

# ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102010901826795A1

Publication Date

20111007

Applicant

D'AQUILA GAETANO

Title

SENSORE MULTIPARAMETRICO INTELLIGENTE PER APPLICAZIONI  
METEO-CLIMATICHE E AGRO-METEREOLOGICHE

## **DESCRIZIONE DELL'INVENZIONE**

### **Stato della Tecnica**

Attualmente esistono in commercio svariate tipologie di sensori che consentono, separatamente o comunque in un parziale abbinamento differente da quello proposto, di effettuare la misura della temperatura dell'aria, della pressione atmosferica e dell'umidità relativa. Tali sensori dispongono normalmente di uscite in corrente 0-20mA o 4-20mA e sono collegabili direttamente ai normali acquisitori che trovano largo impiego nelle applicazioni meteo-climatiche ed in agro-meteorologia. Discorso differente per l'acquisizione del dato relativo alla pioggia ed alla misura della velocità e direzione del vento. Attualmente i sistemi disponibili in commercio prevedono l'impiego di un pluviometro (sistema di misura della precipitazione) o di un anemometro (sensore per la misura dei parametri del vento) i quali possono essere direttamente collegati ad un opportuni acquisitori che effettuano la registrazione vera e propria dei dati misurati.

Allo stato attuale non è stato possibile identificare nessun sensore simile a quello proposto che combinasse la possibilità di effettuare direttamente misure integrate di temperatura, pressione, umidità e che abbinasse a queste ultime la possibilità di acquisire, direttamente sul sensore, il dato di misura della precipitazione e della velocità e direzione del vento così come forniti da appositi sensori standard disponibili in commercio (ad esempio un pluviometri ed anemometri). Ma soprattutto non è inoltre stato possibile identificare sensori simili che consentissero di effettuare, al proprio interno, opportune elaborazioni per fornire in uscita, in abbinamento alle misure effettive, anche la stima (attraverso modelli matematici codificabili a bordo da parte di terzi) di grandezze derivabili da quelle effettivamente misurate ovvero, nella fattispecie, di grandezze derivabili dalla conoscenza istantanea del valore di temperatura ambientale, pressione atmosferica, umidità relativa, precipitazione e velocità e direzione del vento.

### **Novità e originalità**

Il sistema proposto consente la misura integrata e ad alta precisione di temperatura, pressione ed umidità dell'aria nonché l'acquisizione ed il condizionamento del dato di precipitazione e di velocità e direzione del vento provenienti da sensori esterni standard quali anemometri e pluviometri. Grazie a tali misure, e alla presenza di un sistema a microprocessore, consente inoltre la soluzione di opportuni modelli matematici volti a stimare il valore di particolari grandezze derivate dalla prime. Le grandezze stimate sono normalmente richieste ed impiegate negli stessi ambiti applicativi di quelle misurate effettivamente tuttavia per la misura effettiva delle prime è normalmente necessario ricorrere all'impiego di sofisticati e costosi strumenti di misura dedicati.



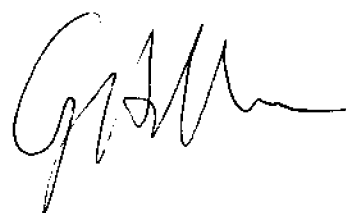
L'approccio proposto offre il vantaggio legato alla possibilità di conoscere una stima - la cui precisione dipende dalla eventuale complessità del modello che può essere fornito anche da terze parti - di grandezze derivate fornendo una interfaccia verso l'esterno che è esattamente analoga a quella fornita da uno strumento di misura specifico per la grandezza stimata. Questo rende possibile l'immediato impiego del sensore oggetto del trovato sia in ambito di nuove installazioni che in ambito di sostituzione di attrezzature di misura specifiche il cui costo di gestione e manutenzione è normalmente elevato. Il trovato si pone come alternativa a basso costo per la misura diretta e indiretta (stima) di grandezze di interesse meteo - climatico e di larga applicazione per esempio in agro meteorologia.

Sistemi analoghi, ovvero sensori già disponibili sul mercato, consentono normalmente di acquisire una sola grandezza per volta o, in casi particolari, prevedono l'acquisizione combinata (ma con combinazioni differenti) di temperatura, pressione ed umidità. Con riferimento alle precedenti tre grandezze, è stato possibile ritrovare già sul mercato sensori che:

- Consentono separatamente l'acquisizione delle tre grandezze ovvero sono necessari tre sensori distinti;
- Consentono l'acquisizione combinata di temperatura ed umidità ovvero sono necessari due sensori distinti, uno per la misura appunto di temperatura ed umidità ed uno per la misura della pressione atmosferica.

Comunque non è stato possibile identificare sul mercato nessun sensore che consentisse di misurare direttamente pressione, temperatura ed umidità e di acquisire direttamente la misura della pioggia nonché della velocità e direzione del vento senza voler confondere il trovato con ciò che è comunemente noto come "Unità di acquisizione" o "Stazione meteorologia" da abbinarsi ad eventuali sensori esterni. In effetti esistono già sul mercato delle unità di acquisizione alle quali è possibile collegare numerosi sensori e che si occupano di acquisire e trasmettere le misure. Queste non devono essere confuse con il trovato il quale se ne distingue per i seguenti motivi:

1. Si tratta di un oggetto ricadente nella tipologia dei "sensori" ovvero dei dispositivi che possono essere interconnessi ad un normale acquisitore e/o stazione meteorologica e non è distinguibile, da un punto di vista di modalità di interconnessione e/o elettronico, da un sensore tradizionale ovvero da un dispositivo che ha l'esclusivo compito di misurare una o più grandezze fisiche e di tradurre il valore misurato in un segnale elettrico.
2. E' in grado di determinare, attraverso un modello matematico e/o algoritmo codificabile a bordo, la misura "stimata" di una ipotetica grandezza non misurata direttamente dagli elementi sensibili presenti a bordo o collegati ad esso ma correlata ad esse. In questo modo è in grado



di comportarsi, da un punto di vista fisico ed elettronico, come l'effettivo sensore progettato per la misura della grandezza di cui all'ipotesi ma ad un costo decisamente minore.

3. Può consentire, ad aziende e ad innovatori che si occupano della ricerca in ambito della modellistica e/o dell'algoritmica, di distribuire il risultato della computazione ottenuta attraverso l'impiego del proprio modello senza rivelare il modello stesso. Offre quindi una forma aggiuntiva di protezione della proprietà intellettuale.

Per i motivi suddetti il sensore proposto risulta essere originale ed innovativo.

### **Funzionamento**

Il sensore è costituito da una componente hardware e da una componente software.

Con riferimento alla componente hardware e ai disegni A e B riportati sul "Prospetto Modulo A", a bordo di un'unica scheda elettronica di ridotte dimensioni (disegno A), sono stati integrati:

1. Elementi sensibili pre-calibrati ad alte prestazioni. Il primo, di tipo capacitivo, per la misura della temperatura e dell'umidità dell'aria, il secondo di tipo piezo-resistivo per la misura della pressione atmosferica. Gli elementi sensibili sono posti in prossimità di un estremo della scheda (disegno A.1) che una volta alloggiata nel contenitore metallico (disegno B) porrà gli elementi sensibili in corrispondenza del filtro in acciaio sinterizzato (disegno B.1) consentendone un corretto funzionamento ma nel contempo garantendo una totale protezione dagli agenti atmosferici esterni.
2. L'elettronica necessaria all'acquisizione e condizionamento della misura di precipitazione e proveniente da un pluviometro esterno nonché quella necessaria all'acquisizione e condizionamento della misura relativa alla velocità e direzione del vento nonché di eventuali altre grandezze fisiche ritenute rilevanti (disegno A.3).
3. Un microcontrollore programmabile (disegno A.2) il cui compito è quello di acquisire i valori provenienti dagli elementi descritti ai punti 1,2 e di elaborarli opportunamente per come sarà descritto più avanti e di fornirli in uscita attraverso l'elettronica descritta al successivo punto 4.
4. Il microcontrollore ha inoltre il compito di stimare, attraverso la soluzione di modelli matematici codificabili a bordo, il valore di grandezze derivabili dalla conoscenza di quelle effettivamente misurate.
4. L'elettronica necessaria alla fornitura del valore delle misurazioni verso il mondo esterno sotto forma di rappresentazione analogica (segnale in corrente con ampiezza variabile da 0 a 20mA o da 4 a 20mA) o digitale (interfaccia rs-232 o rs-485). L'elettronica di interfacciamento verso il mondo esterno prevede la possibilità di fornire tanti segnali analogici indipendenti, uno per



ogni tipologia di misura effettiva o stimata. Nessun vincolo sussiste per l'uscita digitale in quanto l'uso di quest'ultima, in abbinamento ad opportuni protocolli di codifica dell'informazione, consente di gestire differenti ed illimitate tipologie di misure di cui le prime quattro sono quelle di base acquisite dagli elementi descritti ai punti 1,2 e le restanti sono relative alle misure stimate dai modelli.

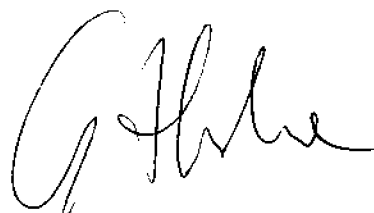
E' possibile prevedere almeno due versioni dell'algoritmo in esecuzione sul sensore intelligente. Il primo, quello standard, si occupa di:

1. Acquisire diverse volte al secondo le misurazioni di temperatura, pressione, umidità, pioggia, vento e altro provenienti dagli elementi sensibili interni e da quelli esterni.
2. Applicare gli eventuali algoritmi di correzione e/o di media sulle misure acquisite.
3. Produrre in uscita i valori misurati e in particolare:
  - o Sotto forma di segnale analogico in corrente 0-20mA o 4-20mA utilizzando i quattro canali analogici presenti a bordo.
  - o Sotto forma di segnale digitale attraverso l'impiego di protocolli seriale standard basati su rs-232 o rs-485.

La seconda versione dell'algoritmo prevede invece, subito dopo il passo 2 descritto ai paragrafi precedenti, l'inclusione un ulteriore passo che codifichi la soluzione di un modello matematico specifico (anche di terze parti) che consenta di determinare, a fronte delle misurazione effettive, anche la stima di una o più grandezze derivate. Tali stime sono successivamente fornite in uscita insieme alle misure effettive come descritto al punto 3 dell'algoritmo.

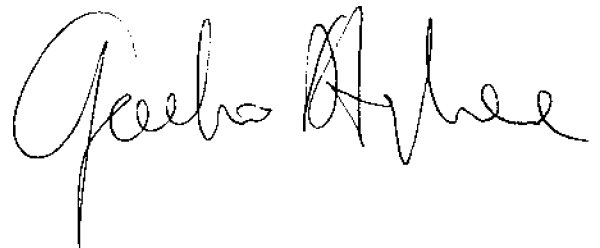
A titolo di esempio la seconda versione dell'algoritmo potrebbe prevedere:

- La stima della temperatura di bulbo umido ovvero della temperatura a cui si porta l'acqua in condizioni di equilibrio di scambio convettivo e di massa d'aria in moto turbolento completamente sviluppato. Esistono svariati modelli che consentono di determinare con sufficiente precisione la temperatura di bulbo umido a partire dalla conoscenza di temperatura, pressione ed umidità. L'impiego del sensore per la stima di tale misura eviterebbe di impiegare sistemi di misura più complessi quali ad esempio gli psicometri o altri sistemi equivalenti.
- La stima della temperatura di rugiada ovvero della temperatura alla quale, a pressione costante, l'aria o, più precisamente, la miscela aria-vapore, diventa satura di vapore acqueo. Esistono modelli matematici che consentono di effettuare tale stima con elevata precisione a partire dalla conoscenza di temperatura ed umidità e che, se codificati sul sensore, eviterebbero l'impiego di strumentazione di misura specifica.



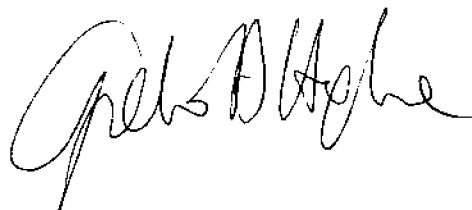
- La stima dell'evapotraspirazione ovvero della quantità d'acqua (riferita all'unità di tempo) che dal terreno passa nell'aria allo stato di vapore per effetto congiunto della traspirazione, attraverso le piante, e dell'evaporazione, direttamente dal terreno. Normalmente l'evapotraspirazione è misurata attraverso l'impiego di costosi "lisimetri di precisione". Nel caso specifico può essere stimata a bordo del sensore attraverso l'impiego di modelli già noti in letteratura (es. Metodo di Blaney-Criddle, Metodo Penman-Monteith etc) che partono dalla conoscenza di misure di base (temperatura, pressione, umidità, pioggia) misurati dal sensore e stimano il valore richiesto.

Tuttavia non vi sono limiti sui modelli e/o algoritmi codificabili sul microcontrollore e di conseguenza sulle grandezze stimabili da quest'ultimo. Tale affermazione rende il sensore unico nel suo genere e lo rende un universale possibile sostituto di strumenti di misura specifici ad alto costo. La precisione di misura ottenibile è direttamente riconducibile alla precisione del modello usato per la stima che può essere un modello noto in letteratura oppure un modello specifico, sviluppato da una terza parte. Infatti è interessante rilevare che, in ambito agro meteo e comunque in tutti gli ambiti direttamente o indirettamente collegati alla necessità di effettuare una misurazione, le aziende e gli Enti di Ricerca sono molto attivi nello studio di metodi e modelli innovativi da impiegarsi per il calcolo della stima della misura di una grandezza incognita a partire dalla conoscenza esatta di alcune note. Tale necessità parte dal fatto che, per effettuare la misura di determinate tipologie di grandezze, è necessario impiegare strumenti di misura estremamente complessi e costosi. E' inoltre importante segnalare l'interesse potenziale che tale tipologia di sensore potrebbe suscitare ad una ipotetica azienda o ente che abbia individuato (e magari già tutelato dal punto di vista della proprietà industriale) un modello qualsivoglia complesso in grado di stimare una grandezza fisica normalmente misurabile attraverso l'impiego di costosi strumenti di misura. Tale ipotetico ente o azienda, attraverso l'utilizzo del sensore trovato, potrebbe distribuire sul mercato uno strumento a basso costo in grado di applicare e risolvere il proprio modello (e dunque fornire una misurazione di risultato) senza rendere noto a chicchessia l'algoritmo, il modello o quant'altro utilizzato per determinare il valore della grandezza stimata.



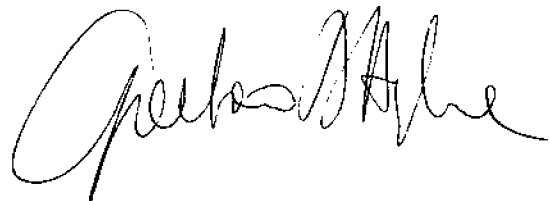
## RIVENDICAZIONI

1. Sensore intelligente monoblocco, costituito da hardware e software, compatto, con a bordo microprocessore, memoria, elementi sensibili in grado di misurare con alta precisione il valore effettivo di temperatura dell'aria, pressione atmosferica, umidità relativa nonché in grado di acquisire direttamente almeno le misure di precipitazione e di velocità e direzione del vento provenienti da sensori aggiuntivi esterni. Il sensore è programmabile da una terza parte che può codificare a bordo di esso un opportuno modello (o algoritmo) che consenta la stima di una o più grandezze fisiche (normalmente misurabili attraverso strumentazione specifica molto costosa) a partire dalla conoscenza di quelle misurate direttamente. Le stime sono fornite in uscita all'utilizzatore finale rendendo detto sensore indistinguibile dallo strumento di misura effettivo delle grandezze e senza che l'utilizzatore finale entri in possesso del modello (o dell'algoritmo) che ha consentito la produzione delle stime suddette.
2. Sensore intelligente, secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dalla possibilità di misurare direttamente temperatura, pressione atmosferica e umidità dell'aria nonché di acquisire almeno le misure di precipitazione, velocità del vento e direzione del vento provenienti da sensori esterni.
3. Sensore intelligente, secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dalla possibilità di fornire in uscita, opportunamente condizionate e sotto forma di segnale analogico o digitale, il valore delle misure delle grandezze di cui alla rivendicazione 2 nonché quelle derivate dalla soluzione dei modelli (o degli algoritmi) codificati a bordo.
4. Sensore intelligente, secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dalla possibilità di poter risolvere opportuni algoritmi o modelli matematici codificabili a bordo anche da terze parti, in grado di fornire come variabili di ingresso a detti modelli il valore della misura istantanea delle grandezze di cui alla rivendicazione 2.
5. Sensore intelligente, secondo le rivendicazioni 1,2,3,4, in grado di poter operare in ambienti out-door e particolarmente ostili, alloggiato in contenitore stagno, monoblocco e di ridotte dimensioni. Dotato di apposito sistema di filtro con la duplice funzione di garantire la correttezza nell'esecuzione delle misure e di proteggere l'elettronica da fattori ambientali esterni.



## CLAIMS

1. A single-piece Smart Sensor comprising of hardware and software, compact, featuring an on-board microprocessor, of memory and sensing elements capable of measuring with high accuracy the actual value of the air temperature, of the atmospheric pressure, of the relative humidity and able to acquire directly at least the measurements of rainfall and of speed and direction of wind from additional external sensors. The sensor is programmable by a third party that can encode on it an appropriate model (or an algorithm) that enables the estimation of one or more physical quantities (usually measured by special equipment very expensive) from the knowledge of those measured directly. The estimates are available to the end user in a manner that make said sensor indistinguishable from the special equipment very expensive and without the final user gets a hold of the model (or of the algorithm) that has resulted in the production of these estimates.
2. A Smart Sensor, as claimed in claim 1, characterized in that said sensor have the possibility to directly measure temperature, atmospheric pressure and air humidity and able to acquire at least the measurement of rainfall and of wind speed and direction from external sensors.
3. A Smart Sensor, as claimed in claim 1, characterized in that said sensor have the ability to make available on its outputs, in a suitable and conditioned manner and in the form of analog or digital signals, the measured values mentioned in claim 2 and those derived from the solution of the models (or algorithms) encoded on itself.
4. A Smart Sensor, as claimed in claim 1, characterized in that said sensor is being able to solve the mathematical models or algorithms coded on itself even by third parties, providing as input variables to these models the values of the instantaneous measurements of the quantities mentioned in claim 2.
5. A Smart Sensor, as claimed in claim 1, characterized in that said sensor is capable of operating in out-door and particularly hostile environments, housed in a watertight container, having small size and a form factor of a single block. Equipped with a special filter system with the dual purpose of ensuring correctness during measuring and to protect the inside electronic board from external environmental factors.





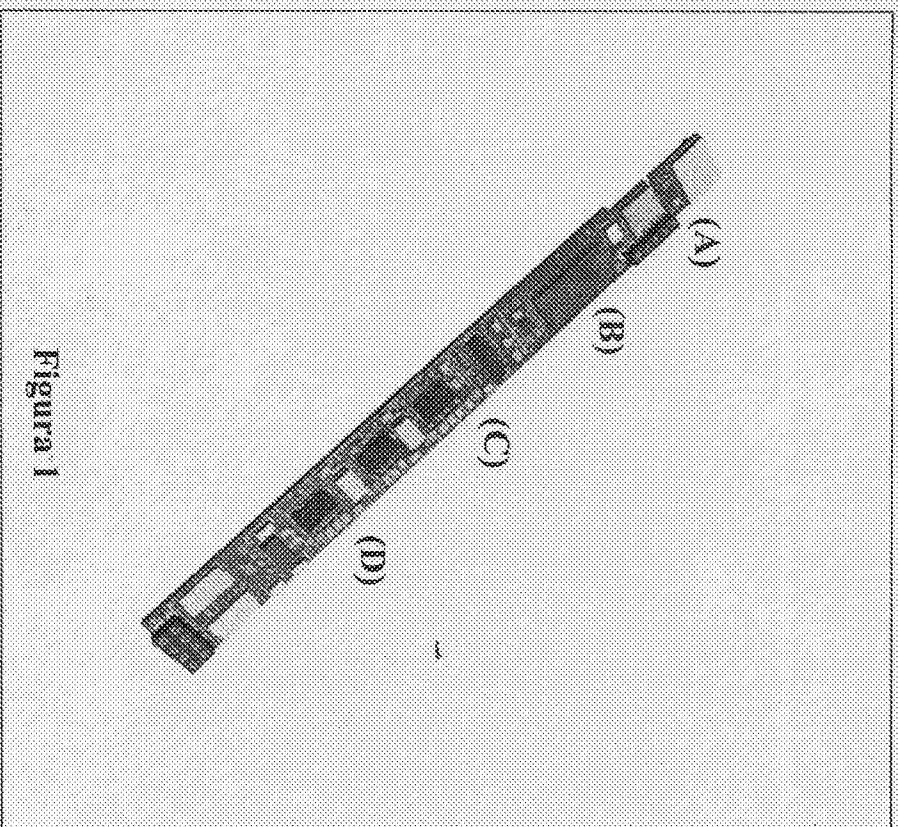


Figura 1

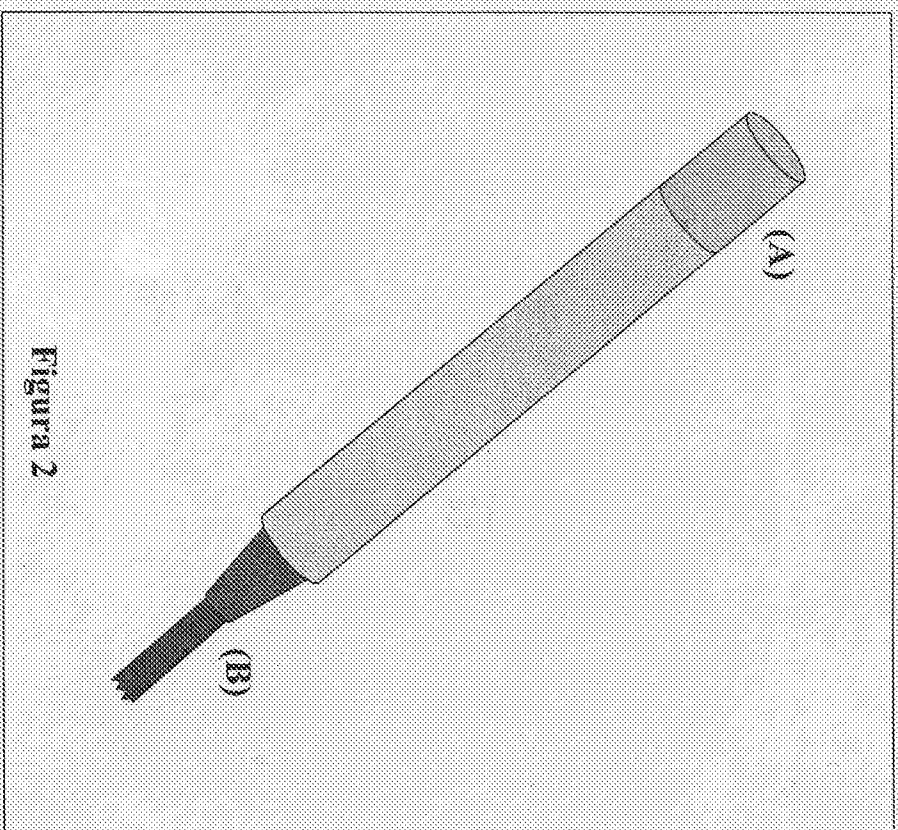


Figura 2

*Albuquerque*