



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

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102018000002865
Data Deposito	20/02/2018
Data Pubblicazione	20/08/2019

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	05	B	15	02

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	D	21	02

Titolo

SISTEMA DI MONITORAGGIO E CONTROLLO CON SENSORE PER LA MISURAZIONE INDIRETTA DELLA CONCENTRAZIONE DI CO2

SISTEMA DI MONITORAGGIO E CONTROLLO CON SENSORE PER LA MISURAZIONE INDIRECTA DELLA CONCENTRAZIONE DI CO₂

DESCRIZIONE

5

Campo tecnico dell'invenzione

La presente invenzione si riferisce ad un sistema per il monitoraggio e il controllo di parametri fisici/chimici in un ambiente e per la gestione di apparecchiature localizzate in tale ambiente, il cui azionamento influenza appunto tali parametri. Il sistema elabora in maniera *smart* dati acquisiti da sensori dedicati installati nell'ambiente controllato e prevede anche una rete neurale per realizzare misure indirette.

15

Background

Allo stato dell'arte esistono numerosi sistemi di monitoraggio di parametri chimici e/o fisici e relativo controllo di apparecchiature in ambienti, soprattutto chiusi o in qualche modo circoscritti. Tali sistemi di tipo noto comprendono svariati componenti, sensori, attuatori o controllori che colloquiano tra loro e con i relativi sistemi mediante protocolli standard.

Svantaggiosamente, spesso i sistemi considerati costituiscono architetture chiuse che non si prestano a possibili integrazioni, modifiche e/o adattamenti a ulteriori specifiche applicazioni e/o all'implementazione di logiche di funzionamento inedite.

Inoltre, i sistemi di domotica o più in generale i sistemi di gestione energetica attualmente disponibili sul mercato sono scarsamente appetibili per via di problematiche legate ai costi elevati della strumentazione e alle difficoltà

incontrate dagli utenti nell'interazione con apparecchiature sofisticate. Tali sistemi richiedono l'intervento di un tecnico specializzato non solo durante le fasi di installazione, ma soprattutto in quelle di calibrazione del sistema, oltre che nell'individuazione delle configurazioni d'uso, in genere è basata su profili di *set point* statici predisposti a priori dall'istallatore.

Ancora, i sistemi disponibili sul mercato sono in genere chiusi e proprietari, ovvero non consentono di utilizzare né comunicare con dispositivi afferenti a differenti case produttrici, il che comporta la necessità di dotare l'abitazione di più sistemi per sopperire alle diverse esigenze di sicurezza, controllo del confort indoor, assistenza da remoto, ecc.

In aggiunta, tali sistemi generalmente si avvalgono di dati rilevati mediante misure dirette o trasduttori, e in virtù del fatto che ogni metodo di misura presenta sue specificità, sono frequenti, quando non indispensabili, approssimazioni o errori tipici della particolare trasduzione applicata, che implicano di conseguenza errori e limiti nelle rilevazioni.

In particolare, il problema del controllo e del conteggio degli accessi ad un locale è risolto spesso utilizzando telecamere e sistemi di riconoscimento molto costosi. Altri sistemi fanno uso di RFID, che esigono di fornire tutte le persone di un adeguato trasponder, con evidenti problemi di privacy e di non certezza di conteggio.

Altri sistemi utilizzano lo *smartphone* come elemento da rilevare per individuare la presenza della persona ad esso associata, con evidenti problematiche relative alla privacy.

Ancora, la rilevazione della presenza umana negli ambienti può essere realizzata tramite sensori PIR (Passive Infra Red), che sostanzialmente sono sensori di movimento e non di presenza, in quanto rilevano le variazioni di infrarosso emesse dal corpo di esseri viventi caldi e comunque di una certa grandezza, in cui la sensibilità alla grandezza del corpo emittente è regolabile. Questa soluzione presenta limiti evidenti, ad esempio quando gli occupanti del locale gestito dal sistema di rilevamento presenze non si muovono e non fanno attivare il sensore, che dopo un certo tempo di ritardo disattiva le utenze ad

esso collegate, come l'impianto di condizionamento e/o l'illuminazione del locale in cui gli occupanti vivono o lavorano.

Per ovviare "parzialmente" a questo problema, si ritarda l'intervento di spegnimento di un tempo che può arrivare anche a 20 minuti (tempo in cui si presume che gli occupanti abbiano avuto un movimento percepibile dal sistema). Questo ritardo aumenta il costo energetico relativo dell'inutile riscaldamento/raffrescamento del locale e della sua illuminazione, non potendo agire prontamente quando il locale non è più occupato.

10 Un ulteriore parametro monitorato spesso mediante tali sistemi è la concentrazione della CO₂. La misurazione è generalmente effettuata mediante apposito strumento misuratore, con costi molto elevati. Tale soluzione risulta quindi non appetibile sul mercato domotico delle *Smart Home*. In generale, i sensori per l'analisi della qualità dell'aria sono molto costosi e ciò ne limita il loro uso.

Sommario dell'invenzione

Il problema tecnico posto e risolto dalla presente invenzione è pertanto quello di fornire un sistema di monitoraggio e controllo di parametri chimici/fisici in ambienti chiusi che consenta di ovviare agli inconvenienti sopra menzionati con riferimento alla tecnica nota.

Tale problema viene risolto da un sistema secondo la rivendicazione 1.

25 Caratteristiche preferite della presente invenzione sono oggetto delle rivendicazioni dipendenti.

L'invenzione fornisce un sistema per monitorare parametri chimici e/o fisici di un ambiente, ad esempio un ambiente chiuso o comunque circoscritto, mediante sensori che acquisiscono dati di varia natura all'interno dell'ambiente e un'unità centrale che elabora tali dati secondo determinate logiche e implementa una

rete neurale, attivando dispositivi presenti nell'ambiente sulla base dei dati elaborati, al fine di modificare i parametri chimici e/o fisici di interesse.

Il cuore dell'unità centrale del sistema è un microcontrollore, su cui gira un software che provvede a ricevere i segnali dai sensori connessi con essa, preferibilmente ne opera una conversione Analogico-Digitale, elabora
5 procedure e interpreta lo stato sensoriale degli ambienti controllati, comanda gli attuatori (relè) che operano le opportune azioni, può contabilizzare le ore di accensione e memorizzare i dati di gestione. Parallelamente, può elaborare i dati sensoriali per gestioni di livello superiore quali ad esempio l'*assisted living*,
10 la *security*, l'antiincendio, l'antiallagamento, l'automazione della gestione della *home*, ecc.

Preferibilmente, i sensori sono impiegati per rilevare dati che consentono di misurare in maniera indiretta i parametri chimici/fisici di interesse, mediante le routine sviluppate dalla rete neurale. In tal modo, è possibile ottenere misure
15 attendibili dei parametri monitorati impiegando sensori semplici e a basso costo.

Infatti, la rete neurale calcola i parametri da monitorare sulla base dei dati acquisiti da diversi sensori, dislocati preferibilmente in posizioni diverse nell'ambiente (nodi). I dati vengono correlati e confrontati in maniera tale da generare una cooperazione tra tutti i nodi del sistema per il raggiungimento
20 dell'obiettivo del monitoraggio e del controllo ottimale.

La cooperazione dei singoli nodi consente alla rete di maturare una propria intelligenza collettiva, di livello superiore e distinta rispetto a quella dei singoli nodi, in grado di risolvere problemi altrimenti irrisolvibili individualmente.

Un aspetto della presente invenzione è pertanto quello di fornire una rete
25 sensoriale e un relativo sistema intelligente in grado di sintetizzare grandezze fisiche indirette non misurate dall'apposito sensore, ma ricavate da una integrazione delle stesse. In questo modo si viene a generare una cooperazione sensoriale che consente di estrarre dalla rete di sistemi sensoriali contenuti informativi altrimenti "nascosti" nelle singole evoluzioni delle
30 grandezze fisiche misurate.

L'estrazione di contenuti informativi intrinseci sia alla singola "storia" del

segnale del singolo sensore sia all'analisi dei segnali di una rete sensoriale complessa fornisce un valore aggiunto alle singole capacità di monitoraggio e misura, fornendo un approccio vincente nell'ottica dell'integrazione di più sensori in un unico sistema. Questo "modus operandi" conferisce al sistema sensoriale della presente invenzione doti di livello superiore.

In particolare, la creazione delle reti di sensori e di attuatori dislocati nell'ambiente e in grado di rispondere alle logiche di intelligenza di gruppo consente di massimizzare le potenzialità consentite dalle reti di sensori e attuatori, sfruttando le eventuali ridondanze nella ricerca della misura indiretta di grandezze fisiche altrimenti di difficile rilevazione.

Infatti, l'integrazione di segnali provenienti da una rete di sensori in grado di monitorare più grandezze fisiche, ad esempio la presenza di soggetti nell'ambiente, la temperatura, l'umidità, l'illuminazione, la ventilazione, la concentrazione di ossigeno o di CO₂, lo stato acustico-vibrazionale di un ambiente, ecc., consente, oltre ad avere i relativi trend dei segnali, di operare elaborazioni complesse, di estrapolare ulteriori indicazioni quale ad esempio quella della presenza numerica di persone negli ambienti e il comportamento delle stesse, riuscendo a definire, dopo una fase di apprendimento tipica delle reti neurali, indicazioni fondamentali per il controllo ottimale e l'ottimizzazione dell'utilizzo delle risorse energetiche.

Inoltre, il sistema esperto che ne deriva consente di ridurre anche il numero e il tipo di sensori, senza rinunciare ad avere indicazioni molto precise anche per le grandezze fisiche non direttamente misurate (misure indirette).

Questa architettura e logica di funzionamento consente di implementare codici di auto-validazione dei dati ambientali acquisiti per difendere il data base che si viene a generare da eventuali malfunzionamenti di alcuni sensori o gruppi di sensori, che potrebbero inficiare le misure corrette e deteriorare le funzioni dell'intero sistema multisensoriale.

A tale scopo, si impiega preferibilmente una routine che in caso di dato non valido cercherà di sostituirlo con un dato calcolato e/o derivante dalla correlazione tra altre misure ritenute valide facendo misure indirette qualitative,

altrimenti il dato è scartato, per impedire al sistema di considerare un dato errato e potenzialmente fuorviante.

Ad esempio, i microfoni ambientali, i cui segnali trattati hanno contenuti informativi di livello superiore, possono essere impiegati per operazioni di calcolo delle presenze nell'ambiente. Impiegando tecniche di analisi spettrale, cross-correlazione e misure di ritardo dello stesso suono/rumore acquisito da più sensori disposti in vari punti nell'ambiente, è possibile risalire alla precisa provenienza dello stesso eseguendo operazioni di triangolazione.

Inoltre, si consideri che i suoni/rumori acquisiti possono essere generati da soggetti umani oppure da macchine presenti nell'ambiente, quali ad esempio un computer acceso o un condizionatore o *fan-coil*. Avendo il sistema delle presente invenzione capacità di analisi (*Digital Signal Processing*), di apprendimento (reti neurali) e quindi addestrato ad operare in tal senso, si può ottenere come *output* dal sistema di misura sia la dislocazione della sorgente di rumore, che la tipologia di tale stato operativo.

Questa metodologia può dare un contributo all'*assisted living* nella *home* moderna e nella *city* moderna, in quanto il sistema intelligente proposto può provvedere a ridurre praticamente a zero gli allarmi falsi e consentire un supporto affidabile a chi necessita di sussidi e di aiuti alla vita quotidiana.

Con la stessa logica, il sistema può effettuare anche una misura del livello di illuminazione dell'ambiente, potendo discernere quella solare, quella ambientale e quella emessa dai monitor e da altri strumenti e attrezzature.

Anche altre grandezze fisiche hanno comportamenti e diversificazioni simili. Ad esempio, l'evoluzione della concentrazione della CO₂ in un ambiente chiuso ed abitato da una o più persone potrebbe fornire anche indicazioni di presenza, previsioni sul comportamento e sull'utilizzo dell'ambiente in questione.

In sostanza, la presente invenzione fornisce un sistema multisensoriale che fa riferimento ad una unità centrale a microcontrollore in grado di monitorare svariate grandezze fisiche, ambientali e non, in un determinato ambiente, sia in modo diretto sia in modo indiretto, con capacità di autoapprendimento.

L'utilizzo della tecnica delle reti neurali dà al sistema multisensoriale la capacità di percepire ciò che è "nascosto" nel contenuto informativo dei singoli segnali provenienti dai sensori facenti parte della rete sensoriale installata. Lo sviluppo di un sistema multisensoriale integrato a cui demandare le funzioni di
5 monitoraggio, analisi e sintesi delle azioni da svolgere (abilitazioni / disabilitazioni / parzializzazioni / controllo / supervisione) sulla fornitura energetica alle utenze dell'ambiente, consente di ridurre o addirittura portare a zero gli sprechi di energia, anche agendo sulla gestione energetica predittiva delle singole utenze.

10 Il crescente interesse verso politiche attive della gestione della domanda di energia (*demand side management*) e verso azioni che possano modificarne il profilo (*demand response*) implica che l'utente finale, per garantire il proprio comfort, abbia a disposizione sistemi energetici che possano garantire la gestione flessibile della propria domanda: sistemi di generazione distribuita ed
15 accumuli e sistemi di gestione e controllo.

Sfruttando la disposizione sensoriale del presente sistema, è possibile inoltre prevedere l'integrazione di altre funzioni, praticamente a costo zero, quali ad esempio quelle di *security*, *automation*, *assisted living*, ecc., peculiarità determinanti nella gestione della *smart home* del futuro.

20 Il sistema comprende, in sostanza, vari blocchi funzionali che possono non coesistere nelle specifiche applicazioni e applicazioni pratiche. Infatti, il sistema è progettato preferibilmente come espandibile, comprendente moduli dedicati a risolvere esigenze *smart* di vario tipo e livello.

Altri vantaggi, caratteristiche e le modalità di impiego della presente invenzione
25 risulteranno evidenti dalla seguente descrizione dettagliata di alcune forme di realizzazione, presentate a scopo esemplificativo e non limitativo.

Descrizione breve delle figure

Verrà fatto riferimento alle figure allegate, in cui:

30 – la Figura 1 mostra una vista schematica di una prima forma di

realizzazione preferita di un sistema secondo la presente invenzione;

- la Figura 2 mostra una vista schematica di una forma di realizzazione preferita di un sensore acustico secondo la presente invenzione;
- la Figura 3 mostra un grafo di una forma di realizzazione preferita di un sensore di misurazione indiretta della concentrazione di CO₂ secondo la presente invenzione; e
- la Figura 4 mostra un andamento della concentrazione di CO₂ in un ambiente in funzione del tempo.

Le figure suindicate sono da intendersi esclusivamente a fini esemplificativi e non limitativi.

Descrizione dettagliata di forme di realizzazione preferite

Facendo inizialmente riferimento alla Figura 1, una prima forma di realizzazione preferita di un sistema secondo la presente invenzione è denotata complessivamente con 1.

Il sistema 1 secondo la presente invenzione è un sistema multisensoriale integrato, intelligente ed esperto, preferibilmente impiegato per il controllo di ambienti *indoor*. In particolare, il sistema multisensoriale consente la gestione energetica ad esempio di un ufficio (*room*) in modo razionale e ottimizzato, ovviamente estendibile a qualunque *room*, ad esempio tagliando i flussi energetici entranti non utili all'utilizzo delle attrezzature, ma mantenendo lo stato di confort ottimale. Scendere nella cellula (*room*) del sistema complesso (edificio) per operare il monitoraggio e controllo significa agire chirurgicamente sul taglio degli sprechi e quindi aumentare il risparmio senza incidere minimamente sul confort fornito agli utilizzatori degli ambienti. Ciò si ottiene strumentando i singoli ambienti con un sistema multisensoriale intelligente e con caratteristiche di apprendimento, in grado di comprendere l'usuale profilo di utilizzo delle utenze e fornire come output sia il controllo e la gestione delle stesse utenze sia la previsione della richiesta energetica futura.

In sostanza, il sistema 1 multisensoriale oggetto della presente invenzione è configurato per operare misure indirette di parametri di un ambiente tramite l'utilizzo di reti neurali. Inoltre, il sistema 1 sfrutta eventuali ridondanze dei dati acquisiti per avere capacità di auto-validazione e auto-correzione dei dati elaborati.

Forme di realizzazione preferite del sistema 1 dell'invenzione prevedono di implementare sensori virtuali capaci di operare misure indirette in maniera economica, sulla base di dati già acquisiti per altri scopi, destinate in particolare ad applicazioni per l'automazione e l'approccio *smart* della gestione di ambienti *indoor*.

In particolare, il sistema 1 è atto a monitorare parametri fisici e/o chimici in un ambiente, ad esempio un ambiente chiuso o limitato come una stanza, e a controllare, in funzione di tali parametri, una o più apparecchiature 60 posizionate nell'ambiente.

Ad esempio, tali apparecchiature 60 possono essere dispositivi di accensione/spegnimento di dispositivi di illuminazione, dispositivi di regolazione dell'emissione luminosa (dimmerazione) di dispositivi di illuminazione, dispositivi di accensione/spegnimento di sistemi di condizionamento dell'aria dell'ambiente, dispositivi di regolazione di sistemi di condizionamento dell'aria dell'ambiente.

A tale scopo, il sistema 1 comprende una pluralità di sensori 50 di rilevazione di parametri fisici e/o chimici dell'ambiente che comprendendo almeno un sensore di conteggio degli accessi 51 all'ambiente e un sensore di misurazione della concentrazione di CO₂ 53 nell'ambiente, descritti dettagliatamente nel corso della trattazione.

Il sistema 1 comprende inoltre un'unità centrale 2 in comunicazione con la pluralità di sensori 50, l'unità centrale 2 essendo atta a comandare le apparecchiature 60. In particolare, l'unità centrale può essere configurata per attuare degli attuatori di tali apparecchiature, ad esempio dei relè.

L'unità centrale 2 è configurata per acquisire i dati rilevati dai sensori 50, elaborarli e comandare l'attuazione delle apparecchiature 60 in funzione dei dati

elaborati. In particolare, l'unità centrale 2 è atta ad implementare una rete neurale, in maniera tale che l'elaborazione dei dati acquisiti dai sensori segua le logiche di una rete neurale.

La rete neurale implementata tramite l'unità centrale 2 è atta ad essere allenata
5 mediante l'inserimento di dati di esempio corrispondenti a dati rilevati dalla pluralità di sensori 50. In particolare, l'allenamento (*training*) può essere pregresso al funzionamento del sistema e volto a settare preliminarmente le routine di elaborazione di dati. Comunque, durante la fase di uso stesso del sistema la rete neurale continua ad allenarsi e ad affinare tali routine, secondo
10 capacità di autoapprendimento.

Il cuore dell'unità centrale 2 è un microcontrollore. Secondo una forma di realizzazione preferita dell'invenzione la piattaforma utilizzata è ARDUINO UNO, che può ad esempio utilizzare come microcontrollore il processore AT MEGA 328. Sulla piattaforma del microcontrollore gira un software che
15 provvede a ricevere i segnali dalla pluralità di sensori 50 connessi con essa, in particolare ne opera una conversione Analogico-Digitale, elabora procedure e interpreta lo stato sensoriale degli ambienti controllati, comanda gli attuatori (relè) che operano le opportune azioni sulla rispettiva pluralità di apparecchiature 60. Inoltre, può essere prevista la contabilizzazione delle ore di
20 accensione e la memorizzazione dei dati di gestione.

Parallelamente, l'unità centrale 2 può utilizzare i dati sensoriali per implementare gestioni di livello superiore, quali ad esempio l'*assisted living*, la *security*, l'antiincendio, l'antiaggancio, ecc.

Secondo una forma di realizzazione preferita dell'invenzione, la piattaforma
25 ARDUINO UNO opera i suoi controlli tramite più porte di comunicazione.

Può infatti, ad esempio, operare tramite Bluetooth, Wi-Fi, Zig Bee, Z-Wave, EnOcean, collegamento IP, collegamento in R.F., collegamento telefonico (fisso o GSM), RS232, USB, ecc.. A queste opportunità di collegamento si possono affiancare i classici relè laddove fosse necessario comandare direttamente
30 carichi elettrici di un certo impegno, uscita in PWM (Pulse width modulation), ecc.

Le uscite digitali PWM, ovvero a modulazione di larghezza di impulso, si basano su una modulazione che permette di ottenere una tensione media variabile dipendente dal rapporto tra la durata dell'impulso positivo e di quello negativo (*duty-cycle*). La durata di ciascun impulso può essere espressa in rapporto al periodo tra due impulsi successivi, implicando il concetto di ciclo di lavoro. Un ciclo di lavoro utile pari a 0% indica un impulso di durata nulla, in pratica assenza di segnale, mentre un valore del 100% indica che l'impulso termina nel momento in cui inizia il successivo.

L'implementazione nel sistema di tale caratteristica può consentire ad esempio il pilotaggio di motori elettrici, il controllo della dimmerazione di lampade per illuminazione e di valvole di regolazione proporzionali.

Inoltre, la piattaforma ARDUINO UNO può consentire la gestione di memorie di massa di vario genere, anche di memorie SD su cui possono essere archiviati dati derivanti dalle misure o dalle elaborazioni. Preferibilmente, un *clock* consente di riferenziare nel tempo i dati utili come reporting delle azioni operate dal sistema in funzione dei dati ambientali che hanno prodotto tali azioni. In questo modo, si possono valutare gli impatti derivanti dall'uso del sistema, certificare le azioni eseguite e pianificare eventuali correzioni esterne di vario genere.

In considerazione del fatto che i dati elaborati dall'unità centrale 2 secondo routine di auto-validazione ed eventuale auto-correzione, quando il protocollo è ancora in fase di elaborazione ed ottimizzazione -ad esempio durante i primi usi del sistema- possono essere errati, è possibile prevedere operazioni di supervisione anche dall'esterno, ad esempio prevedendo un collegamento con il sistema per scaricare i dati e fornirli al gestore e/o a sistemi di supervisione di livello superiore. In questo modo, si può aumentare l'affidabilità e la robustezza del sistema.

Ancora, l'unità centrale 2 può comprendere mezzi di memorizzazione 3 dei dati rilevati dalla pluralità di sensori 50 e mezzi di connessione 4 (cablata o wireless) con unità esterne.

Preferibilmente, la pluralità di sensori 50 comprende ulteriormente, oltre ai

sensori già citati, uno o più dei sensori del seguente gruppo:

- un sensore acustico 52;
- un sensore di temperatura;
- un sensore di umidità;
- 5 – un sensore di luminosità;
- un sensore di rilevazione dello stato di apertura di una porta/finestra;
- un sensore di vibrazione; e
- un sensore di movimento.

10 Ciascun sensore è realizzato come un sottosistema che dialoga con l'unità centrale 2, come sarà chiarito a breve.

Con riferimento ancora alla Figura 1, è mostrata una forma di realizzazione preferita dell'architettura del sistema 1 in cui il livello intermedio corrisponde al cuore del sistema, che può operare indipendentemente dagli altri livelli, essendo gli altri livelli delle logiche estensioni gerarchiche dell'intero sistema.

15 Il livello alto è sostanzialmente un'unità di supervisione e calcolo in cui si svolgono funzioni di gestione ed elaborazioni complesse sia sul data base che viene prodotto dal mondo sensoriale sia sui singoli segnali per estrarre con analisi complesse contenuti informativi di livello superiore. Il livello basso comprende estensioni dedicate a specifiche applicazioni, come ad esempio
20 quella di un sensore virtuale per la misurazione della concentrazione di CO₂ nell'ambiente monitorato.

Come mostrato sempre in Figura 1, l'unità centrale 2 riceve i dati provenienti dal mondo sensoriale ad essa connesso. Il software residente nella memoria della piattaforma ARDUINO UNO acquisisce questi segnali e li tratta in modo diverso
25 a seconda del sensore di provenienza. Infatti, i sensori che rilevano grandezze fisiche come temperatura, umidità, illuminazione, movimento, vibrazioni o segnali acustici, sono in genere confrontati con soglie o range di valori predeterminati per consentire la decisione sulle azioni di controllo da espletare. Altri tipi di segnali, ad esempio quelli provenienti dai sensori ad infrarossi attivi e

codificati utilizzati per il conteggio delle presenze nell'ambiente gestito dal sistema, sono dati in elaborazione ad una routine dedicata al riconoscimento del concretizzarsi dell'accesso o dell'uscita per poter aggiornare il contatore delle presenze, che è la variabile che guida le azioni relative alla presenza o
5 meno delle persone nell'ambiente e che tiene presente le ore uomo di permanenza nell' ambiente per valutare anche altri parametri, quali ad esempio l'aumento della CO₂, ecc.

Preferibilmente, il sistema 1 può relazionarsi e comunicare con unità esterne tramite porte e mezzi di comunicazione di tipo noto. Questa caratteristica
10 consente al sistema di poter allargare il suo raggio d'azione inviando dati, messaggi e allarmi all'esterno della rete del sistema stesso.

In tal modo, il sistema dell'invenzione si presta ad interagire in modo biunivoco - e quindi poter essere a sua volta controllato- con un sistema di livello gerarchico superiore, o a controllare sistemi di livello gerarchico inferiore.

15 Il sistema 1 secondo presente invenzione comprende una rete neurale che gode di doti di auto-apprendimento. La prima installazione del sistema 1 prevede delle azioni che consentono al software di memorizzare le impostazioni primarie quali soglie, stili di utilizzo, ecc., che sono state implementate in routine di autoapprendimento e di riconoscimento che consentono un utilizzo
20 intelligente del sistema, in grado di autogestirsi. Infatti, l'installazione preferibilmente prescinde dalle condizioni in cui il sistema è installato e dai profili soggettivi di utilizzo dei soggetti fruitori degli ambienti.

Il sistema 1 è quindi preferibilmente configurato per essere in grado, durante il primo periodo di installazione, di "capire" dove è installato e chi deve servire per
25 garantire massimo confort e risparmio ottimale.

Per quanto riguarda i sensori compresi nel sistema 1 secondo la presente invenzione, ne saranno ora descritti alcuni secondo forme di realizzazione preferite, a titolo esemplificativo e non limitativo.

Sensore di temperatura

30 I sensori di temperatura controllano lo stato termico dell'ambiente o locale

gestito dal sistema, e possono essere installati anche in modo ridondante per studiare fenomeni di stratificazione, di influenza della presenza di finestre, delle utenze elettriche di potenza, dell'irraggiamento solare, ecc. I segnali prodotti da questi sensori sono inviati agli ingressi analogici di ARDUINO UNO che li
5 acquisisce per poi elaborarli, memorizzarli e confrontarli con soglie predefinite operando anche con matematiche, statistiche ecc.

Sensore di umidità

I sensori di umidità sono molto utili nel controllo ambientale, in quanto consentono di calcolare la temperatura percepita secondo formula:

10 $H = T_a + (0.555 \cdot (e - 10))$

dove T_a è la temperatura dell'aria ed e è la pressione di vapore.

Questo sensore fornisce in uscita un segnale digitale già trattato, e per poterlo gestire la piattaforma ARDUINO UNO utilizza una routine disponibile in libreria Open Source. Per questo motivo, il segnale prodotto dal sensore può essere
15 acquisito mediante un ingresso digitale dell'unità centrale 2.

A titolo di esempio, può essere impiegato un sensore di tipo DHT11, in grado di fornire contemporaneamente le misure di umidità e temperatura.

Sensore di luminosità

I sensori di luminosità provvedono al controllo dell'illuminazione degli ambienti
20 che, se di lavoro, deve rispettare le normative vigenti a seconda delle attività svolte.

Questa rilevazione è molto importante perché consente di regolare l'accensione/spengimento e/o la dimmerazione delle lampade (se adeguate ad un simile controllo), consentendo risparmi energetici sensibili. Praticamente,
25 questo sensore può essere una semplice fotoresistenza. La luce che impatta sulla zona sensibile induce una variazione della resistenza del componente, e se inserita in un partitore resistivo polarizzato con i 5V dell'alimentazione di ARDUINO UNO si produce un segnale variabile (caduta di tensione) collegato ad un ingresso analogico di ARDUINO UNO.

Nella routine di gestione del segnale proveniente da tale sensore si possono considerare due soglie (una per l'accensione e una per lo spegnimento), in modo da gestire una sorta di isteresi del sistema per ovviare ad accensioni e spegnimenti ripetuti e dipendenti da variazioni di illuminazione minimale.

5 *Sensore per la rilevazione dello stato di apertura di porte e finestre*

Questi sensori sono preferibilmente realizzati mediante dei relè reed, in pratica una sorta di ampolline sotto vuoto che contengono il contatto, azionato da un magnete. Dal punto di vista operativo, il magnete si monta sulla parte mobile della finestra o della porta, mentre il sensore contenente l'ampollina (contatto) è
10 montato sulla parte fissa delle stesse in modo che i due oggetti siano in prossimità in condizioni di chiusura e si allontanino in condizioni di apertura, facendo dunque rilevare al sensore l'allontanamento del magnete. Possono essere disposte per attivarsi in apertura o in chiusura e sono collegate agli ingressi digitali. L'utilità di questi sensori sta nel controllare e monitorare lo stato
15 di apertura delle porte e delle finestre affinché il sistema di controllo operi lo spegnimento di *fan coil* o comunque di sistemi di condizionamento climatico finché porte o finestre risultano aperte. In questo modo, si possono effettuare aperture limitate all'effettivo tempo necessario al transito o al ricambio dell'aria con conseguente risparmio energetico.

20 *Sensore acustico*

Il sensore acustico 52 è configurato per la rilevazione in un ambiente della presenza di utenze rumorose che corrispondono a soggetti o oggetti in funzionamento e per la loro localizzazione.

Il sensore acustico 52 comprende almeno tre sensori (o microfoni) M1, M2, M3,
25 per l'acquisizione di dati acustici emessi da un'utenza rumorosa, in cui i tre sensori sono in comunicazione con una seconda unità di elaborazione dati. I tre sensori sono disposti in posizioni note nell'ambiente, diverse l'una dall'altra, come mostrato schematicamente in Figura 2.

La seconda unità di elaborazione dati è configurata per implementare una rete
30 neurale in maniera tale da calcolare la posizione di un'utenza rumorosa nell'ambiente e riconoscere la tipologia di utenza rumorosa.

In particolare, il calcolo della posizione di utenza rumorosa è effettuato in funzione del ritardo dei tempi di acquisizione del segnale acustico emesso dall'utenza da parte di ciascun sensore, mentre il riconoscimento della tipologia di utenza rumorosa è realizzato mediante il confronto dei dati acustici acquisiti dai tre sensori con dati acustici associati a utenze rumorose note che sono memorizzati nella seconda unità di elaborazione dati, secondo le logiche di una rete neurale.

In questo modo è possibile svolgere misure indirette di presenza e di "stato" delle utenze rumorose. Secondo una forma di realizzazione preferita del sensore acustico 52, i segnali acquisiti da microfoni M1, M2, M3, sono collegati ad una scheda di acquisizione veloce e trattati mediante due routine in grado di condizionare questi segnali rispettivamente nel dominio del tempo e della frequenza. La routine che opera nel dominio del tempo valuta i ritardi del rumore percepito dai singoli microfoni. Essendo noto che la velocità del suono ad una temperatura ambiente di 20°C è di circa 340m/s, una differente distanza del sensore dalla sorgente del rumore di un metro provocherà un ritardo di circa 3 millisecondi. Effettuando un calcolo vettoriale utilizzando questi ritardi si può risalire al punto preciso da dove proviene il rumore, e dunque al numero di sorgenti di rumore.

Le tecniche impiegate per la triangolazione comprendono analisi spettrale e analisi nel dominio del tempo, auto correlazioni e cross correlazioni, effettuate ad esempio in ambiente *LabView*.

Inoltre, come anticipato, la routine che svolge i calcoli nel dominio della frequenza correla gli spettri calcolati ad una matrice utilizzata come riferimento e interpreta la tipologia di sorgente di rumore.

Queste elaborazioni sono utilizzate per valutare ad esempio la presenza di persone nell'ambiente, lo stato di accensione di computer (le ventole fanno un particolare rumore standardizzato), lo stato di *fan coil* anch'essi produttori di un loro "specifico" rumore, ecc.

30 *Sensore di vibrazione*

I sensori di vibrazione possono essere integrati ai sensori acustici per

monitorare lo stato acustico/vibrazionale dell'ambiente. L'obiettivo è quello di produrre dati ridondanti di presenza nell'ambiente per confermare e validare i risultati di altri sistemi di rilevamento, come ad esempio quello della presenza o quello di movimento ad ultrasuoni o a PIR (Infrarossi passivi). Avendo una
5 potenza di calcolo sovrabbondante e quindi disponibile a costo zero, e considerando il basso costo di tali sensori, è utile operare questo controllo per ridurre eventuali anomalie di rilevamento della presenza all'interno degli ambienti gestiti dal sistema, molto utili nelle logiche di *assisted living* e di *security*.

10 *Sensore di CO₂*

Una forma di realizzazione preferita di un sensore per la misurazione indiretta della concentrazione di CO₂ 53 in un ambiente è mostrata in Figura 3.

Il sensore 53 comprende una terza unità di elaborazione dati configurata in maniera tale da implementare le logiche di una rete neurale e almeno uno tra i
15 sensori seguenti:

- un sensore di conteggio degli accessi all'ambiente S1;
- uno o più sensori di rilevazione di apertura di una o più finestre S2;
- uno o più sensori di rilevazione di apertura di una o più porte S3;
- un sensore di luminosità S4;
- 20 – un sensore di umidità S5;
- un sensore di temperatura S6; e

Affinché possa essere calcolato il valore della concentrazione di CO₂, preferibilmente deve essere noto anche almeno uno dei seguenti dati:

- produzione media oraria di CO₂ da parte di ciascuna persona presente
25 nell'ambiente;
- volume dell'ambiente;
- dimensioni superficiali e geometria dell'ambiente;

- durata dell'attività di apertura/chiusura della/e porta/e;
 - durata dell'attività di apertura/chiusura della/e finestra/e;
 - ricambi forzati di aria nell'ambiente; e
 - presenza di piante a foglia larga nell'ambiente.
- 5 La configurazione complessiva del sensore 53 è tale che la terza unità di elaborazione dati è programmata per l'elaborazione dei dati rilevati dai sensori S1, S2, S3, S4, S5 e dei dati noti, secondo le logiche di una rete neurale, al fine di stimare la concentrazione di CO₂ nell'ambiente.

Ulteriori dati che possono essere considerati utili per il calcolo sono:

- 10
- contemporaneità di apertura e chiusura di porta e finestre;
 - numero di ore presenza uomo nell'ambiente;
 - tipo di attività svolta dalle persone presenti;
 - se presenti piante a foglia larga, m² del fogliame e tipologia delle piante.

Naturalmente, rimanendo su questa logica, si può aumentare la precisione della
15 misura andando a pesare altre variabili funzionali e ambientali.

Il sensore 53, sulla base di tecniche di implementazione multisensoriale di dati, può essere in grado di indicare il momento in cui si superano livelli predeterminati della concentrazione di CO₂ nell'ambiente e comandare un ricambio dell'aria mediante l'apertura di porte e/o finestre. Una tale misura è di
20 fondamentale importanza per assicurare un livello adeguato di confort quando si decide di tenere chiuse le porte e le finestre per ragioni di risparmio energetico.

Secondo forme di realizzazione preferite, una routine implementata su una piattaforma ARDUINO UNO dedicata a questa specifica applicazione ha come
25 ingressi due tipologie di dati, quelli costanti ed inseriti una tantum relativi alle dimensioni dell'ambiente, volumi, ecc., e quelli variabili che sono il numero di presenze, le ore di presenza, i tempi di apertura di porte e finestre, la temperatura, l'umidità, ecc.

Per individuare in via preliminare i pesi p da attribuire ai singoli valori forniti dal mondo sensoriale, si può utilizzare un analizzatore della qualità dell'aria che misura la temperatura, l'umidità e la concentrazione di CO₂. Questo è provvisto di un *data logger* che durante prove sperimentali registra il trend della CO₂, della temperatura e dell'umidità e fornisce le evoluzioni dei suddetti parametri ambientali che sono poi correlati alle azioni (aperture e chiusure di porte e finestre) e ai dati provenienti dagli altri sensori, come mostrato a titolo esemplificativo in Figura 4.

La routine pesa tutte le variabili e le costanti e incrementa una grandezza virtuale legata al valore della concentrazione di CO₂.

Quando tale grandezza (e quindi l'associato valore di concentrazione di CO₂) supera una soglia preimpostata, la terza unità di elaborazione dati attiva un *buzzer* piezoelettrico che indica la necessità di cambiare l'aria all'ambiente controllato. Contestualmente, il sistema 1 disattiva il raffreddamento/riscaldamento dell'ambiente nel momento in cui le finestre sono aperte, costringendo gli occupanti a limitare l'apertura al tempo necessario al ricambio d'aria e quindi assicurando il risparmio energetico. Ovviamente, il sistema è contro-reazionato dal fatto che il tempo di apertura delle finestre e/o delle porte riporterà la grandezza virtuale legata alla CO₂ ad un valore di livello inferiore e proporzionale al tempo di apertura.

Si comprende come un simile approccio consente di avere una valutazione di una grandezza come quella della CO₂ praticamente a costo zero visto che si utilizza una disposizione sensoriale utilizzata per altri scopi e una potenza di calcolo altrimenti sotto-sfruttata.

Per migliorare ulteriormente la precisione del calcolo virtuale della concentrazione di CO₂, si potrebbe introdurre nel sensore 53 anche un sensore anemometrico, per tenere conto degli effetti delle correnti d'aria nel ricambio della stessa, che in giornate particolarmente ventose potrebbero risultare importanti.

Il grafico mostrato in Figura 4 riporta a scopo dimostrativo i valori forniti dalla routine del sensore 53 implementato secondo quanto appena descritto

confrontati con quelli letti da uno strumento misuratore della concentrazione di CO₂. Si può osservare che l'errore massimo riscontrato è al di sotto del 15%, valore evidenziato dopo l'apertura della finestra. Ciò ci ha indotto appunto a considerare l'opportunità di introdurre un sensore anemometrico.

- 5 Di seguito si riportano gli eventi e le azioni registrate corrispondenti alle lettere riportate sulla linea orizzontale del tempo nel grafico di Figura 4:

T0 = Tempo iniziale con locale non abitato;

A = Entra una persona;

B = Entra una persona;

- 10 C = Esce una persona (poco prima di D si supera il livello di attenzione che si è stabilito in 1.500 ppm)

D = Si apre la finestra;

E = Si chiude la finestra;

F = Si apre la porta ed esce una persona;

- 15 G = Entrano due persone (tra G ed H si supera di nuovo la soglia di attenzione);

H = Si apre la porta;

I = Si chiude la porta.

Sensore per il conteggio degli accessi

- Il sensore di conteggio degli accessi ad un ambiente 51 comprende una prima
20 unità di elaborazione dati e almeno due sensori di prossimità in comunicazione con essa. Ciascun sensore è installato in corrispondenza di un accesso all'ambiente ed è atto a rilevare il passaggio di un soggetto attraverso l'accesso. In particolare, i sensori di prossimità essendo dislocati in successione lungo una direzione di ingresso/uscita dell'ambiente e la prima unità di elaborazione dati è
25 configurata per individuare un ingresso/uscita di un soggetto dall'ambiente in virtù della successione temporale delle rilevazioni del passaggio di un soggetto attraverso l'accesso effettuate da detti due sensori di prossimità.

Secondo forme di realizzazione preferite, i due sensori di prossimità sono

sensori ad infrarossi attivi, comprendenti un emettitore di raggi infrarossi e un ricevitore dei raggi infrarossi emessi, come ad esempio un fotodiode.

Il sensore di conteggio degli accessi proposto consente dunque di effettuare la rilevazione della presenza nell'ambiente monitorato mediante il conteggio delle
5 persone che vi hanno accesso. In particolare, i due sensori di prossimità in corrispondenza dell'accesso all'ambiente inviano un segnale di uscita a soglia (attivato/disattivato) alla piattaforma ARDUINO UNO di gestione, e una seconda unità di elaborazione dati esegue una routine per la valutazione dell'accesso
10 all'ambiente in funzione dei segnali inviati dai sensori, discriminando se il soggetto è in ingresso o in uscita. In alternativa, si possono impiegare sensori di prossimità che impiegano varie tecnologie quali ad esempio ultrasuoni e infrarossi attivi codificati. Ad esempio, si possono impiegare due sensori ad infrarossi codificati con la funzione di sensore di prossimità che, tarati su una
15 soglia di distanza tra il sensore e il bersaglio, commutano l'uscita da un valore alto ad uno basso quando tale distanza si riduce al disotto della soglia impostata. La necessità di avere due sensori nasce appunto dal fatto di dover discriminare il verso di transito del soggetto attraverso l'accesso (se in ingresso o in uscita dall'ambiente).

Come anticipato, la routine provvede a riconoscere l'ingresso o l'uscita di un
20 soggetto e quindi a tenere il conteggio delle presenze nel locale o nel luogo monitorato, rendendosi insensibile a falsi ingressi o false uscite. La variabile contatore è interrogata dalla routine che provvede a gestire le accensioni e gli spegnimenti delle utenze necessarie solo durante la presenza di persone nell'ambiente gestito.

25 È evidente come il conteggio delle presenze nell'ambiente monitorato è introdotto nel monitoraggio indiretto della concentrazione della CO₂ nell'ambiente.

Come illustrato precedentemente, il sistema di conteggio degli accessi è un sistema in grado di risolvere il problema di gestire l'abilitazione/disabilitazione
30 delle utenze di un locale in funzione o meno della presenza di persone nell'ambiente controllato, aumentando il grado di efficienza e annullando i tempi

morti dovuti al ritardo che nei sistemi attualmente esistenti è necessario prevedere per ovviare alla disabilitazione delle utenze in caso di non movimento prolungato degli occupanti l'ambiente stesso. Inoltre, conoscere anche il numero delle persone presenti nell'ambiente consente al sistema di percepire
5 altre informazioni utili a risalire ad altre grandezze fisiche misurate in forma indiretta. Il tutto è inoltre confortato dal fatto che il costo dell'intero sistema è molto basso, e che inoltre è in grado di svolgere una mole di lavoro supplementare a quella richiesta per il conteggio degli accessi.

Verrà ora descritta una logica di funzionamento preferita della routine che
10 svolge la funzione di riconoscimento dell'ingresso e dell'uscita di un soggetto dall'ambiente monitorato.

Il sensore di conteggio degli accessi 51, secondo una forma di realizzazione preferita, comprende almeno due sensori di prossimità ad infrarossi attivi codificati (frequenza nota), che una volta tarati su una distanza cambiano lo
15 stato dell'uscita digitale quando in sua prossimità si propone un ostacolo (persona). Questi sensori sono configurati con un emettitore ad infrarossi modulato con una portante predefinita e un ricevitore costituito da un fotodiodo sensibile alla banda emessa dal precedente emettitore. L'elettronica rileva come segnale utile quello modulato dalla frequenza portante, rendendo la
20 misura insensibile ai "rumori" esterni quali la luce ambiente e tutte le emissioni non volute, anche nello spettro degli infrarossi, che possono manifestarsi nelle vicinanze dei fotodiodi ricevitori. La necessità di disporre di due coppie di trasmettitore/ricevitore nasce dall'esigenza di discriminare il verso del transito, in maniera tale da stabilire se si tratta di un ingresso o un'uscita dal locale
25 monitorato.

Preferibilmente, la routine valuta secondo una logica booleana la sequenza delle successioni e considera un transito avvenuto quando si concretizza una delle seguenti due matrici, rispettivamente la Matrice degli ingressi M_i e la Matrice delle uscite M_u , in cui sono riportate le sequenze degli stati logici che i
30 due sensori assumono durante il transito, insieme agli stadi del transito ad essi associati.

Mi

Sensore esterno	Sensore interno	Stadio del transito
1	1	Entrambi i sensori non attivi
0	1	Sensore esterno attivato
0	0	Entrambi i sensori attivi
1	0	Sensore interno attivato
1	1	Entrambi i sensori non attivi

Mu

Sensore esterno	Sensore interno	Stadio del transito
1	1	Entrambi i sensori non attivi
1	0	Sensore interno attivato
0	0	Entrambi i sensori attivi
0	1	Sensore esterno attivato
1	1	Entrambi i sensori non attivi

5 Al verificarsi della matrice di eventi Mi si considera avvenuto un ingresso nell'ambiente o locale controllato e viene incrementato il contatore di presenze.

Al verificarsi della matrice di eventi Mu si considera avvenuta un'uscita dal locale controllato e viene decrementato il contatore di presenze.

Qualora si verificassero sequenze differenti dalle due illustrate nelle matrici Mi e
10 Mu, significherebbe che si sono manifestate situazioni diverse da un transito completo e il contatore non verrà attivato né in incremento né in decremento. Altrimenti, il contatore di presenze verrà incrementato quando si verifica un accesso e verrà decrementato quando si verifica un'uscita.

Se le sequenze illustrate nelle matrici sono interrotte, il transito è considerato

fallito e il sistema ritorna in attesa di un nuovo tentativo.

Il sistema 1 è robusto e affidabile ma, per escludere qualche eventuale -anche se improbabile- doppio conteggio o non conteggio, si può rendere il sistema di rilievo presenze ridondante mediante l'inserimento di un ulteriore rivelatore di movimento, ad esempio a infrarossi passivo di tipo PIR. In questo modo, qualora l'ulteriore sensore di movimento rilevasse spostamenti quando il contatore vale zero incrementerebbe di uno il suo valore, oppure, qualora con contatore maggiore di uno, dopo un certo intervallo di tempo prefissato non rilevasse nessun movimento, porterebbe il contatore a zero, forzando lo spegnimento.

Sensore di movimento

Il sistema 1 può prevedere un sensore di movimento che integra il sensore acustico/vibrazionale e il sistema di conteggio accessi.

Il sensore di movimento può essere impiegato nel sistema come elemento ridondante nella rilevazione di presenze nell'ambiente per correggere eventuali malfunzionamenti del sistema di conteggio accessi, inoltre può dare indicazioni al sistema di supervisione su come viene vissuto l'ambiente dagli occupanti. Inoltre, il sensore di movimento può fornire indicazioni utili per altri scopi quali ad esempio *assisted living*, *security*, e può completare le informazioni necessarie a comprendere gli stili di vita e di fruizione delle risorse energetiche.

In sostanza, le disponibilità di calcolo dell'unità centrale 2 possono dotare il sistema 1 della capacità di:

- misurare di grandezze ambientali quali temperatura, umidità, luminosità, rumore, vibrazioni, movimento, ecc.;
- misurare indirettamente grandezze ambientali e non, altrimenti misurabili secondo metodologie tradizionali complesse e costose;
- controllare l'apertura/chiusura di porte e finestre;
- effettuare il conteggio delle presenze nell'ambiente;
- supportare applicazioni di *assisted living*, *metering*, *security*, *smart home*;

- attuare e controllare utenze e dispositivi;
- implementare un collegamento con altri sistemi di livello gerarchico diverso per dare al sistema stesso opportunità di livello superiore (master) o di controllo di sistemi inferiori (slave).

5 Nei punti precedenti sono state ampiamente descritte caratteristiche e funzionalità del sistema 1 secondo la presente invenzione, che può essere utilizzato come un vero e proprio agente domotico *smart*, ovvero in grado di assicurare una gestione "intelligente" di una abitazione.

In sostanza, i punti di forza del sistema oggetto della presente invenzione sono:

- 10 – rilevamento della presenza degli utenti all'interno dell'abitazione in modo "affidabile" quale requisito essenziale per la gestione energetica secondo logiche *on demand*, ovvero fornire energia solo dove, quando e nell'intensità effettivamente richiesta dagli utenti;
- possibilità di integrare localmente i dati provenienti da più sensori,
15 riuscendo ad ottenere informazioni qualitativamente e quantitativamente superiori a quelle del singolo sensore;
- possibilità di integrare nel sistema i *device* più disparati (interoperabilità), superando le limitazioni dovute all' esistenza di differenti protocolli di comunicazione, fornendo un sistema completamente aperto e in grado di
20 assicurare l'integrazione tecnica e semantica tra diversificate sorgenti di informazioni per fornire un insieme di servizi che si aggiungono alla sola gestione energetica dell'abitazione. In tal caso, la *smartness* della *home* risiederebbe nella possibilità di fornire assistenza agli utenti nei più svariati ambiti: ad esempio, sensori indossabili per il monitoraggio dei
25 parametri vitali degli utenti possono consentire una assistenza sanitaria da remoto, con il coinvolgimento delle strutture sanitarie, il controllo dell'apertura delle porte e finestre per servizi di segnalazione anti-intrusione e altre funzioni che di volta in volta possono essere implementate nell' ambito del sistema. Ancora, l'architettura del sistema
30 è predisposta a ricevere i dati dalla sensoristica istallata come input e

fornire in output servizi che non sono solo orientati alla gestione delle utenze elettriche o termiche, ma che possono includere tutta una serie di servizi aggiuntivi sfruttando la stessa infrastruttura di base ed un'unica interfaccia utente;

- 5 – fornire routine di auto apprendimento per ridurre le operazioni di configurazione e assicurare al tempo stesso la possibilità di adattarsi dinamicamente al variare delle condizioni al contorno, per non costringere l'utente all'impostazione dei *set-point* ottimizzati. I *set-point* sono individuati e direttamente attuati dal controllore domotico. In questo
- 10 contesto vengono superate anche le impostazioni o la scelta di scenari predefiniti (utente presente/assente, in vacanza, ecc.) attualmente previsti nella maggior parte dei sistemi commerciali esistenti. I benefici che ne conseguono non sono solo legati sia all'efficienza energetica ma anche alla tutela della privacy degli utenti, infatti un sistema in grado di
- 15 individuare le soluzioni ottimali localmente, cioè senza trasmettere informazioni e dati sensibili ad un livello superiore tipicamente in *cloud*, consente indubbi vantaggi in termini di cyber-security e anche di quantità di dati da trasmettere rendendo la comunicazione ai vari livelli più semplice;
- 20 – possibilità del sistema di fare autodiagnosi, ovvero di rilevare eventuali errori o malfunzionamenti, funzione necessaria per assicurare robustezza e corretto funzionamento nel tempo; e
- possibilità di gestione del *demand response* in modo automatico. In altre parole, in caso di richieste *real-time* provenienti dalla rete di distribuzione
- 25 elettrica, il sistema per essere effettivamente efficace, dovrà essere in grado di decidere o schedulare l'accensione o spegnimento di alcune utenze senza richiedere l'intervento dell'utente.

A titolo esemplificativo, verranno ora illustrate ulteriori possibili applicazioni del

30 sistema dell'invenzione nel settore dell'*assisted living*.

Forme di realizzazione preferite del sistema 1 possono essere in grado di rilevare la presenza di persone in un ambiente e, se queste persone sono indicate come soggetti che necessitano di monitoraggio continuo dei parametri vitali, di effettuare tale monitoraggio secondo logiche studiate ed implementate per le specifiche applicazioni, in maniera tale da sviluppare una routine che comanda l'invio di segnali di allarme a varie figure chiamate ad intervenire in caso di emergenza quando si verificano condizioni in cui: uno o più dei parametri vitali monitorati superano determinate soglie, si rileva un silenzio assoluto per più di un certo intervallo di tempo fissato, non si rilevano movimenti della persona per più di un certo intervallo di tempo fissato, ecc.

In più, il segnale di allarme potrebbe essere inviato a seguito dell'applicazione di una sollecitazione preventiva alla persona monitorata da parte di un'apparecchiatura controllata dal del sistema, in maniera tale da inviare richieste di aiuto motivate ed accettate dalla persona assistita.

Nello stesso modo, ovviamente, si possono implementare anche altre funzioni quali quelle di *security* (antiincendio, antiallagamento, antiintrusione, ecc.), *automation* (innaffiatura delle piante, gestione degli *scuri* (tapparelle, persiane, ecc.), dispensazione di cibo ad animali, management, ecc.

La presente invenzione è stata fin qui descritta con riferimento a forme preferite di realizzazione. È da intendersi che possano esistere altre forme di realizzazione che afferiscono al medesimo nucleo inventivo, come definito dall'ambito di protezione delle rivendicazioni qui di seguito riportate.

RIVENDICAZIONI

1. Sistema (1) per il monitoraggio di parametri fisici e/o chimici in un ambiente e per il controllo, in funzione di tali parametri, di apparecchiature (60) posizionate nell'ambiente, il quale sistema (1) comprende:
- 5 – una pluralità di sensori (50) di rilevazione dei parametri fisici e/o chimici dell'ambiente, detta pluralità di sensori (50) comprendendo almeno:
- un sensore di conteggio degli accessi (51) all'ambiente;
 - un sensore di misurazione della concentrazione di CO₂ (53) nell'ambiente;
- 10 – un'unità centrale (2) in comunicazione con detta pluralità di sensori (50) e atta a comandare dette apparecchiature (60), detta unità centrale (2) essendo configurata per:
- acquisire i dati rilevati da detta pluralità di sensori (50);
 - elaborare detti dati; e
- 15 ▪ comandare l'attuazione di dette apparecchiature (60) in funzione dei dati elaborati,
- in cui detta unità centrale (2) è atta ad implementare una rete neurale, in maniera tale che l'elaborazione di detti dati segua le logiche di una rete neurale,
- 20 il sistema (1) comprendendo inoltre un sensore per la misurazione indiretta della concentrazione di CO₂ (53) nell'ambiente, il quale sensore (53) comprende una terza unità di elaborazione dati configurata in maniera tale da implementare le logiche di una rete neurale e almeno uno tra i sensori seguenti:
- 25 – un sensore di conteggio degli accessi all'ambiente (S1);
- un sensore di rilevazione di apertura di una o più finestre (S2);
 - un sensore di rilevazione di apertura di una o più porte (S3);

- un sensore di luminosità (S4);
- un sensore di umidità (S5); e
- un sensore di temperatura (S6),

in cui è noto almeno uno dei seguenti dati:

- 5 – produzione media oraria di CO₂ da parte di ciascuna persona presente nell'ambiente;
- volume dell'ambiente;
- dimensioni superficiali e geometria dell'ambiente;
- durata dell'attività di apertura/chiusura della/e porta/e;
- 10 – durata dell'attività di apertura/chiusura della/e finestra/e;
- ricambi forzati di aria nell'ambiente;
- presenza di piante a foglia larga nell'ambiente;

e la configurazione complessiva del sensore per la misurazione indiretta della concentrazione di CO₂ (53) è tale che detta terza unità di elaborazione dati è
15 programmata per l'elaborazione dei dati rilevati da detti sensori (S1, S2, S3, S4, S5, S6) e dei dati noti secondo le logiche di una rete neurale, al fine di stimare la concentrazione di CO₂ nell'ambiente.

2. Sensore per la misurazione indiretta della concentrazione di CO₂ (53) in un ambiente, il quale sensore (53) comprende una terza unità di elaborazione
20 dati configurata in maniera tale da implementare le logiche di una rete neurale e almeno uno tra i sensori seguenti:

- un sensore di conteggio degli accessi all'ambiente (S1);
- un sensore di rilevazione di apertura di una o più finestre (S2);
- un sensore di rilevazione di apertura di una o più porte (S3);
- 25 – un sensore di luminosità (S4);
- un sensore di umidità (S5); e

- un sensore di temperatura (S6),

in cui è noto almeno uno dei seguenti dati:

- produzione media oraria di CO₂ da parte di ciascuna persona presente nell'ambiente;
- 5 – volume dell'ambiente;
- dimensioni superficiali e geometria dell'ambiente;
- durata dell'attività di apertura/chiusura della/e porta/e;
- durata dell'attività di apertura/chiusura della/e finestra/e;
- ricambi forzati di aria nell'ambiente;
- 10 – presenza di piante a foglia larga nell'ambiente;

e la configurazione complessiva del sensore per la misurazione indiretta della concentrazione di CO₂ (53) è tale che detta terza unità di elaborazione dati è programmata per l'elaborazione dei dati rilevati da detti sensori (S1, S2, S3, S4, S5, S6) e dei dati noti secondo le logiche di una rete neurale, al fine di stimare
15 la concentrazione di CO₂ nell'ambiente.

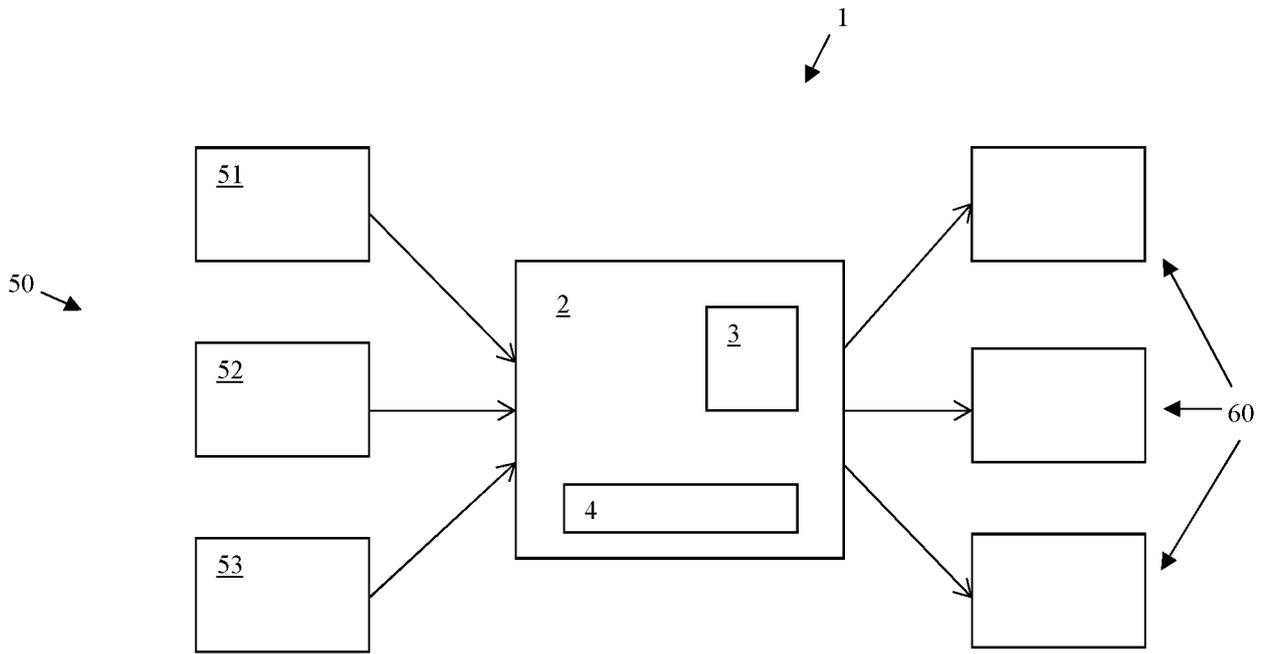


FIG. 1

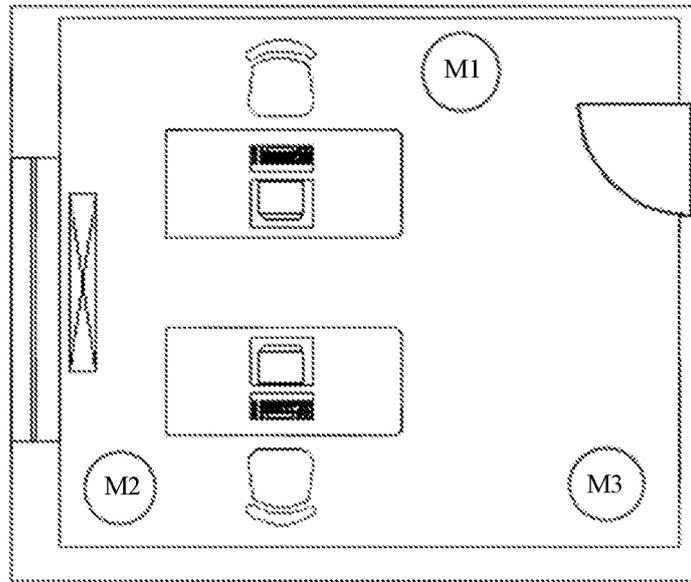


FIG. 2

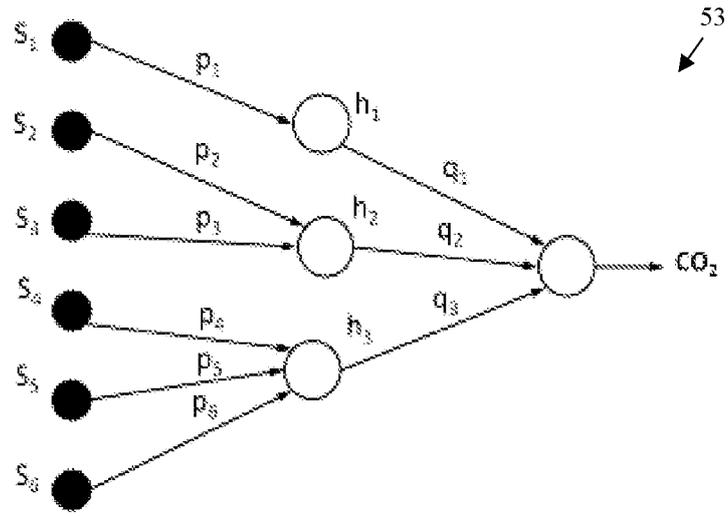


FIG. 3

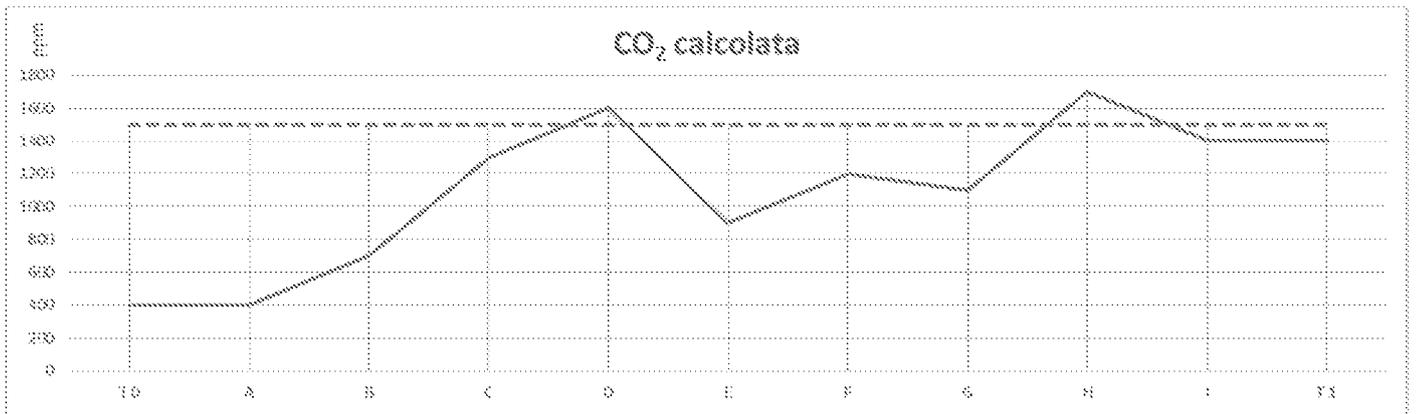


FIG. 4