

Il Sistema MS WebCare

Web based solutions for Health Care

MARCO TAUSEL
Microsystem (MI)

MS WebCare è Divisione di Microsystems dedicata allo sviluppo di prodotti e soluzioni hardware, firmware e software per la raccolta e la gestione di dati sociosanitari.

MS WebCare dispone di un team di professionisti con una profonda conoscenza delle problematiche legate alla acquisizione ed al trattamento dei dati sociosanitari, con particolare attenzione alla sicurezza dei dati in rete, con capacità di progettazione hardware e firmware su diverse piattaforme e con esperienza nello sviluppo di applicazioni network-ready in ambiente Windows, Linux ed embedded.

MS WebCare è orientata alle soluzioni derivanti dalla convergenza tra ambiti di ricerca diversi: la biomedica, l'automazione avanzata (ed in particolare la robotica) e le telecomunicazioni (in particolare X-Internet).

L'elemento fortemente innovativo di tali risultati è infatti rappresentato dall'integrazione sinergica di tecnologie e prodotti allo "stato dell'arte" provenienti dagli ambiti precedentemente illustrati, per realizzare sistemi distribuiti che forniscano soluzioni in due ambiti:

- Integrazione di informazioni eterogenee provenienti da strutture quali Ospedali, ADI, RSA, MMG, ecc. in un unico Framework informatico
- Telerilevazione di grandezze fisiologiche, con interazione a distanza mediante presenza puramente virtuale (es. videoconferenza) o pseudo-reale (mediante un robot mobile comandato a distanza).

MS WebCare utilizza gli strumenti più avanzati nel campo delle tecnologie embedded per svolgere le funzioni di monitoraggio remoto richieste.

L'offerta attuale è rivolta a diverse categorie, come ad esempio:

- Utenti che possono muoversi all'interno della residenza e necessitano un monitoraggio
- Utenti costretti a letto che necessitano di monitoraggio
- Sportivi che richiedono monitoraggio

- Anziani e/o bambini e/o altre categorie che richiedono localizzazione

L'uso di tecnologie GSM + GPS per la localizzazione e l'acquisizione dei dati permettono di incrociare i parametri acquisiti dai sensori (sia in continuo che su richiesta dell'utente/medico) con parametri posizionali.

L'architettura Webcare

Webcare propone una infrastruttura hw/sw che permette il rilevamento di grandezze biomediche ed ambientali e, tramite l'appoggio ad un server, la loro trasmissione verso un computer multimediale (dotato di caratteristiche opportune) collegato ad internet a banda larga (postazione client), fornendo contemporaneamente il supporto per connessioni audio o audio/video bidirezionali con l'utente. Inoltre, grazie alla presenza di una base mobile controllabile dalla postazione remota, è possibile assicurare una forma di tele-sorveglianza. Il termine Webcare sottolinea chiaramente l'orientamento basato su IP dell'architettura. Infatti, sia all'interno dell'ambiente domestico, sia per quanto concerne le comunicazioni con il server e le postazioni remote, si farà riferimento a comunicazioni LAN/WAN, sia cablate che wireless (IEEE 802.11b, Bluetooth, GPRS).

Per questo motivo sono stati usati protocolli crittografati per garantire la massima sicurezza di tutte le transazioni ed i collegamenti, considerando la riservatezza dei dati in transito.

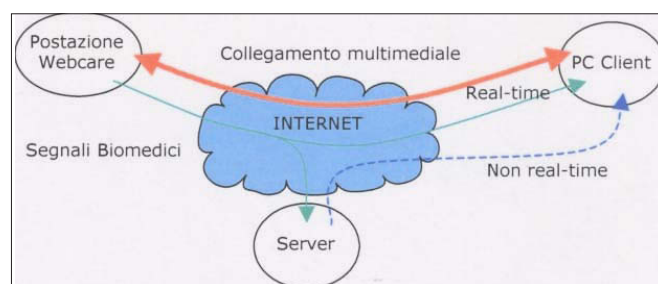


Figura 1. Architettura

Le soluzioni proposte sono le seguenti: Wecare, Docare e Dobot. Ciascuna di queste soluzioni usa alcuni moduli con differenti opzioni. I tre moduli prendono il nome di:

- WAD (Wearable Acquisition Device - dispositivo indossabile di acquisizione)
- Core (unità centrale di elaborazione e trasmissione)
- DMB (Domotic Mobile Base)

Nella seguente tabella possiamo vedere le diverse composizioni delle soluzioni Wecare:

	WAD	Core	DMB
Wecare	X		
Docare	X	X	
Dobot	X	X	X

Oltre ai moduli descritti, ciascuna soluzione Wecare richiede la presenza di un server connesso tramite Internet ed uno o più client, con la sola eccezione della connessione punto-punto o punto-multipunto: in questi casi, infatti, le informazioni di uno o più unità WAD vengono raccolte da un CORE ed inviate direttamente al server mediante collegamento LAN.

In generale, il server il compito di garantire la comunicazione in modalità protetta tra i client remoti (costituiti da PC multimediali connessi ad Internet) ed i dispositivi collocati presso l'utente. Inoltre, tale server può essere utilizzato per l'archiviazione dei segnali biomedici (e/o ambientali) rilevati.

Le postazioni client, invece, possono essere dei normali PC multimediali collegati ad Internet con sufficiente ampiezza di banda (in particolare per pilotare la base mobile), dotati di webcam nel caso si voglia attivare un collegamento audio/video bidirezionale.

Dobot® (Domestic Robot) è orientato ad una mobilità all'interno delle pareti domestiche, tramite telecontrollo, e ad una interazione acustica e visiva con l'utente.

Dobot® viene telecontrollato da una postazione Internet, possibilmente connessa in ADSL o banda larga, tramite un semplice browser Web. Tramite il browser è possibile far muovere

Dobot® oltre ad acquisire immagini tramite la telecamera installata sul fronte di Dobot®, sentire i rumori ambientali tramite il microfono e poter parlare (queste ultime due funzioni sono attive se la postazione Internet dispone di microfono e di casse acustiche). Dobot® acquisisce dati fisiologici da WAD.



Docare® (Domestic Care) è la versione usata per applicazioni fisse, permette di acquisire immagini tramite la telecamera installata sul fronte di Docare®, sentire i rumori ambientali tramite il microfono e poter parlare (queste ultime due funzioni sono attive se la postazione Internet dispone di microfono e di casse acustiche). Docare® acquisisce i dati fisiologici da WAD mediante connessione wireless.

Wecare® (Wearable Care) utilizza la sola componente "wearable" denominata WAD, avendo lo scopo di rilevare e trasmettere dati fisiologici verso un server di raccolta, e permettere un collegamento audio bidirezionale¹. Tale sistema è abbinato tendenzialmente ad una trasmissione a grande distanza e su aree geografiche di notevoli dimensioni, richiedendo canali di comunicazione quali il GPRS e l'utilizzo di servizi esterni a pagamento. Wecare può prevedere la presenza di un server al quale vengono inviati tutti i dati, in modo da potere effettuare sia in tempo reale che in maniera asincrona analisi ed elaborazioni successive. Anche in questo caso, è possibile utilizzare un client dedicato in grado di accedere al sistema.

WAD (Wearable Acquisition Device) Descrizione

¹ Tale funzionalità è attualmente in fase di sviluppo

Unità indossabile a basso costo avente lo scopo di raccogliere le informazioni provenienti dai sensori biomedici e trasmetterle in modalità wireless all'unità Core, al server centrale o direttamente al client remoto. La modalità di comunicazione wireless può variare a seconda delle esigenze tra Bluetooth (per comunicazioni locali) a GPRS (nel caso di comunicazioni a grande distanza).

Dotato di alcune spie di segnalazione e di opportuni pulsanti di controllo, WAD ospita la parte di elettronica di controllo, acquisizione e condizionamento dei segnali provenienti dai sensori biomedici, oltre che ad alcune porte seriali per il collegamento a sensori quali saturimetro/pulsimetro e sfigmomanometro.

WAD è basata su un potente microprocessore opportunamente programmato in modo da acquisire le informazioni provenienti dai sensori (mediante seriale o moduli di condizionamento) e di trasmetterle al server o al gateway (a seconda della versione, se GPRS o Bluetooth).

Sono presenti sull'unità alcuni pulsanti per accensione ed allarme ed infine di un buzzer per comunicazioni sonore.

Sono opzionalmente disponibili ulteriori modalità di interazione quali ad esempio comunicazioni a voce bidirezionali.

I sensori biomedici e antropometrici collegabili all'unità wearable o residenti al suo interno sono:

- ECG a due derivazioni
- Sfigmomanometro da braccio
- Saturimetro - Pulsimetro da dito
- Termometro (pelle ed ambientale)
- Accelerometro X-Y
- GPS per localizzazione dell'utente (opz.)

I/O:

- 1 porta seriale RS-232 per connessione a **pulsosimetro**
- 1 porta seriale RS-232 per connessione a **sfigmomanometro**
- 4 ingressi per **ECG** (2 derivazioni)
- 2 ingressi da **sensori piezoelettrici per il rilevamento della respirazione**
- 2 ingressi da sensori di temperatura (pelle ed ambientale)
- 1 canale di comunicazione wireless (Bluetooth, GPRS)
- 1 buzzer

WAD è stata progettata per potere essere indossata dall'utente senza affaticamento, e possiede diverse caratteristiche ergonomiche e strutturali:

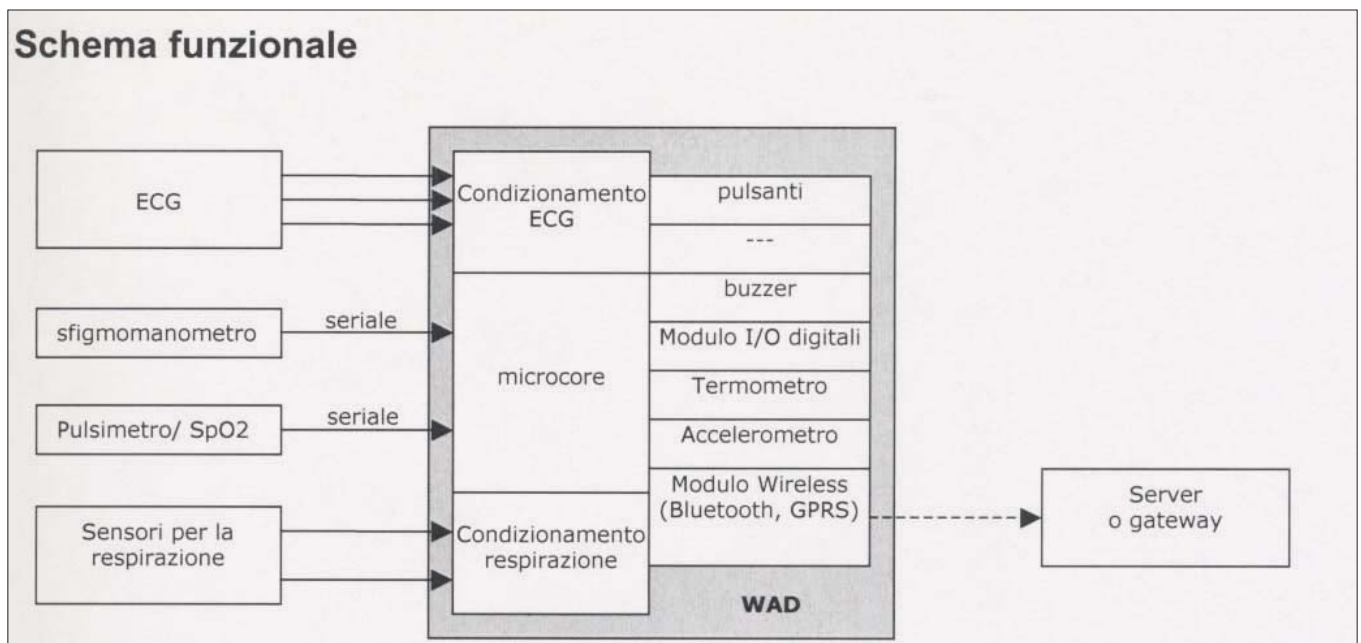




Figura 2 -WAD

1. Il peso è il più contenuto possibile
2. La struttura dell'elettronica interna è progettata in modo che i connettori dei cavi provenienti dai sensori biomedici possano essere connessi con l'unità WAD senza risultare d'impaccio all'utente e senza essere sottoposti a sforzi meccanici durante il movimento.
3. WAD ed i sensori sono collocati su una "struttura" indossabile, onde agevolare il collocamento dei sensori nelle opportune posizioni (es. ECG), come ad esempio in figura.



Core

Descrizione

L'unità Core rappresenta il centro di smistamento delle informazioni presso l'utente: presiede infatti sia il trasferimento delle informazioni biomediche provenienti dal WAD, che il collegamento audio/video con il client remoto, mediante connessione ad Internet. Per questo motivo l'unità Core è dotata di alcuni moduli ed opportune porte per potere stabilire i necessari collegamenti: wireless (Bluetooth o IEEE 802.11b) per il collegamento con l'unità WAD e verso il server su Internet via cavo o wireless. A seconda delle esigenze e delle possibilità di connessione, può essere utilizzato un normale collegamento via modem (tramite seriale), un modulo GPRS (tramite seriale, USB o bus), un collegamento mediante router ADSL (tramite collegamento LAN o USB), un collegamento su LAN (direttamente o tramite router), ed infine un collegamento wireless IEEE 802.11b (tramite gateway wireless). Per supportare il collegamento audio/video, è previsto il collegamento locale ad una telecamera e ad un microfono, e, nel caso sia necessaria la bidirezionalità, l'unità Core può essere opzionalmente collegata ad un display LCD oppure ad un normale video composito. Core, infine, può essere movimentata mediante l'utilizzo della base mobile DMB. In questo caso le comunicazioni sono wireless.

Core ha lo scopo di mettere in comunicazione l'unità WAD con i client remoti, e, nel caso si reputi necessario, con il server per l'archiviazione dei dati acquisiti.

I/O:

- 2 seriali RS-232 (pan/tilt telecamera, collegamento ad Internet mediante modem)
- 8 I/O digitali
- sensore rilevamento gas
- modulo Wireless (bluetooth, LAN IEEE 802.11b)
- 2 USB
- Ingresso video CCIR (opz.)
- Uscita video composito (opz.)
- Uscita audio
- Display (opz.)

DMB (Domotic Mobile Base) Descrizione

Unità mobile in grado di trasportare ed alimentare l'unità Core, spostandosi su ruote. Viene controllata tramite un collegamento seriale ed è alimentata da una coppia di batterie ricaricabili. Ha inoltre il compito di alzare ed abbassare l'unità Core mediante un supporto telescopico, in modo

da potere garantire un'adeguata copertura della visuale anche in condizioni di parziale occlusione (es. l'utente è a letto).

DMB è dimensionata per muoversi fino a 400 mm/s su superfici piane o con ostacoli a gradino inferiori al centimetro e mezzo.

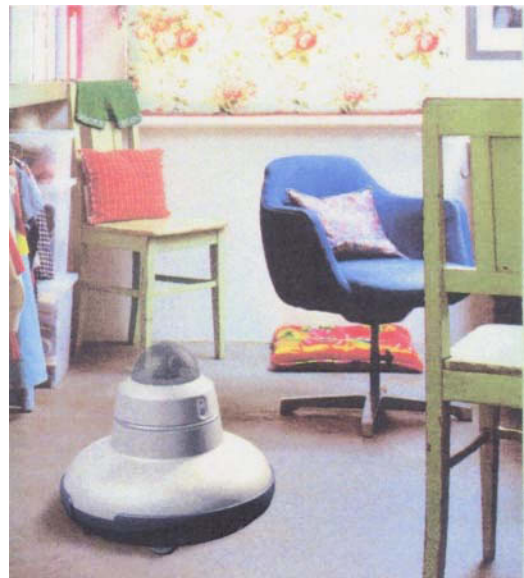
Le prestazioni legate al governo del robot sono legate alle caratteristiche della comunicazione disponibile verso il client; sono quindi necessarie una certa stabilità ed ampiezza di banda, che può essere garantita con almeno 128kbps di collegamento dall'utente al client. In caso di mancanze temporanee di comunicazione, la base mobile attua una politica conservativa, riducendo la velocità fino a fermarsi in attesa che il collegamento si ripristini.

Struttura:

circa 45x45x120 peso circa 20 k



Figura 4. Vista di DMB + Core in un tipiche situazioni di telecontrollo con il supporto telescopico all'unità Core sia esteso, in grado di alzare la telecamera a circa 120 cm da terra, che ritratto.



I/O:

- 1 seriale RS-232
- Display (opz.)
- 2 Bumper (posteriore ed anteriore)
- 3 - 5 sensori di distanza a triangolazione ottica

Meccanismo di ricarica a contatto

Trasduttori in grado di rilevare la presenza di gas (es. fig. 5) inseriti come elementi di sicurezza domestica all'interno dei dispositivi WebCare

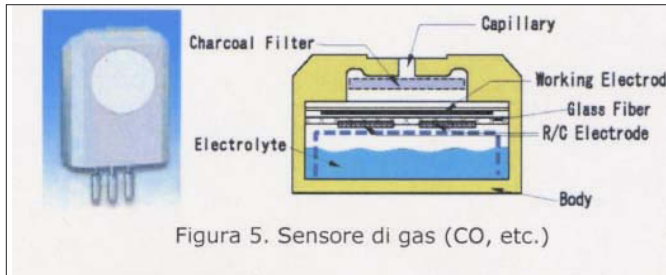


Figura 5. Sensore di gas (CO, etc.)

Trasduttori per la rilevazione della temperatura corporea ed ambientale e delle grandezze legate alla respirazione (es. figura 6).



Figura 6. Sensori per la respirazione

Pulsossimetro da dito (figura 7), opzionalmente disponibile con sensore a "cerotto" per lunghe durate, permette il monitoraggio di due delle principali grandezze vitali del paziente; tali grandezze, grazie al collegamento seriale, possono quindi essere memorizzate e/o visualizzate localmente, o inviate ad un server tramite i sistemi WebCare



Figura 7. Pulsossimetro da dito

Scenari di impiego

In questa breve presentazione, abbiamo considerato due scenari di impiego che bene si prestano ad illustrare le potenzialità dell'architettura: il primo riguarda un'applicazione in particolare legata al mondo degli anziani o persone post-ospedalizzate che richiedano ancora un'adeguata assistenza domestica; il secondo invece riguarda il monitoraggio di attività sportive sia in fase di allenamento che durante la prestazione agonistica. Pur rivolgendosi ad un'utenza chiaramente molto diversa, queste applicazioni hanno moltissimi aspetti in comune e, più in generale, sono costituite da elementi modulari interconnessi che possono essere integrati in vario modo, realizzando architetture integrate che possono rappresentare una valida risposta anche in altre realtà.

Telepresenza e rilevamento dati fisiologici in soggetti anziani

Lo scopo di questa applicazione è duplice: da un lato il monitoraggio delle funzioni vitali dell'utente, mediante un sistema indossabile (es. maglietta sensorizzata, come nel caso in figura 8), oppure mediante opportuni dispositivi di rilevamento (es. al dito o al polso), dall'altro la comunicazione (o videocomunicazione) con l'utente. Il primo aspetto è fondamentale per un monitoraggio delle funzionalità vitali dell'anziano o del sog-

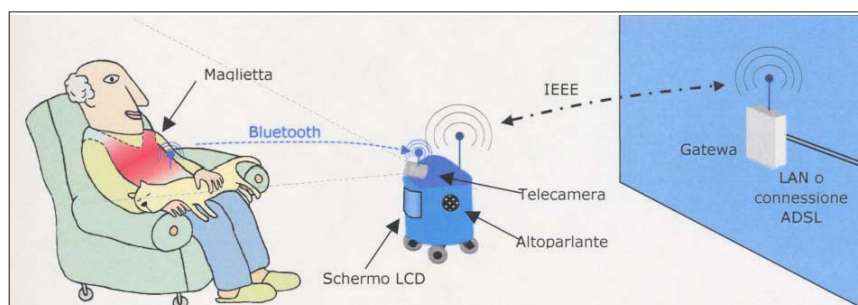


Figura 8. Esempio schematico del sistema di telepresenza e rilevamento di dati fisiologici in soggetti anziani

getto a rischio (es. infartuati, etc.), con un impatto minimamente invasivo nella sua quotidianità, permettendo così il trasferimento di tali dati a centri di supervisione, oppure al medico, che a sua volta può essere avvisato mediante SMS di andamenti anomali dei parametri fisiologici².

Il secondo aspetto, legato invece alla comunicazione, permette di stabilire un collegamento con la persona anziana anche in quelle circostanze in cui una presenza costante non è possibile. L'impiego di un robot mobile comandato a distanza aggiunge dei significativi gradi di libertà al sistema, non vincolando l'utente all'utilizzo di classici dispositivi fissi di video-comunicazione e permettendo forme di "videosorveglianza".

I limiti di tale scenario applicativo sono rappresentati da un lato da eventuali impossibilità di comunicazione wireless (interazione con dispositivi come pacemaker, etc.), dall'altro dalla presenza di comunicazioni a banda larga che possano veicolare il flusso audio-video da e verso l'utente.

Sottolineiamo come i componenti hardware proposti da MS WebCare permettono anche una connessione in GPRS (e, quando disponibile in UMTS).

Rilevamento parametri in soggetti sportivi durante attività di allenamento e/o agonistica

Questo secondo scenario di applicazione si rivolge al monitoraggio dell'andamento dei parametri fisiologici di sportivi (professionisti o meno) durante l'allenamento e/o l'attività agonistica. Tale acquisizione, unitamente al rilevamento di parametri ambientali relativi alla sede dell'allenamento o della gara, potrebbe dimostrarsi determinante al riguardo di una verifica in tempo reale e quantitativa dello stato dell'atleta, permettendo allenamenti maggiormente mirati e fornendo indicazioni volte a scongiurare il verificarsi di condizioni di potenziale pericolo per la sua salute durante l'allenamento.

Il sistema illustrato in figura 9 estremamente generico: un dispositivo indossato dall'atleta rileva, memorizza e trasmette (mediante opportuno sistema di comunicazione, es. Bluetooth) i dati fisiologici e di movimento (es. posizione, velocità) considerati di interesse. Tali dati possono essere inviati direttamente alla stazione di monitoraggio, ad esempio mediante protocollo wireless 802.11b con un access point, garantendo in questo modo una copertura fino ad alcune centinaia di metri in campo aperto, oppure vengono

ricevuti da un apposito ripetitore e ritrasmessi mediante un secondo mezzo di comunicazione a portata maggiore (es. GPRS, IEEE 802.11b, etc.) alla stazione di monitoraggio. Tale stazione, a sua volta acquisisce è in grado di acquisire anche grandezze ambientali (es. temperatura, pressione, umidità, caratteristiche del vento, etc.). La valutazione integrata di questa mole di dati permette sia il rilevamento in tempo reale di anomalie (es. variazioni significative dei parametri fisiologici o delle performance dell'atleta), sia l'analisi a posteriori di eventuali correlazioni tra determinati pattern di prestazioni, caratteristiche ambientali ed il verificarsi di incidenti, sia durante l'allenamento che nella prestazione agonistica.

I limiti di questo sistema sono rappresentati dall'indossabilità dei dispositivi di rilevamento (nonché la tollerabilità da parte dell'atleta) ed il mantenimento della banda necessaria per la trasmissione dei dati rilevati.

Altre soluzioni per allenamenti in spazi estesi (comunque coperti dalla rete GPS e GPRS) sono raffigurate nella figura 10 consistono nella connessione diretta con tecnologie cellulari.

In particolare, tale soluzione si presta bene anche al rilevamento in tempo reale o mediante registrazione e trasmissione differita dei dati relativi ad utenti che richiedano un monitoraggio continuo anche a fronte di una normale mobilità (es. in ambito urbano), senza essere vincolati all'ambiente domestico.

² Tale funzionalità richiede la presenza e l'utilizzo di un sistema automatico di valutazione al momento non compreso in Webcare

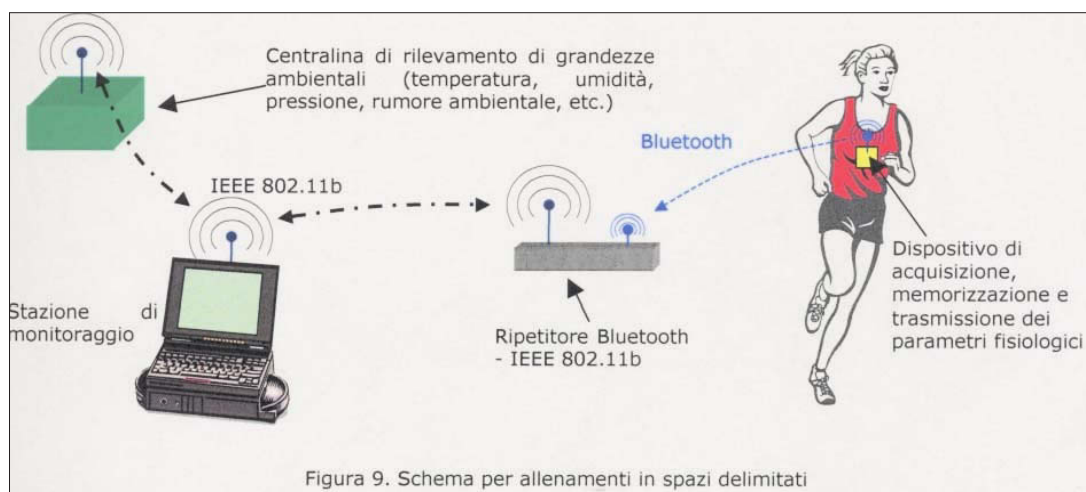


Figura 10. Schema dei rilevamento tramite comunicazione GPRS

Specifiche tecniche sensori³ :

Pulseoxymeter

Oxygen Saturation Range (%SpO ₂)	0% to 100%
Pulse Rate Range	18 to 300 pulses per minute
Measurement Wavelengths Red Infrared	660 nanometers 910 nanometers
Accuracy Blood Oxygen Saturation (%SpO ₂) (±1 S.D.) Pulse Rate	70 - 100% ± 2 digits ±3% ±1 digit
Temperature Operating Non-Operating	+32° to +122°F (+0° to +50°C) -4° to +122°F (-20° to +50°C)
Humidity Operating Non-Operating	10% to 90% noncondensing 10% to 95% noncondensing
Power Draw	60 mW - typical operation
Voltage Input	2 - 6 volts dc
Output Digital Signals	0 - 5 volts (nominally)
Patient Isolation	Greater than 12 megohm
Dimensions	1.26" x 1.25" x 2.0" (32 x 32 x 51 mm)

³ Tali specifiche sono da intendersi come puramente indicative, essendo il prodotto attualmente in fase avanzata di sviluppo, e potrebbero variare, nel caso si ritenesse opportuno nella versione definitiva

Weight	40 g (with 1m cable, no connector)
Ruggedness Shock Vibration	Per IEC 68-2-27 Mil-standard 810C, method 514-2

Blood pressure and pulse rate arm sensor

Measurement Range	Press: 0 to 299 mmHg, Pulse rate; 40 to 180 /min.
Accuracy	Pressure; within +/-3 mmHg, Pulse rate; within +/-5% of reading
Inflation	Automatic inflation with pump
Deflation	Automatic rapid deflation
Pressure Detection	Electrostatic capacity semi-conductor pressure sensor
Operating Temperature and Humidity	+10 ⁰ to +40°C, 30 to 85% RH
Storage Temperature and Humidity	-20° to +60°C, 10 to 95% RH
Measurable circumference of arm	200 to 350 mm

Respiratory Sensors

Sensor type	piezoelectric
External Power supply	not required
Output Signal Amplitude	500 mVpp (may vary according to sensor's position, respiration type, etc.)
Static Output Impedance	820 kohm
Sensitivity	2-30 uV/mm

ECG (2 Channels)

ECG Leads	4
Sampling frequency	500 samples/second for each channel
Resolution	12 bit
Input impedance	> 100 Mohm
Patient cable	4 electrodes + cables

Performance Sensors

X&Y axis acceleration measures are provided from sensors inside WECARE.

Measurement Range	±8 g
Sensitivity, Analog Output	100 mV/g
Frequency response (3 dB BW)	5 kHz
Sensor Resonant Frequency	14 kHz
Temperature Operating Range	0 +70 °C