

ROMECUP



IL FUTURO DELLA CURA CONTEST HEALTH BOT

Sapienza Università di Roma

29 aprile, ore 11

Un evento di



Realizzato con



In collaborazione con



Marconi Healt Assistant

TEAM MRC System Engineering

I.I.S. «Guglielmo Marconi» Nocera Inferiore (SA)

CLASSI IV e V

- Carmine Miranda
- Cristian Calianno
- Vincenzo Iaquinandi
- Antonio Napoletano



Sistema MHA

Il Problema

La diagnosi precoce delle patologie croniche richiede un monitoraggio quotidiano che oggi non esiste in forma accessibile e non invasiva

La Soluzione

Marconi Healt Assistant

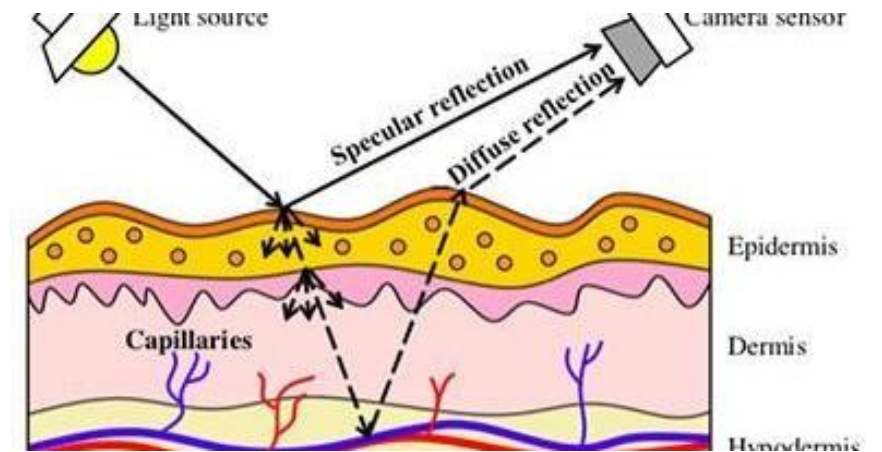
Il sistema ideato è uno specchio intelligente che, ricorrendo alle tecnologie **rPPG**, **Computer Vision**, **Machine Listening** e **AI**, consente il monitoraggio quotidiano e completamente contactless della frequenza cardiaca e della variabilità della frequenza cardiaca (HRV) dal volto, l'analisi del colorito cutaneo e della sclera oculare per screening precoci, la valutazione dello stato emotivo e il rilevamento di pattern vocali e respiratori anomali tramite microfono, fornendo report automatici al medico tramite web app companion



Sistema MHA - Introduzione

La medicina preventiva rappresenta la frontiera più efficace per la riduzione della mortalità legata alle patologie croniche. Secondo l'**OMS**, il 70% delle malattie croniche (patologie cardiovascolari, diabete, disturbi metabolici) potrebbe beneficiare significativamente di una diagnosi precoce. Tuttavia, il modello sanitario attuale si basa su visite periodiche distanziate di mesi, durante le quali segnali precoci come variazioni della frequenza cardiaca, alterazioni del colorito cutaneo e pattern respiratori anomali restano completamente inosservati.

Negli ultimi anni, la ricerca scientifica ha dimostrato che una semplice camera può estrarre informazioni fisiologiche dal volto umano grazie alla **fotoplethysmografia** remota (rPPG), una tecnica che rileva le micro-variazioni di colore della pelle causate dal flusso sanguigno. Studi pubblicati su **IEEE Transactions on Biomedical Engineering** e **Nature Digital Medicine** confermano correlazioni superiori al 95% con i pulsossimetri tradizionali

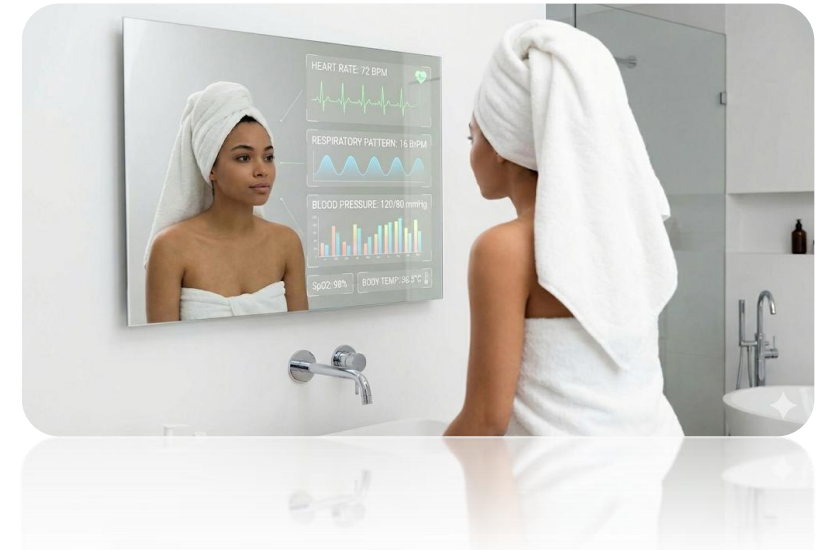


Sistema MHA - Introduzione

I dispositivi wearable attualmente disponibili richiedono che l'utente li indossi, li carichi e li configuri. Oltre l'80% degli utenti li abbandona entro sei mesi, rendendo inefficace qualsiasi strategia di prevenzione basata su di essi.

Esiste dunque un bisogno clinico concreto: un sistema di screening passivo che si integri nella routine quotidiana senza richiedere alcuno sforzo.

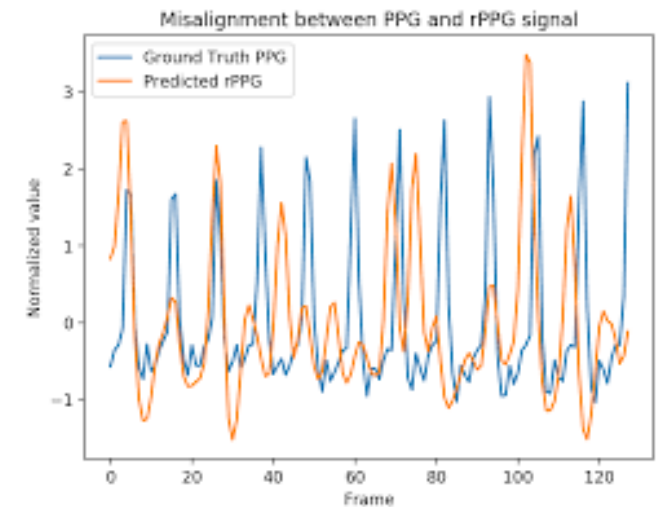
Lo specchio rappresenta la soluzione ideale: ogni persona lo utilizza quotidianamente durante la routine mattutina, posizionandosi naturalmente a una distanza ottimale per l'acquisizione dei parametri vitali tramite camera e microfono, per un tempo sufficiente a completare un intero ciclo di screening. Senza indossare nulla, senza premere pulsanti, senza cambiare abitudini. Il concetto di "health check without wearing" rappresenta una delle frontiere più promettenti della medicina preventiva accessibile.



Blocchi funzionali

M.H.A. è un sistema di health monitoring a basso consumo energetico, basato su tecnologie **AI**, **Computer Vision** e **Machine Listening**, che, grazie a una telecamera con microfono integrato e a un'unità di elaborazione centrale, consente il monitoraggio contactless della frequenza cardiaca, dell'**HRV**, della **SpO2** stimata, del **colorito cutaneo** e della **sclera oculare**, dello **stato emotivo** e dei **pattern vocali** e **respiratori**; è costituito da uno **specchio semi-riflettente**, dietro il quale è alloggiato un display **LCD da 5 pollici** collegato a un **Raspberry Pi 5**, con strisce **LED** controllabili disposte attorno alla cornice per garantire un'illuminazione uniforme del volto.

Il principio fondamentale su cui si basa il sistema è la fotopletismografia remota (rPPG). Ad ogni battito cardiaco, il volume di sangue nei capillari del viso varia leggermente, causando micro-variazioni nell'assorbimento della luce rilevabili dalla camera



Blocchi funzionali

Il sistema è composto dai seguenti elementi funzionali:

- **SPECCHIO**
 - *Specchio semi-riflettente*
 - *Struttura e cornice*
 - *Alloggiamento display, telecamera e Raspberry*
 - *Strisce LED*
- **TELECAMERA – M5STACK UNITV2**
 - *Acquisizione video per rPPG e Computer Vision*
 - *Acquisizione campioni audio per Machine Listening*
 - *Comunicazione wifi con Raspberry Pi*
 - *Protocollo di comunicazione*
- **UNITA' DI CONTROLLO**
 - *Gestione display LCD*
 - *Gestione LED*
 - *Elaborazione dati e storico parametri*
 - *Comunicazione con bot Telegram*
 - *Gestione web app companion*



Il Sistema

Il sistema prevede una telecamera con microfono integrato (M5Stack UnitV2) posizionata dietro lo specchio semi-riflettente che consente il monitoraggio contactless dei parametri vitali dell'utente tramite applicazione di modelli di **AI, Computer Vision** e **Machine Listening** e il rilevamento dei seguenti indicatori di salute

- *Frequenza cardiaca (BPM);*
- *Variabilità cardiaca (HRV);*
- *SpO2 stimata;*
- *Colorito cutaneo e sclera oculare;*
- *Stato emotivo;*
- *Pattern respiratori e vocali.*



Il Sistema

Per garantire un monitoraggio accurato e contactless dei parametri vitali è stata utilizzata la tecnica della **fotopletismografia remota (rPPG)**, che sfrutta la telecamera M5Stack UnitV2 per rilevare le micro-variazioni di colore della pelle causate dal flusso sanguigno ad ogni battito cardiaco.

L'algoritmo **CHROM** (Chrominance-based) analizza specifiche regioni del volto separando il segnale cardiaco dal rumore e dai movimenti, ottenendo una correlazione superiore al 95% rispetto ai pulsossimetri tradizionali. Dal segnale estratto si ricavano **frequenza cardiaca (BPM)**, **variabilità cardiaca (HRV)** e **SpO2 stimata** tramite analisi dei canali rosso e blu.

*Simultaneamente, i modelli di **Computer Vision** analizzano il colorito cutaneo nello spazio colore **CIE Lab** per rilevare variazioni cromatiche significative, lo stato della sclera oculare per screening di ittero e anemia, e le espressioni facciali tramite il sistema **FACS (Facial Action Coding System)** per la valutazione dello stato emotivo.*

AU1  Inner brow raiser	AU2  Outer brow raiser	AU4  Brow Lowerer	AU5  Upper lid raiser	AU6  Cheek raiser
AU7  Lid tighten	AU9  Nose wrinkle	AU12  Lip corner puller	AU15  Lip corner depressor	AU17  Chin raiser
AU23  Lip tighten	AU24  Lip presser	AU25  Lips part	AU26  Jaw drop	AU27  Mouth stretch

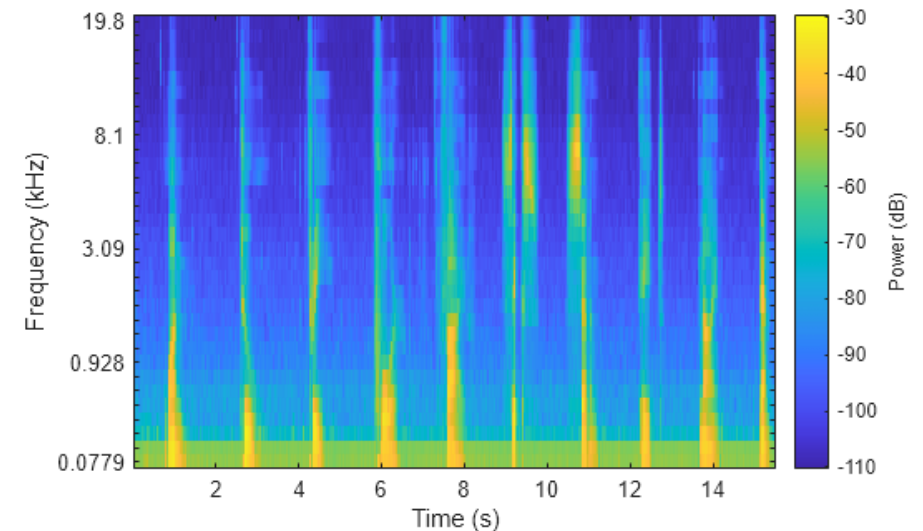


Il Sistema

Per il monitoraggio dei parametri acustici è stato utilizzato il microfono integrato nella telecamera M5Stack UnitV2, che consente l'acquisizione continua del segnale audio dell'utente durante il posizionamento davanti allo specchio.

Il segnale audio viene convertito in **spettrogrammi Mel** e analizzato da una **CNN (Convolutional Neural Network)** addestrata per classificare e distinguere tra pattern respiratori normali e anomali, episodi di **tosse** e le loro caratteristiche, e **tremore vocale**, un marker precoce di stress, ansia e patologie neurologiche.

Il sistema traccia la frequenza e l'intensità di questi eventi nel tempo: un aumento significativo della frequenza di tosse o un'alterazione del pattern respiratorio vengono segnalati come anomalie, generando un alert per il medico curante tramite il bot Telegram.



Il Sistema

L'architettura del sistema è basata su un modello **edge computing** distribuito: la telecamera **M5Stack UnitV2**, dotata di processore con acceleratore neurale integrato, esegue localmente l'inference dei modelli di rPPG, Computer Vision e Machine Listening, garantendo bassa latenza e indipendenza da servizi cloud nel rispetto della **privacy** dei dati sanitari dell'utente.

I risultati dell'elaborazione vengono trasmessi via **Wi-Fi** al **Raspberry Pi 5** mediante protocollo **MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)**, standard ISO/IEC 20922 per la comunicazione machine-to-machine in architetture IoT, che garantisce affidabilità e basso overhead anche in condizioni di rete instabile.



Il Sistema

Il **Raspberry Pi 5** riceve i parametri elaborati tramite il broker **MQTT** e li instrada su un'architettura software multi-thread:

- un primo thread gestisce il rendering in tempo reale sul **display LCD TFT da 5 pollici** posizionato dietro lo specchio semi-riflettente — consentendo all'utente di leggere i dati sovrapposti alla propria immagine riflessa con un effetto analogo a un **head-up display (HUD)**.
- Un secondo thread gestisce il **data persistence layer**, basato su un database relazionale con **indicizzazione temporale** per il tracciamento longitudinale dei trend fisiologici e retention policy automatiche.
- Un terzo thread gestisce il **layer di comunicazione asincrono**: alert automatici basati su **soglie cliniche configurabili** e report clinici giornalieri al medico tramite bot Telegram con esportazione in formato **PDF**, e una **web app companion** con dashboard interattiva per grafici di andamento e correlazioni tra parametri, accessibile da qualsiasi dispositivo

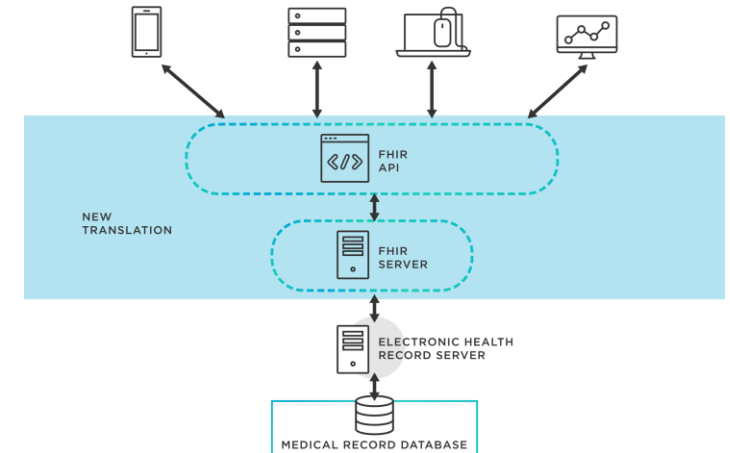


Il Sistema

In definitiva il pipeline software si basa su framework di **computer vision** e **deep learning inference** ottimizzati per architetture **ARM embedded**, con quantizzazione **INT8** dei modelli per massimizzare il throughput su hardware a risorse limitate.

Il backend espone **API RESTful** con autenticazione **JWT (JSON Web Token)** e crittografia **TLS** per la protezione dei dati sanitari sensibili, in conformità con il regolamento **GDPR**.

I report clinici vengono strutturati secondo lo standard **HL7 FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources)**, garantendo piena interoperabilità con i sistemi informativi sanitari e il Fascicolo Sanitario Elettronico.

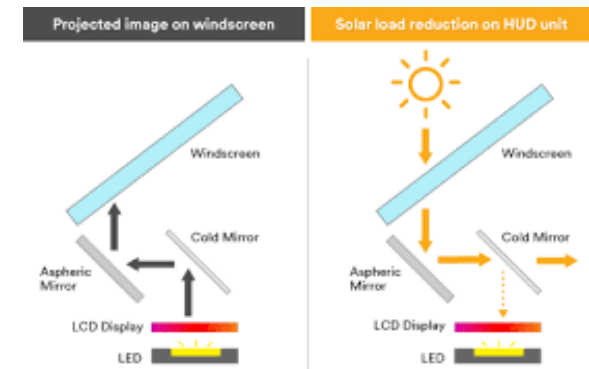


Il Sistema

Il display **LCD TFT da 5 pollici** è posizionato dietro lo specchio semi-riflettente, che consente il passaggio della luce emessa dal pannello mantenendo le proprietà riflettenti sulla superficie esterna. L'utente, guardandosi allo specchio, visualizza i propri parametri vitali sovrapposti alla propria immagine riflessa, con un effetto analogo a un **head-up display (HUD)**.

L'interfaccia è stata progettata seguendo un approccio **minimalista** per non interferire con la naturalezza dell'esperienza: vengono visualizzati in tempo reale **frequenza cardiaca (BPM)** con animazione sincrona al battito, **variabilità cardiaca (HRV)**, **SpO2 stimata**, **stato emotivo rilevato**, **analisi del colorito cutaneo** e della **sclera oculare** e stato dei **pattern respiratori e vocali**. Ogni parametro è accompagnato da indicatori cromatici con alert immediato in caso di superamento delle soglie cliniche.

Le strisce **LED** perimetrali, controllate dal **Raspberry Pi**, regolano automaticamente intensità e temperatura di colore in base alla luce ambientale, garantendo condizioni di illuminazione ottimali e costanti per l'acquisizione video



Il Sistema

Il sistema prevede due canali di comunicazione verso l'esterno, progettati per rispondere a esigenze diverse.

- Il **bot Telegram** rappresenta il canale di comunicazione primario e immediato: ad ogni sessione di screening invia automaticamente al medico curante un **riepilogo sintetico** con i parametri rilevati. In caso di superamento delle soglie cliniche configurabili, il bot genera un **alert in tempo reale** con indicazione del parametro anomalo, valore rilevato e scostamento dalla baseline personale dell'utente. A fine giornata viene generato e inviato un **report clinico in formato PDF** strutturato secondo lo standard HL7 FHIR.
- La **web app companion**, accessibile da qualsiasi dispositivo tramite browser, offre una **dashboard interattiva** per la consultazione dello storico completo: grafici di andamento temporale per ogni parametro, analisi delle **correlazioni** tra indicatori diversi e confronto tra periodi per identificare trend significativi. Il medico può accedere ai dati del paziente tramite credenziali protette da autenticazione **JWT** e crittografia **TLS**.



Costi

Il processo di sviluppo di un nuovo prodotto prevede le seguenti fasi

1 prototipazione

2 preserie o produzione pilota

3 produzione

Nel nostro caso abbiamo terminato la prima fase realizzando un prototipo funzionante. Nel caso si dovesse ipotizzare di avviare una startup si dovrebbe affrontare la seconda fase che riguarda la preserie e che richiederà un'analisi di mercato per individuare un'azienda in grado di ingegnerizzare il prodotto e progettare un processo di produzione di serie. Il costo stimato per la realizzazione del prototipo è di circa **€ 323** comprensivo dei materiali di assemblaggio. Gran parte dei componenti erano già disponibili presso il laboratorio scolastico o sono stati riutilizzati da precedenti progetti, riducendo significativamente la spesa effettiva sostenuta.



Bill of Materials

- RASPBERRY PI 5 16 GB 1
- TELECAMERA M5STACK UNITV2 1
- DISPLAY LCD TFT 5inch FREENOVE 1
- SPECCHIO SEMIRIFLETTENTE 1
- STRISCE LED INDIRIZZABILI 1



<https://iismarconinocera.edu.it>

<https://www.facebook.com/profile.php?id=61588181687660>

<https://www.instagram.com/marconihealtassistant/>

Social media

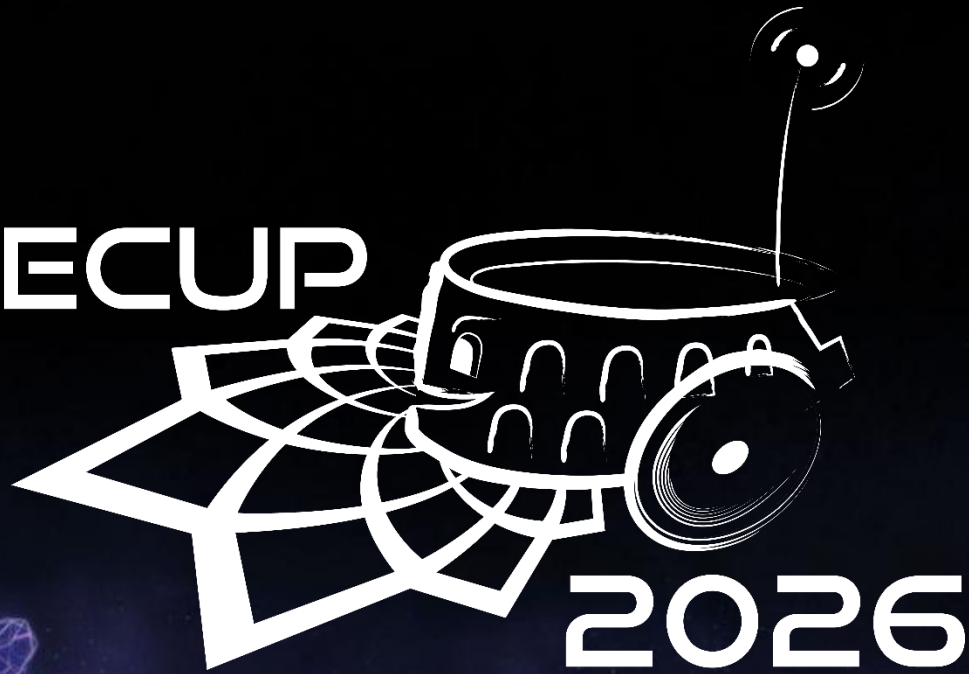


Sito web

www.mondodigitale.org



ROME CUP



Il team MRC_SE
ringrazia per l'attenzione

