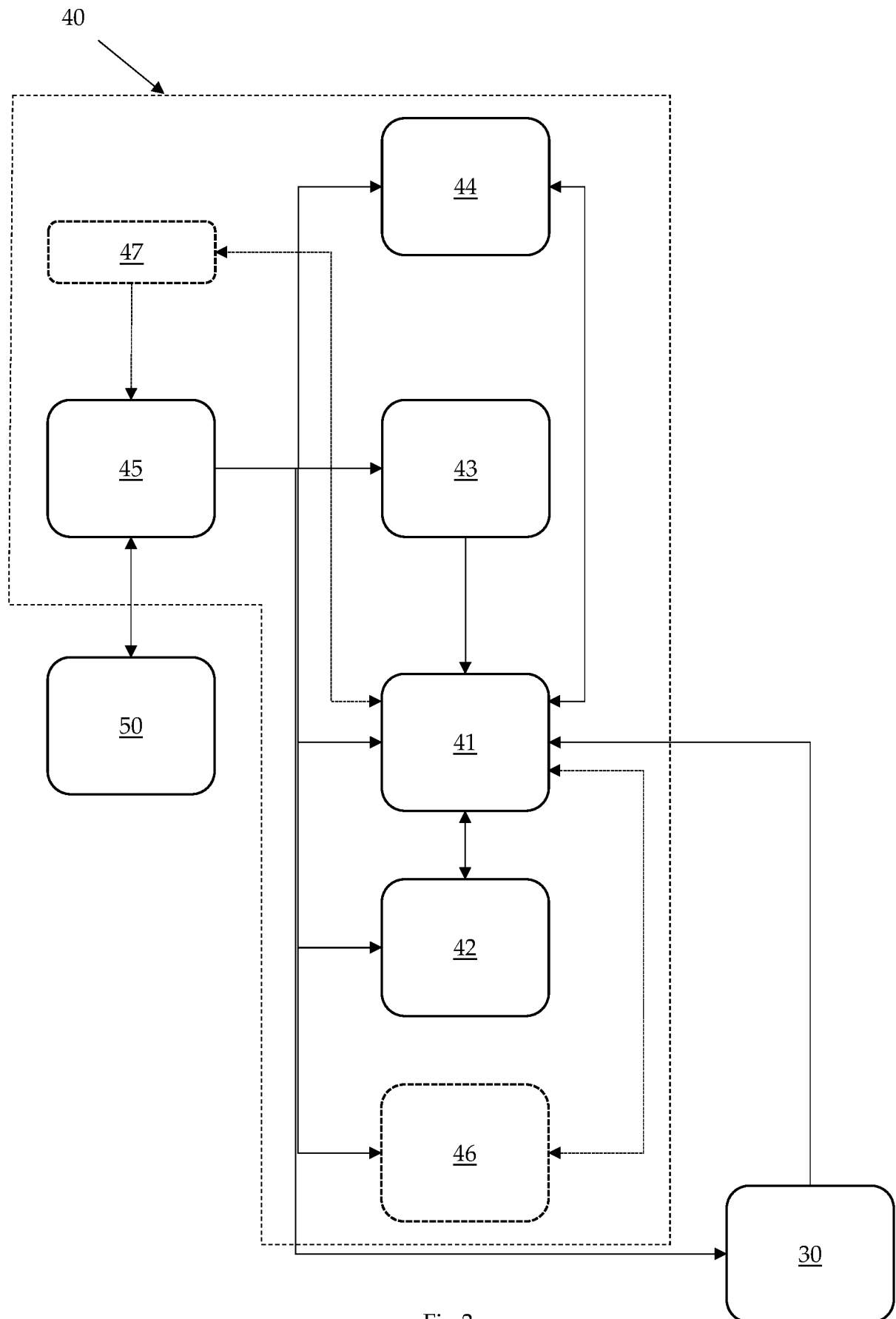


Fig.1b



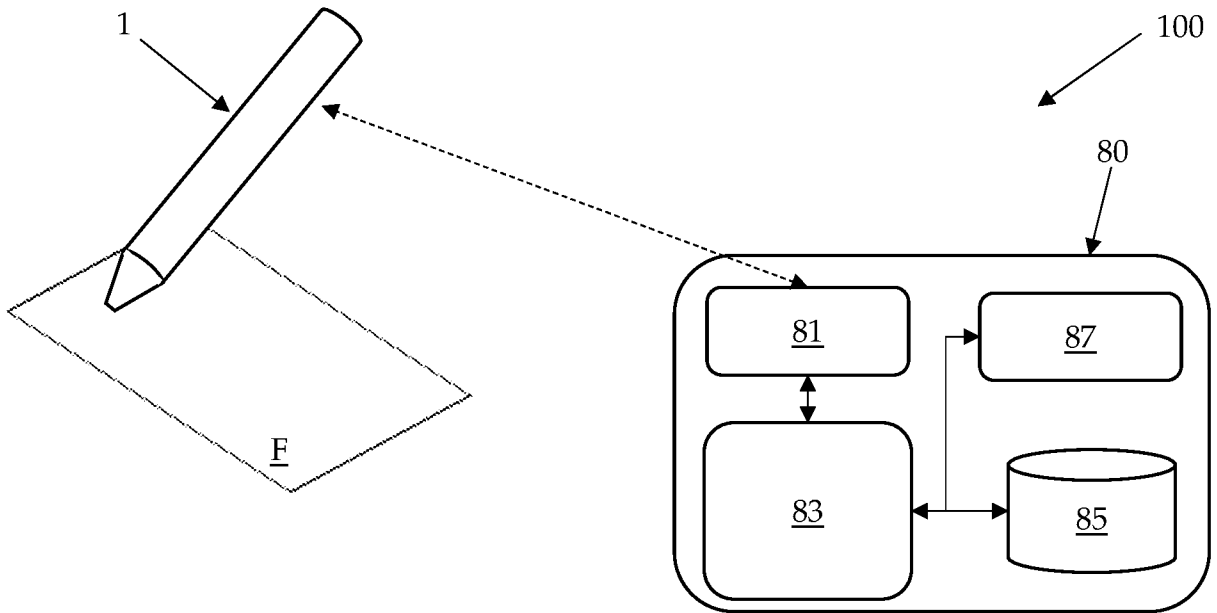


Fig.3a

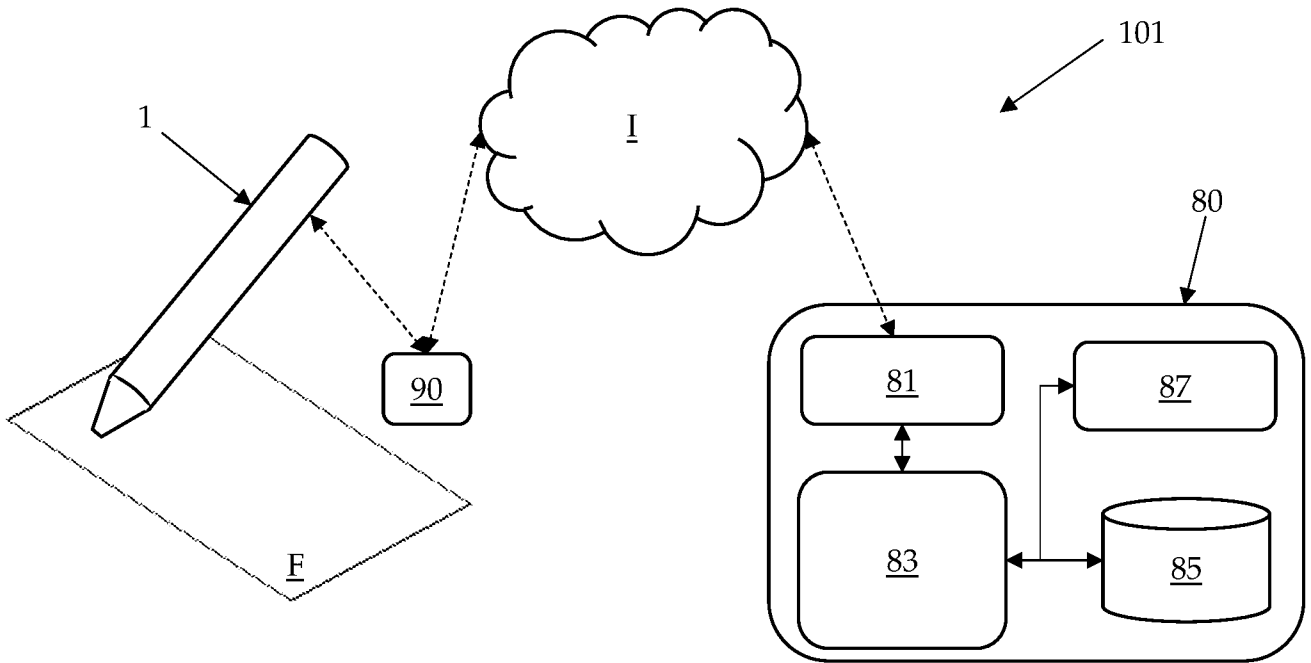


Fig.3b

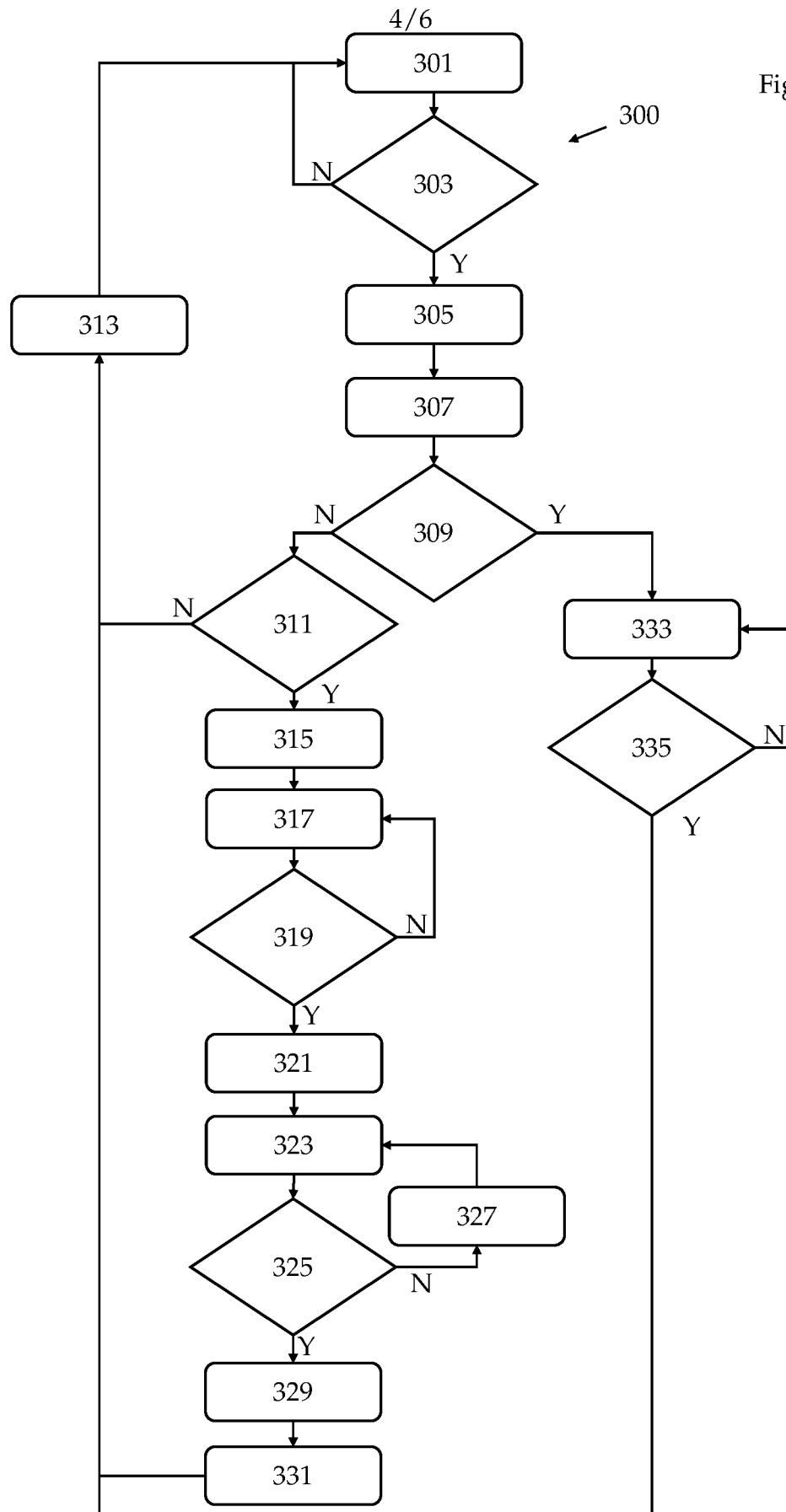


Fig.4

5/6

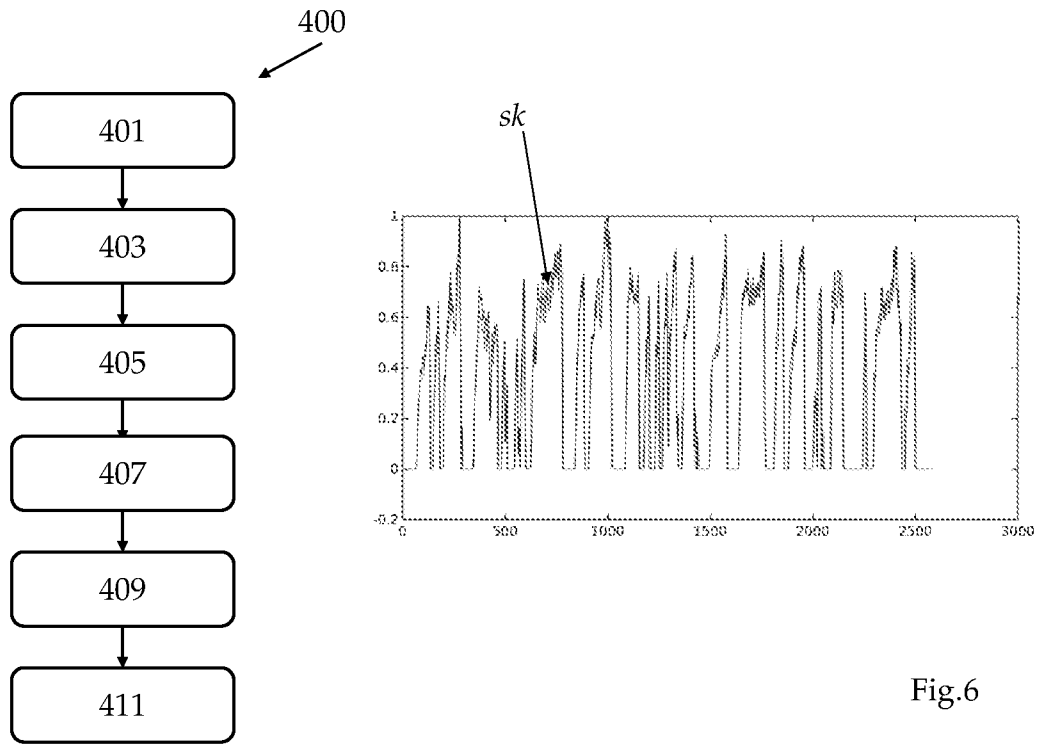


Fig.6

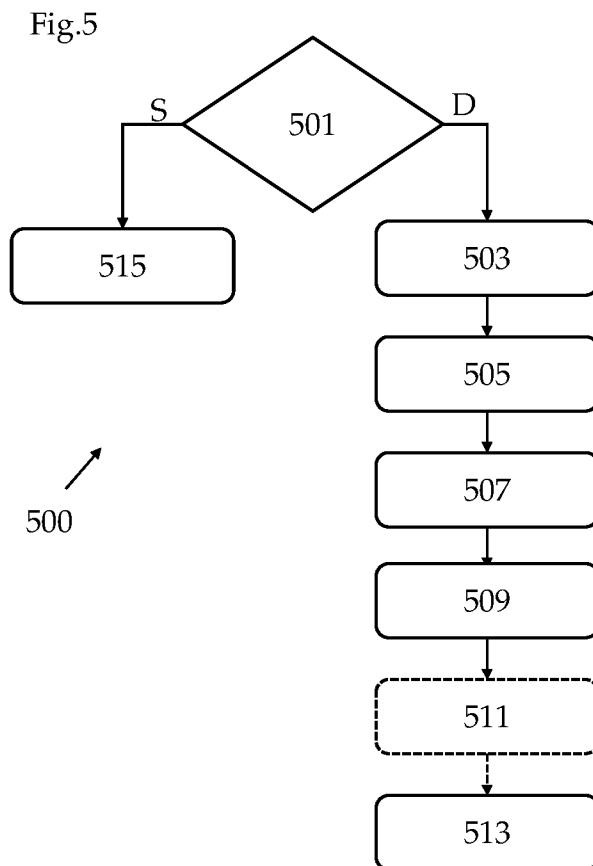


Fig.7

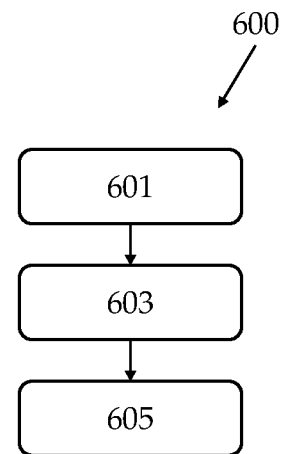


Fig.8

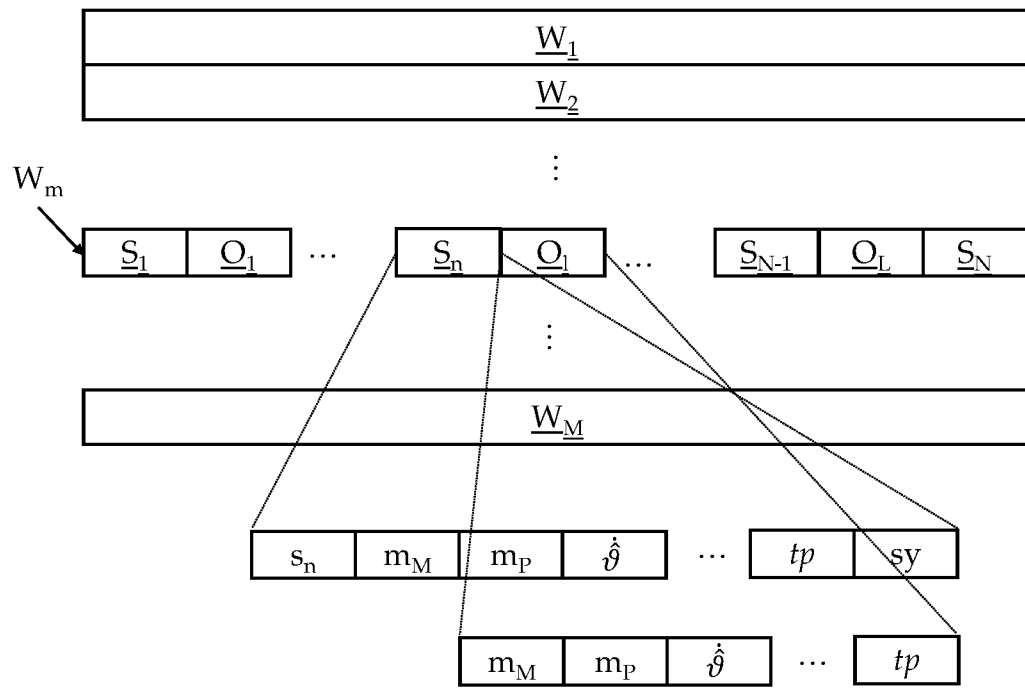


Fig.9

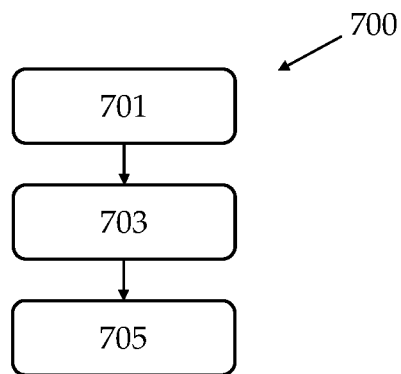


Fig.10