

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102022000007355
Data Deposito	13/04/2022
Data Pubblicazione	13/10/2023

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	05	B	19	406

Titolo

SISTEMA DI CONTROLLO E RELATIVO METODO PER CONTROLLARE UN PROCESSO
PRODUTTIVO E/O CARATTERISTICHE DI UN PEZZO

D E S C R I Z I O N E

del brevetto per Invenzione Industriale dal titolo:

"SISTEMA DI CONTROLLO E RELATIVO METODO PER CONTROLLARE UN PROCESSO PRODUTTIVO E/O CARATTERISTICHE DI UN PEZZO"

di MARPOSS SOCIETÀ PER AZIONI,

di nazionalità italiana,

con sede a VIA SALICETO 13

40010 BENTIVOGLIO (BO)

Inventori: Cesare Masetti, Antonio Cremonini, Antonio De Renzis, Marco Bertacci

Depositata il:

*** **

SETTORE DELLA TECNICA

La presente invenzione riguarda un sistema di controllo comprendente una pluralità di dispositivi elettronici, più in particolare di unità sensore, per controllare caratteristiche di un pezzo, ad esempio forma e/o dimensioni, o per controllare un processo produttivo industriale, e un relativo metodo di controllo.

La presente invenzione trova vantaggiosa applicazione in sistemi di controllo distribuiti in ambito industriale. Per sistema distribuito si intende un sistema comprendente una molteplicità di dispositivi elettronici, più in particolare di unità sensore (chiamate nodi) e una unità centrale di gestione (chiamata bridge) interconnesse a formare una rete di comunicazione collegata con un'entità di elaborazione e/o di trasmissione dati (ad esempio un computer, un computer industriale o PLC, un controllo numerico computerizzato di una macchina o anche una rete cloud).

Ad esempio, il sistema di controllo e il relativo metodo secondo l'invenzione possono essere applicati ad un controllo della lavorazione di un pezzo meccanico in una macchina utensile, ad un sistema di equilibratura di una mola rettificatrice, ad un controllo di dimensioni e/o forma di un pezzo per mezzo di sensori o sonde a contatto o non a contatto, quali di tipo ottico (interferometrico, confocale, a

triangolazione laser,...), acustico o pneumatico, oppure ad un controllo di temperatura o di vibrazioni durante la lavorazione di un pezzo..

Il sistema di controllo e il relativo metodo secondo la presente invenzione possono dunque essere applicati per effettuare controlli prima, dopo e/o durante la lavorazione di un pezzo e/o in un processo produttivo, e possono impiegare tecnologie di diverso tipo.

ARTE ANTERIORE

In ambito industriale è noto utilizzare sistemi di controllo o misura comprendenti una pluralità di dispositivi elettronici, ad esempio sensori, che sono posizionati in prossimità di pezzi meccanici soggetti a lavorazione o a verifica, e che consentono di controllare caratteristiche come dimensioni e/o forma di tali pezzi meccanici.

I sensori possono essere collegati tra loro, in configurazioni diverse, a formare una rete. Tale rete comprende solitamente un'unità centrale di gestione o di interfaccia alla quale fanno capo i vari sensori e che comunica con un elaboratore esterno.

Tipicamente si tratta di sistemi distribuiti in cui ciascun dispositivo elettronico o sensore connesso alla rete comprende un processore in grado di elaborare e trasmettere informazioni. Il processore richiede per il suo funzionamento la disponibilità di un codice eseguibile (o firmware) che risiede in un dispositivo di memorizzazione cui il processore è collegato; tale dispositivo di memorizzazione può essere anche interno al processore stesso.

Il codice eseguibile è memorizzato in modo non volatile (ovvero allo spegnimento non si cancella) nel dispositivo di memorizzazione.

Durante la vita del sistema, per la risoluzione di bug o per l'inserimento di nuove funzionalità, si possono presentare casi in cui il firmware di o uno o più dispositivi debba essere aggiornato ad una versione più recente.

Può succedere inoltre che, a seguito di un guasto ad esempio, un dispositivo venga sostituito con un dispositivo nuovo dotato di un firmware più recente; inserendo questo nuovo dispositivo è assai probabile che, nella rete, si generi una

problematica legata all' incompatibilità dei firmware presenti nei vari dispositivi. Questo influisce quanto meno sull'affidabilità dell'intero sistema.

Tutti i dispositivi appartenenti alla stessa rete infatti, per poter funzionare correttamente, devono essere dotati della medesima versione di firmware o comunque di versioni di firmware tra loro compatibili.

Per ovviare a tali problemi, le soluzioni note prevedono di forzare l'aggiornamento del firmware di tutti i dispositivi della rete procedendo ad una manovra di riscrittura della memoria non volatile di tali dispositivi. Si tratta tuttavia di una procedura complessa e spesso rischiosa che può danneggiare il dispositivo in modo irreparabile, tale da dover essere sostituito, a causa dell'insorgere di fenomeni di "bricking". Più in particolare se durante l'operazione di aggiornamento del firmware memorizzato sulla memoria non volatile (la stessa memoria da cui il firmware verrà letto ed eseguito all'avvio) tale aggiornamento si interrompe in modo anomalo per qualsiasi motivo (caduta di tensione, disturbo, ecc.), la memoria non volatile può venirsi a trovare in una condizione non coerente, vale a dire con il contenuto troncato e quindi non più eseguibile o eseguibile in modo errato al successivo riavvio del sistema. In alcuni casi fortunati questa condizione può essere rilevata facendo uso di tecniche di Checksum e quindi il dispositivo può entrare nuovamente nella fase di aggiornamento. In altri casi, invece, la tecnica di Checksum non può rilevare anomalie, e il contenuto troncato della memoria non volatile provoca l'esecuzione di operazioni incongrue del processore. In questi casi assai critici il dispositivo non può tornare nella fase di aggiornamento e non vi sono possibilità di recuperarlo se non cancellando con appositi strumenti hardware la memoria non volatile. Si parla di "bricking" perché il dispositivo ha perso tutte le sue funzionalità e può essere usato solo come un blocco di materia, un fermacarte, un "mattone".

DESCRIZIONE DELL'INVENZIONE

Scopo della presente invenzione è di fornire un sistema e un metodo di controllo che superino gli inconvenienti sopra descritti consentendo a tutti i dispositivi elettronici o unità sensore collegati alla medesima rete di disporre della

versione di software, più in particolare di firmware, più aggiornata in modo efficiente e rapido, senza provocare rallentamenti o tempi morti nel ciclo di controllo.

Le rivendicazioni descrivono forme di realizzazione della presente invenzione formando parte integrante della presente descrizione.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

La presente invenzione verrà ora descritta con riferimento ai disegni annessi, che ne illustrano un esempio di attuazione non limitativo, in cui:

la figura 1 mostra nel suo complesso e in forma schematica un sistema di controllo secondo l'invenzione;

la figura 2 mostra in dettaglio un componente del sistema di controllo di figura 1;

la figura 3 è un diagramma che mostra i passi di un metodo di controllo secondo la presente invenzione.

FORME DI ATTUAZIONE PREFERITE DELL'INVENZIONE

Nella figura 1, con il numero 1 è indicato nel suo complesso un sistema di controllo comprendente una pluralità di dispositivi elettronici, più in particolare di unità sensore 2 e un'unità centrale di gestione 3 connessi fra di loro. L'unità centrale di gestione 3 è atta a comunicare con un'entità di elaborazione e/o di trasmissione dati 4.

Tale entità di elaborazione e/o di trasmissione dati 4 può comprendere ad esempio un elaboratore (quale un computer, un computer industriale o PLC per il controllo di processi industriali, un controllo numerico computerizzato di una macchina) o un'infrastruttura informatica, che può anche impiegare una tecnologia di cloud computing, a seconda del tipo di applicazione.

Il sistema di controllo 1 secondo l'invenzione è più in particolare un sistema di controllo distribuito in cui le unità sensore 2 rappresentano i singoli nodi di rete e l'unità centrale di gestione 3 rappresenta un'unità di rete o bridge alla quale i nodi fanno capo e che si interfaccia con l'entità di elaborazione e/o di trasmissione dati 4, attraverso una connessione via cavo o in modalità wireless.

Unità sensore (chiamate anche nodi) 2 e unità di gestione centrale (chiamata anche unità di rete o bridge) 3 sono interconnessi e formano una rete di comunicazione che può assumere configurazioni di tipo diverso, ad esempio a stella, lineare o altre configurazioni note.

Nella realizzazione preferita mostrata in figura 1 la rete presenta una configurazione lineare, più in particolare daisy chain, ovvero i singoli nodi 2 sono collegati in sequenza via cavo tramite un unico canale di comunicazione (rappresentato in modo schematico con frecce); sono i nodi che si trovano alle estremità della "catena" ad essere connessi all'unità centrale di gestione 3.

Preferibilmente, il canale di comunicazione comprende un canale seriale di tipo Ethernet. Può comprendere in alternativa un canale secondo un diverso standard, ad esempio di tipo USB, RS485, RS232, CAN BUS o FIELDBUS generico.

Secondo una realizzazione preferita, non mostrata in figura, ciascun nodo 2 è collegato al canale di comunicazione per mezzo di un connettore a forma di T opportunamente dimensionato che garantisce un ingombro molto ridotto.

In alternativa al collegamento via cavo, è possibile realizzare il canale di comunicazione in modalità wireless.

La rete può comprendere un numero qualsiasi di unità sensore 2.

Come detto in precedenza, le unità sensore 2 connesse alla rete possono essere della stessa tipologia o anche di tipologia diversa, possono effettuare controlli diversi (prima, dopo e durante la lavorazione di un pezzo o il processo produttivo) e impiegare tecnologie di diverso tipo.

E' possibile ad esempio collegare alla rete sensori o sonde per il controllo dimensionale e/o di forma del tipo a contatto o senza contatto (ad esempio con tecnologia ottica, acustica o pneumatica), sensori o sonde per il controllo di temperatura o di vibrazioni durante la lavorazione di un pezzo o durante il processo produttivo, telecamere, dispositivi per il controllo della lavorazione di un pezzo

meccanico in una macchina utensile, sistemi di equilibratura di una mola rettificatrice.

Secondo la presente invenzione, ciascuna unità sensore o nodo 2 della rete è provvista di un'unità di controllo e comunicazione 5 che comprende un'unità di elaborazione 8, ad esempio un processore o nello specifico un microprocessore, e un dispositivo di memoria 6.

Il dispositivo di memoria 6 comprende a sua volta un dispositivo di memoria non volatile (ad esempio una memoria Flash) 6' e un dispositivo di memoria volatile 6'' (o Random Access Memory - RAM), schematizzati in figura con rettangoli.

L'unità di controllo e comunicazione 5 di ciascun nodo 2 comprende anche un elemento di interfaccia 7 che consente al nodo di 2 interfacciarsi con il canale di comunicazione.

Il dispositivo di memoria 6 può ospitare il software dell'unità di controllo 5.

Ciascun nodo 2, più specificamente il microprocessore 8 dell'unità di controllo e comunicazione 5 di ciascun nodo 2, è dotato di un software, più in particolare un firmware, che comprende un'applicazione di servizio, o bootloader, ed una applicazione di gestione, entrambe atte ad interfacciarsi con l'unità di rete 3 mediante il canale di comunicazione.

L'applicazione di servizio è residente nel dispositivo di memoria non volatile 6' e non è in genere soggetta ad aggiornamenti; la sua funzione è quella di consentire al nodo 2 di ricevere ad ogni accensione del sistema di controllo 1 l'applicazione di gestione nella sua versione corrente.

L'applicazione di gestione che viene trasmessa dall'entità di elaborazione e/o di trasmissione dati 4 è memorizzata nell'unità di rete 3 e viene distribuita a tutti i nodi 2. Il caricamento o download dell'applicazione di gestione in ciascun nodo 2 è resa possibile da apposite istruzioni che vengono eseguite sia lato bridge sia lato nodo, in particolare dall'applicazione di servizio di quest'ultimo.

Secondo una realizzazione preferita, l'applicazione di gestione per le unità sensore 2 collegate alla rete è memorizzata nell'unità di rete 3, in una memoria non volatile e non viene cancellata ad ogni spegnimento del sistema di controllo 1.

L'aggiornamento o in ogni caso la modifica o sostituzione dell'applicazione di gestione memorizzata nell'unità di rete 3 viene eseguita dall'entità di elaborazione e/o di trasmissione dati 4 mediante un'apposita procedura separata dal normale ciclo di controllo del sistema, quando è disponibile una versione di software più aggiornata o quando è necessario apportare modifiche al software.

La presente invenzione riguarda anche un metodo per il controllo di un processo produttivo industriale e/o di caratteristiche di un pezzo, quali dimensioni e/o forma, per mezzo di una pluralità di unità sensore 2 e di una unità centrale di gestione 3 tra loro interconnesse a formare una rete.

I passi di tale metodo sono di seguito descritti con riferimento ad un diagramma a blocchi mostrato in fig. 3.

Una volta avviato il sistema di controllo 1 (blocco B1), ovvero quando il sistema di controllo 1 viene alimentato dopo una sospensione o un periodo di assenza di alimentazione elettrica, l'applicazione di servizio (bootloader) del microprocessore 8 dell'unità di controllo e comunicazione 5 di ciascuna unità sensore 2 si avvia in modo automatico (blocco B2) e pone il microprocessore 8 dell'unità di controllo e comunicazione 5 di ciascuna unità sensore 2 in attesa (blocco B3) di ricevere attraverso il canale di comunicazione l'applicazione di gestione. Secondo una realizzazione preferita, tale passo del metodo definisce uno stato di attesa dell'unità sensore 2.

L'applicazione di gestione comprende un codice eseguibile che include una serie di comandi definiti da un apposito protocollo atti a gestire il funzionamento dell'unità sensore 2 nel suo complesso.

I comandi possono essere di vario genere a seconda delle funzioni che ogni unità sensore 2 è chiamata ad assolvere; esistono in ogni caso comandi specifici che

consentono all'unità sensore 2 di interpretare i dati che riceverà da quell'istante in poi come un codice da eseguire al termine della ricezione stessa.

L'applicazione di gestione viene ricevuta e scritta nel dispositivo di memoria volatile 6'' dell'unità di controllo e comunicazione 5 di ciascuna unità sensore 2 (blocco B4). Secondo una realizzazione preferita tale passo del metodo definisce uno stato di ricezione dell'unità sensore 2.

In particolare, il codice eseguibile che ciascuna unità sensore2 del sistema di controllo 1 attende di ricevere è rappresentato da un file scomposto in pacchetti di codice che può essere inviato mediante il canale di comunicazione sopra descritto.

I pacchetti di codice ricevuti vengono scritti nel dispositivo di memoria volatile 6'' dell'unità di controllo e comunicazione 5 di ciascuna unità sensore 2 sotto forma di codice eseguibile.

Secondo una realizzazione preferita, ciascuna unità sensore 2 resta nello stato di attesa finché non riceve il primo pacchetto di codice dell'applicazione di gestione. In seguito alla ricezione del primo pacchetto di codice, ciascuna unità sensore 2, o più precisamente il microprocessore 8 di ciascuna unità sensore 2, commuta nello stato di ricezione nel quale rimane in attesa di ricevere tutti i pacchetti di codice successivi al primo fino al completamento della ricezione (il completamento della ricezione può essere identificato in modo noto tramite un particolare valore contenuto all' interno di un determinato pacchetto di codice). Nello stato di ricezione i pacchetti di codice ricevuti vengono scritti nel dispositivo di memoria volatile 6'' dell'unità di controllo e comunicazione 5 di ciascuna unità sensore 2

Preferibilmente, una volta ricevuta l'applicazione di gestione, il microprocessore 8 di ciascuna unità sensore 2 effettua una verifica di integrità dell'applicazione di gestione ricevuta, più in particolare dei pacchetti di codice ricevuti, (blocco B5) facendo uso di tecniche note (ad esempio tecniche di Checksum, tecniche di Cyclic

Redundancy Check (CRC) o altro). Qualora tale verifica abbia esito negativo, la verifica è interrotta e un errore viene segnalato all'unità di rete 3.

Una volta ricevuta l'applicazione di gestione e, se prevista, terminata la verifica di integrità in modo positivo, il microprocessore 8 di ciascuna unità sensore 2 passa alla fase di esecuzione dell'applicazione di gestione (blocco B6) e ciascuna unità sensore 2 esegue il normale ciclo di funzionamento implementando le funzioni previste dall'applicazione di gestione fino allo spegnimento del sistema di controllo 1 (blocco B7).

Seconda una realizzazione preferita, ad ogni avvio del sistema di controllo 1 è prevista una fase di autoapprendimento in cui l'unità di rete 3 interroga tutte le unità sensore 2 collegate alla rete per rilevare il numero e/o la tipologia di unità sensore collegate. Tale fase è funzionale alla successiva operazione di distribuzione dell'applicazione di gestione.

Come menzionato in precedenza, la differenza strutturale tra il sistema di controllo 1 secondo la presente invenzione e i sistemi noti risiede nel fatto che il software (o firmware) che gestisce il funzionamento dei nodi 2 viene caricato nei nodi 2 stessi ad ogni accensione o avvio del sistema di controllo 1, mentre nelle soluzioni note tale firmware è residente in una memoria non volatile presente sui nodi stessi. Per aggiornare o modificare il firmware dei nodi nei sistemi noti è pertanto necessario interrompere il funzionamento dell'intero sistema e riprogrammare manualmente il firmware dei nodi che necessitano di aggiornamento o, se necessario, riprogrammare l'intera rete.

Nel sistema di misura secondo l'invenzione invece, grazie all'impiego di una memoria volatile 6'' nell'unità di controllo e comunicazione 5 di ciascun nodo 2, il software che gestisce il funzionamento del nodo 2 e che è stato temporaneamente memorizzato nell'unità di controllo e comunicazione 5 di ogni singolo nodo 2, più in particolare l'applicazione di gestione, viene cancellato ad ogni spegnimento del sistema di controllo 1 e viene nuovamente caricato in modo automatico nell'unità di controllo e comunicazione 5 di ciascun nodo 2 ad ogni nuovo avvio del sistema

di controllo 1. L'applicazione di gestione caricata nell'unità di controllo e comunicazione 5 di ciascun nodo 2 ad ogni avvio del sistema di controllo 1 corrisponde alla versione in quel momento presente nell'unità di rete 3. Può corrispondere alla versione caricata in occasione dell'avvio del sistema di controllo 1 precedente all'avvio corrente, se nel frattempo non sono intervenute modifiche, o può corrispondere ad una versione più aggiornata o in generale diversa se nel frattempo è stata memorizzata nell'unità di rete 3 una versione più recente o contenente modifiche.

Come già detto in precedenza, l'applicazione di gestione che viene caricata ad ogni avvio del sistema di controllo 1 e viene scritta nel dispositivo di memoria volatile 6'' rappresenta la parte di software del microprocessore 8 che gestisce l'intero funzionamento del nodo 2; l'applicazione di servizio che è residente nel dispositivo di memoria non volatile 6' e non è soggetta a caricamento ad ogni avvio del sistema 1 rappresenta una parte di software minimale funzionale a ricevere l'applicazione di gestione.

Come già detto in precedenza è possibile collegare alla rete dispositivi elettronici o unità sensore diversi tra di loro. A ciascuna tipologia di unità sensore 2 può corrispondere un'applicazione di gestione diversa. In tal caso nell'unità di rete 3 sono memorizzate applicazioni di gestione diverse, tante quante sono le tipologie di unità sensore collegate alla rete.

Ad ogni avvio del sistema di controllo 1 l'unità di rete 3 distribuisce a ciascun nodo 2 la corrispondente applicazione di gestione. In altre parole, nell'unità di rete 3 sono memorizzati pacchetti di codice differenti (corrispondenti all'applicazione di gestione) per ciascuna tipologia di nodo 2; all'avvio del sistema di controllo 1 l'unità di rete 3 distribuisce a ciascun nodo 2 i pacchetti di codice ad esso dedicati, che vengono memorizzati nel dispositivo di memoria volatile 6'' dell'unità di controllo e comunicazione 5 di ciascun nodo 2.

Al di là delle specificità che l'applicazione di gestione caricata può avere in funzione della tipologia di nodo 2 alla quale si riferisce, è garantita l'interoperabilità tra tutti i componenti della rete, ovvero le singole unità sensore 2 e l'unità di rete 3.

In altre parole, a prescindere dalle specificità che l'applicazione di gestione può presentare a seconda del tipo di unità sensore 2 a cui è destinata e di cui gestisce il funzionamento, è garantita la capacità di dialogo e di scambio di informazioni tra le unità sensore 2 e l'unità di rete 3 connesse alla rete nonché la loro capacità di utilizzo di tali informazioni e di interazione reciproca ai fini del funzionamento della rete e del sistema di controllo 1 in generale.

Poiché il download di un firmware può impiegare anche diversi minuti per completarsi, ogni accensione del sistema di controllo 1 potrebbe comportare un tempo di attesa non trascurabile.

Secondo una realizzazione preferita, viene adottato un canale di comunicazione estremamente veloce che consente di superare questo inconveniente e di completare il caricamento del firmware e quindi l'accensione del sistema di controllo 1 in un tempo trascurabile ed impercettibile per l'operatore, effettuando questa operazione in pochi secondi.

Nel sistema di controllo 1 secondo l'invenzione infatti è stata realizzata una particolare implementazione del canale di comunicazione di tipo Ethernet che consente di raggiungere elevate velocità di comunicazione.

Nello specifico, la particolare implementazione secondo l'invenzione prevede di saltare diversi livelli di stratificazione del software di protocollo che viene normalmente impiegato con il canale Ethernet, ottimizzando in tal modo le prestazioni in termini di banda di trasmissione.

Più in particolare, è stato fatto uso del livello più basso dei protocolli TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) fermandosi al livello di protocollo 2 del Modello ISO/OSI (International Standardization Organization / Open Systems Interconnection). Su tale protocollo è stato innestato un protocollo di tipo proprietario.

Non essendo previsti meccanismi di incapsulamento né di ritrasmissione dei pacchetti di codice, il canale Ethernet viene utilizzato, in sostanza, alla stregua di un dispositivo UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) in modo molto efficiente dal punto di vista della capacità di trasmissione effettiva o throughput.

Oltre ad una elevata velocità di collegamento tra i componenti della rete, il canale di comunicazione impiegato nella presente invenzione comporta vantaggi anche in termini di velocità di acquisizione della misura e di numero di punti di misura. In una rete dotata di un centinaio di nodi è possibile ad esempio acquisire fino a 4500 misure al secondo.

Un ulteriore vantaggio del sistema di controllo 1 secondo la presente invenzione risiede nel fatto che l'impiego di dispositivi di memoria volatile consente di evitare rischi relativi all'aggiornamento forzato dei componenti del sistema, operazione che può causare fenomeni di bricking o più in generale il danneggiamento permanente dei dispositivi elettronici della rete.

Un altro vantaggio è rappresentato dalla possibilità di poter impostare ad ogni avvio del sistema di controllo 1 il comportamento che ciascun nodo 2 deve assumere in quel determinato ciclo di misura. Se un nodo può assolvere per sua natura diverse funzioni, è possibile impostare quale tipo di controllo deve effettuare in quel determinato ciclo di controllo. L'applicazione di gestione distribuita ad ogni avvio del sistema di controllo 1 dall'unità di rete 3 e caricata nel singolo nodo 2 contiene le istruzioni necessarie ad avviare le funzioni del singolo nodo 2 che risultano necessarie per il tipo di controllo che deve essere effettuato. In altre parole, l'applicazione di gestione ricevuta dall'unità di controllo e comunicazione 5 di ciascuna unità sensore 2 abilita selettivamente le funzioni di tale unità sensore 2 necessarie allo specifico ciclo di controllo.

Ad esempio, un'unità sensore che effettua controlli di tipo dimensionale e comprende un trasduttore del tipo HBT a parità di hardware è anche in grado di effettuare, in modo di per sé noto, un controllo di temperatura. All'avvio del sistema di controllo 1 l'unità di rete 3 determina quale tipo di controllo quella specifica unità sensore deve effettuare in quello specifico ciclo di controllo e, a seconda delle esigenze, invia a tale unità sensore l'applicazione di gestione contenente le istruzioni necessarie ad eseguire uno dei due controlli.

Secondo una realizzazione alternativa, è possibile memorizzare nel dispositivo di memoria non volatile 6' presente nell'unità di controllo e comunicazione 5 di ciascuna unità sensore 2 anche dati relativi al funzionamento dell'unità sensore 2 stessa. Nel caso di un'unità sensore 2 che esegue controlli di tipo dimensionale, ad esempio, i dati memorizzati possono comprendere dati di calibrazione e di linearizzazione.

I dati memorizzati in tale dispositivo di memoria non volatile 6' non si cancellano allo spegnimento del sistema di controllo 1 e possono essere modificati quando necessario tramite opportuni comandi.

Nel sistema di controllo 1 fin qui illustrato l'unità centrale di gestione 3 costituisce un componente separato rispetto agli altri componenti del sistema; alternativamente, l'unità centrale di gestione 3 può essere integrata direttamente nell'entità di elaborazione e/o di trasmissione dati 4 pur continuando a svolgere le proprie funzioni di unità di rete.

Poiché nel sistema di controllo 1 secondo l'invenzione il firmware di tutti i nodi 2 collegati alla medesima rete viene caricato ad ogni avvio del sistema di controllo 1 è garantito un elevato grado di compatibilità reciproca tra i componenti della rete. Vengono risolti in questo modo i problemi di incompatibilità tipici dei sistemi noti e legati alla sostituzione di nodi, non più funzionanti o che necessitano di essere sostituiti ad esempio per esigenze dovute al tipo di controllo da effettuare, con nodi che presentano una versione di firmware più aggiornata o in ogni caso diversa rispetto a quella presente sugli altri nodi del sistema e risultano non compatibili con il resto dei dispositivi già collegati alla rete.

Il sistema di controllo 1 secondo l'invenzione presenta inoltre un grado di flessibilità e di scalabilità estremamente elevato.

Secondo una realizzazione preferita, il sistema di controllo 1 secondo l'invenzione è infatti in grado di riconfigurarsi automaticamente ad ogni avvio. Come spiegato in precedenza con riferimento al metodo di controllo, l'unità di rete 3 può - all'avvio del sistema di controllo 1 - effettuare una verifica del numero e del tipo di nodi 2 connessi alla rete, ovvero effettuare un'operazione di autoapprendimento dello

stato della rete. Ciò consente all'unità di rete 3 di capire quali nodi 2 sono collegati alla rete, se sono stati disconnessi uno o più nodi o se al contrario è stato rimpiazzato o aggiunto qualche nodo. In base all'esito di tale verifica, l'unità di rete distribuisce ai singoli nodi 2 l'applicazione di gestione necessaria al funzionamento dei singoli nodi e quindi al funzionamento del sistema di controllo 1.

L'unità di rete 3 è in grado di selezionare e distribuire il software che è stato memorizzato al suo interno in una fase separata rispetto al ciclo di controllo. Come già detto in precedenza, il software contenuto all'interno dell'unità di rete 3 viene modificato per mezzo dell'entità di elaborazione e/o di trasmissione dati 4 in un momento preliminare all'avvio del ciclo di controllo.

Il dispositivo di memoria 6 presente all'interno dell'unità di controllo e comunicazione 5 di ogni singolo nodo 2 può essere collegato al microprocessore 8, come mostrato nei disegni, oppure essere integrato nel microprocessore 8 stesso.

Come spiegato, ciascuna unità sensore 2 è provvista di un'unità di controllo e comunicazione 5 che consente all'unità sensore 2, tra le altre cose, di interfacciarsi con la rete e dunque di connettersi e dialogare con le altre unità sensore 2 e con l'unità di rete 3. Tale unità di controllo e comunicazione 5 può essere integrata nell'unità sensore 2 oppure essere esterna ed ad essa connessa tramite un mezzo di collegamento, ad esempio uno spezzone di cavo. La connessione tra unità sensore 2 e corrispondente unità di controllo e comunicazione 5 è preferibilmente realizzata in modo da non essere disconnettibile. Quando esterna all'unità sensore 2, l'unità di controllo e comunicazione 5 è posizionata preferibilmente in stretta prossimità rispetto all'unità sensore 2.

Un ulteriore vantaggio del sistema di controllo 1 secondo la presente invenzione risiede nella possibilità di utilizzare lo stesso hardware per tutte le unità di controllo e comunicazione 5 a prescindere dalla tipologia di unità sensore 2 al quale l'unità di controllo e comunicazione 5 è applicata.

Quando integrata nell'unità sensore 2, l'unità di controllo e comunicazione 5 è preferibilmente integrata nell'elettronica dell'unità sensore 2 che comanda il funzionamento di quest'ultima.

Come già accennato in precedenza, il sistema di controllo 1 secondo la presente invenzione può comprendere, tra le possibili tipologie, dispositivi elettronici atti a controllare caratteristiche di pezzi, come dimensioni e/o forma.

Tali dispositivi elettronici possono comprendere ad esempio comparatori, o teste, lineari a movimento assiale, chiamate anche teste a matita, che tipicamente sono provviste di un alberino cilindrico che scorre assialmente lungo una direzione longitudinale all'interno di un involucro, mediante un dispositivo di guida, e reca ad un'estremità un tastatore atto a toccare il pezzo da controllare. All'interno dell'involucro è presente inoltre un trasduttore connesso almeno parzialmente allo stesso alberino, ad esempio all'estremità opposta a quella che reca il tastatore, che consente di misurare in modo noto gli spostamenti del tastatore e conseguentemente dell'alberino in seguito al contatto con il pezzo da misurare.

Il trasduttore può essere di tipo induttivo, ad esempio un trasduttore lineare differenziale (LVDT – Linear Variable Differential Transducer) o, preferibilmente, a mezzo ponte (HBT – Half Bridge Transformer), e fornire in modo noto un segnale analogico in funzione dello spostamento del tastatore. Trasduttori che impiegano tecnologie diverse, ad esempio ottica, magnetica, capacitiva, o altro, sono ugualmente possibili.

Secondo una realizzazione preferita, la testa a matita è dotata di un'elettronica atta a ricevere il segnale in uscita dal trasduttore e a trasformarlo in modo noto in un segnale di tipo digitale. Tale elettronica comprende anche l'unità di controllo e comunicazione 5 che consente alla testa a matita di interfacciarsi con la rete. L'unità di controllo e comunicazione è quindi integrata nella testa a matita e disposta all'interno dell'involucro della testa stessa.

In alternativa, l'unità di controllo e comunicazione 5 può essere disposta in un elemento esterno alla testa a matita, generalmente posizionato in prossimità di quest'ultima e ad essa collegato tramite un cavo o altro mezzo di connessione.

Come descritto sopra, preferibilmente il segnale in uscita dal singolo nodo 2, indipendentemente dalla natura del dispositivo, è di tipo digitale; ciò garantisce una maggiore immunità al rumore e una buona qualità del segnale trasmesso indipendentemente dalla lunghezza del percorso che il segnale compie.

Realizzando esternamente alla singola unità sensore 2 l'unità di controllo e comunicazione 5 che consente la connessione a e il dialogo con la rete, è possibile collegare alla rete in qualità di nodi anche dispositivi elettronici che per loro natura o che per via della tecnologia impiegata non sono in grado di per se di interfacciarsi con la rete e con gli altri dispositivi ad essa collegati.

Secondo una realizzazione preferita, le unità sensore 2 connesse alla rete sono provviste, a prescindere dal tipo di controllo che eseguono, di un sensore di temperatura che consente di misurare le variazioni di temperatura che avvengono all'interno dell'unità sensore 2 durante il ciclo di controllo. E' anche possibile effettuare una compensazione termica attraverso un'opportuna configurazione del firmware.

RIVENDICAZIONI

1. Sistema di controllo (1) per controllare un processo produttivo industriale e/o caratteristiche di un pezzo comprendente:

- un'unità di rete (3) atta a comunicare con un'entità di elaborazione e/o di trasmissione dati (4);

- una pluralità di unità sensore (2) connesse tra loro e all'unità di rete (3), ciascuna unità sensore (2) essendo provvista di un'unità di controllo e comunicazione (5) comprendente un'unità di elaborazione (8) con un software, un dispositivo di memoria (6) atto ad ospitare il software dell'unità di elaborazione (8) e un elemento di interfaccia (7);

- un canale di comunicazione che collega detta pluralità di unità sensore (2) e detta unità di rete (3);

il sistema di controllo (1) è caratterizzato dal fatto che:

- il dispositivo di memoria (6) presente nell'unità di controllo e comunicazione (5) di ciascuna unità sensore (2) comprende un dispositivo di memoria non volatile (6') e un dispositivo di memoria volatile (6'');

- il software dell'unità di elaborazione (8) dell'unità di controllo e comunicazione (5) di ciascuna unità sensore (2) comprende un'applicazione di gestione che gestisce il funzionamento dell'unità sensore (2) e un'applicazione di servizio che consente all'unità di elaborazione (8) di ricevere l'applicazione di gestione, detta applicazione di servizio essendo residente nel dispositivo di memoria non volatile (6') di detta unità di controllo e comunicazione (5) ed essendo atta ad avviarsi automaticamente all'avvio del sistema di controllo (1), e detta applicazione di gestione essendo ricevuta e scritta nel dispositivo di memoria volatile (6'') di detta unità di controllo e comunicazione (5) ad ogni avvio del sistema di controllo (1).

2. Sistema di controllo (1) secondo la rivendicazione 1, nel quale l'applicazione di gestione è distribuita dall'unità di rete (3) a ciascuna delle unità sensore (2) ad ogni avvio del sistema di controllo (1).
3. Sistema di controllo (1) secondo la rivendicazione 1 o 2, nel quale il canale di comunicazione è un canale di tipo Ethernet con elevata velocità di comunicazione.
4. Sistema di controllo (1) secondo la rivendicazione 3, nel quale il canale di comunicazione di tipo Ethernet è realizzato utilizzando il livello di protocollo 2 del Modello ISO/OSI (International Standardization Organization / Open Systems Interconnection).
5. Sistema di controllo (1) secondo la rivendicazione 4, nel quale sul livello di protocollo 2 del Modello ISO/OSI è innestato un protocollo proprietario.
6. Sistema di controllo (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, nel quale l'unità di controllo e comunicazione (5) è integrata nell'unità sensore (2).
7. Sistema di controllo (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 6, nel quale l'unità di controllo e comunicazione (5) è connessa all'unità sensore tramite un mezzo di collegamento.
8. Metodo di controllo per controllare un processo produttivo industriale e/o caratteristiche di un pezzo mediante un sistema di controllo comprendente un'unità di rete (3) atta a comunicare con un'entità di elaborazione e/o di trasmissione dati (4) e una pluralità di unità sensore (2) connesse tra loro e all'unità di rete (3) attraverso un canale di comunicazione, ciascuna unità sensore (2) essendo provvista di un'unità di controllo e comunicazione (5) comprendente un'unità di elaborazione (8) con un software che comprende un'applicazione di servizio e un'applicazione di gestione, un dispositivo di

memoria (6) che comprende un dispositivo di memoria non volatile (6') e un dispositivo di memoria volatile (6) ed è atto ad ospitare il software dell'unità di elaborazione (8), e un elemento di interfaccia (7); il metodo comprendendo i passi di

- avviare il sistema di controllo (1);
- avviare automaticamente l'applicazione di servizio residente nella memoria non volatile (6') dell'unità di controllo e comunicazione (5) di ciascuna unità sensore (2);
- porre, per mezzo di detta applicazione di servizio, l'unità di controllo e comunicazione (5) di ciascuna unità sensore (2) in attesa di ricevere attraverso il canale di comunicazione l'applicazione di gestione;
- ricevere l'applicazione di gestione e scriverla nel dispositivo di memoria volatile (6'') dell'unità di controllo e comunicazione (5) di ciascuna unità sensore (2);
- eseguire per mezzo dell'unità di elaborazione (8) dell'unità di controllo e comunicazione (5) di ciascuna unità sensore (2) l'applicazione di gestione; ed
- eseguire il ciclo di controllo fino allo spegnimento del sistema di controllo (1), ciascuna unità sensore (2) implementando le funzioni previste dall'applicazione di gestione.

9. Metodo di controllo secondo la rivendicazione 8, nel quale

- l'applicazione di gestione comprende una molteplicità di pacchetti di codice;
 - il passo di porre, per mezzo di detta applicazione di servizio, l'unità di controllo e comunicazione (5) di ciascuna unità sensore (2) in attesa di ricevere attraverso il canale di comunicazione l'applicazione di gestione definisce uno stato di attesa dell'unità sensore (2);
 - il passo di ricevere l'applicazione di gestione e scriverla nel dispositivo di memoria volatile (6'') dell'unità di controllo e comunicazione (5) di ciascuna unità sensore (2) definisce uno stato di ricezione dell'unità sensore (2);
- il metodo essendo caratterizzato dal fatto che
- ciascuna unità sensore (2) resta nello stato di attesa finché non riceve il primo pacchetto di codice dell'applicazione di gestione; e

- in seguito alla ricezione del primo pacchetto di codice dell'applicazione di gestione ciascuna unità sensore (2) commuta nello stato di ricezione nel quale attende di ricevere tutti i pacchetti di codice successivi al primo fino al completamento della ricezione.

10. Metodo di controllo secondo la rivendicazione 8 o la rivendicazione 9, comprendente l'ulteriore passo di valutare, al termine della ricezione dell'applicazione di gestione, l'integrità di detta applicazione di gestione per mezzo dell'unità di elaborazione (8) dell'unità di controllo e comunicazione (5) di ciascuna unità sensore (2).
11. Metodo di controllo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 8 a 10, comprendente l'ulteriore passo di eseguire dopo l'avvio del sistema di controllo (1) una fase di autoapprendimento in cui l'unità di rete (3) interroga tutte le unità sensore (2) per rilevarne il numero e/o la tipologia.
12. Metodo di controllo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 8 a 11, nel quale l'applicazione di gestione ricevuta dall'unità di controllo e comunicazione (5) di ciascuna unità sensore (2) è distribuita dall'unità di rete (3).
13. Metodo di controllo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 8 a 12, nel quale l'applicazione di gestione distribuita dall'unità di rete (3) è memorizzata in un dispositivo di memoria non volatile presente nell'unità di rete (3).
14. Metodo di controllo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 8 a 13, nel quale l'applicazione di gestione ricevuta dall'unità di controllo e comunicazione (5) di ciascuna unità sensore (2) abilita selettivamente le funzioni di detta unità sensore (2) necessarie allo specifico ciclo di controllo.

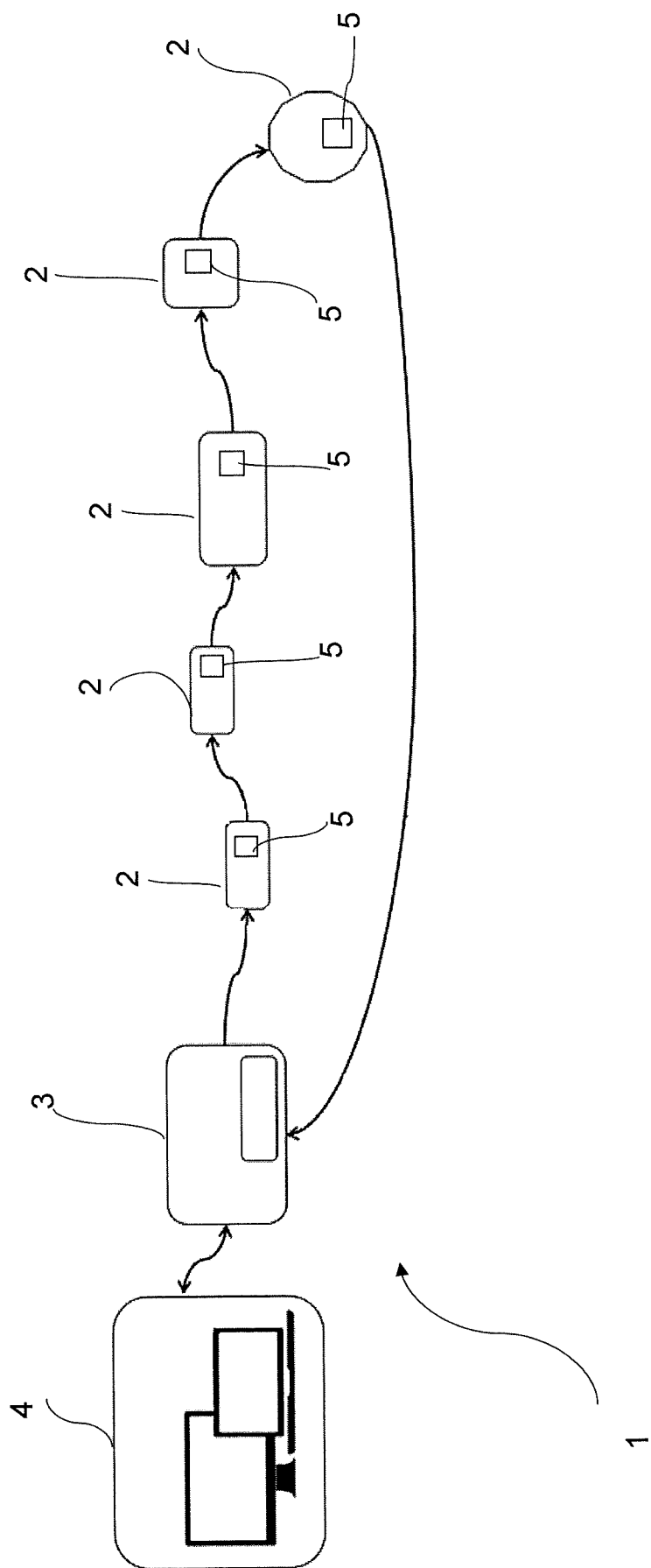


FIG. 1

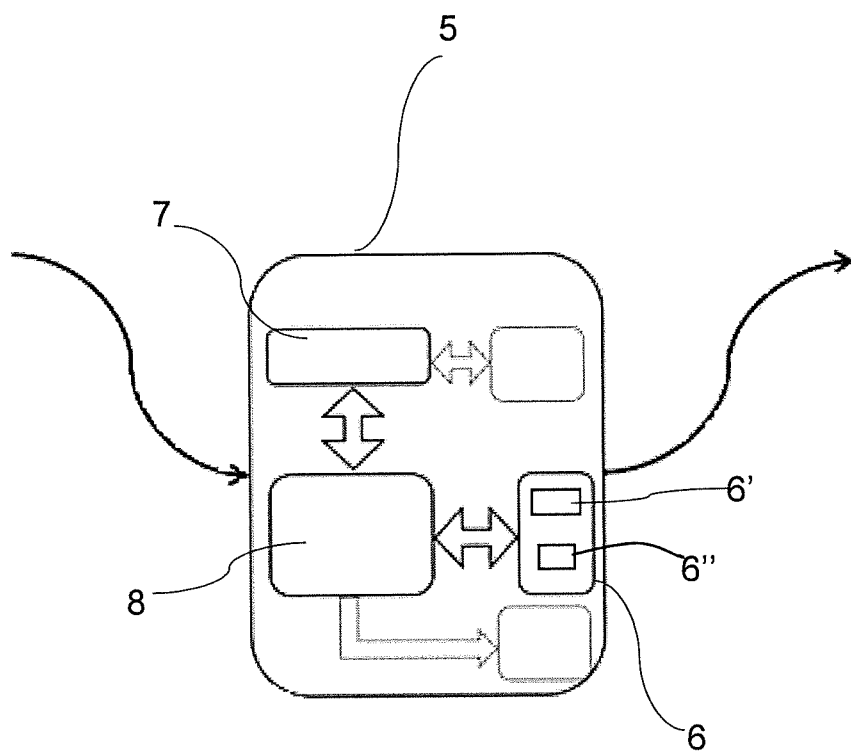


FIG. 2

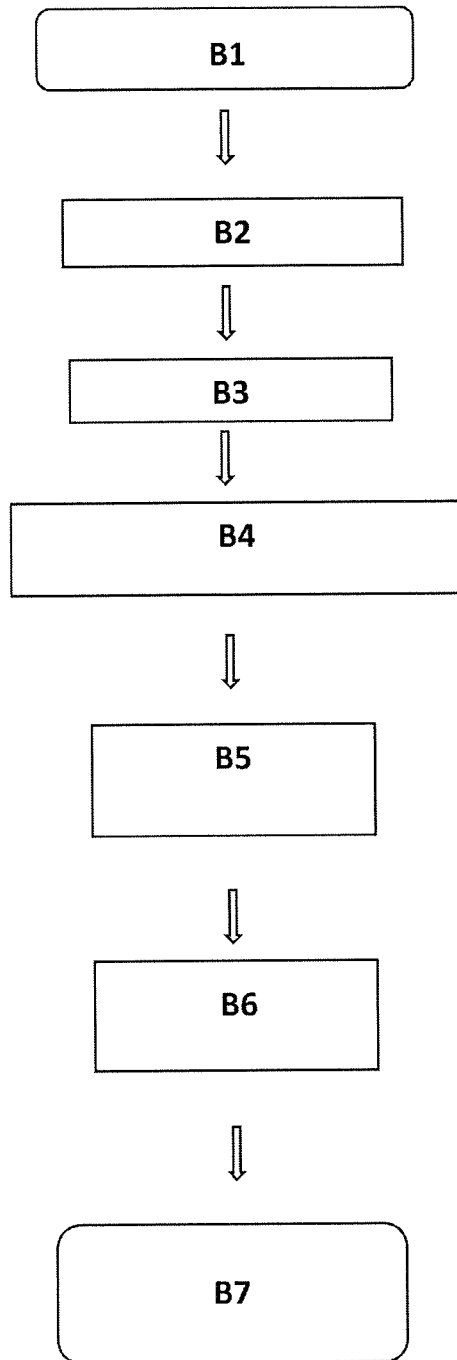


FIG. 3