



*Consiglio Nazionale delle Ricerche  
Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni*

## **Sviluppo di un Servizio di Telemonitoraggio Cardiaco**

Antonio Coronato – Giovanna Sannino

**RT-ICAR-NA-08-06**

**dicembre 2008**



Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni (ICAR)  
– Sede di Napoli, Via P. Castellino 111, 80131 Napoli, URL: [www.na.icar.cnr.it](http://www.na.icar.cnr.it)



*Consiglio Nazionale delle Ricerche  
Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni*

## **Sviluppo di un Servizio di Telemonitoraggio Cardiaco**

Antonio Coronato<sup>1</sup> – Giovanna Sannino<sup>1</sup>

***Rapporto Tecnico N.:***  
**RT-ICAR-NA-08-06**

***Data:***  
**dicembre 2008**

---

<sup>1</sup> Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni, ICAR-CNR, Sede di Napoli, Via P. Castellino 111, 80131 Napoli

*I rapporti tecnici dell'ICAR-CNR sono pubblicati dall'Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Tali rapporti, approntati sotto l'esclusiva responsabilità scientifica degli autori, descrivono attività di ricerca del personale e dei collaboratori dell'ICAR, in alcuni casi in un formato preliminare prima della pubblicazione definitiva in altra sede.*

# Sviluppo di un Servizio di Telemonitoraggio Cardiaco

Antonio Coronato<sup>1</sup>, Giovanna Sannino<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ICAR-CNR, Via P. Castellino 111, 80131 Napoli, Italia  
{antonio.coronato, giovanna.sannino}@na.icar.cnr.it

## Abstract

Il progetto sviluppato si è articolato in più fasi mirate a progettare, implementare e verificare un servizio di monitoraggio e di assistenza di pazienti, basato su componenti tecnologiche integrate in un'unica piattaforma.

Il nostro sistema è composto essenzialmente da due moduli:

- Un modulo di acquisizione dati, Alive Monitor, che trasmette in modalità wireless e registra l'elettrocardiogramma (ECG) del paziente. I segnali possono essere memorizzati in una SD memory card nel dispositivo e/o trasmessi tramite una connessione Bluetooth a un telefono cellulare, PDA o PC in tempo reale per effettuarne la visualizzazione, registrazione e/o analisi.
- Un modulo software integrato atto a raccogliere, organizzare, elaborare e visualizzare l'insieme delle informazioni cliniche (dati, segnali, immagini) rilevanti.

Il sistema è stato realizzato interamente in java, consentendo la portabilità della piattaforma indipendentemente dalla macchina utilizzata.

## **1. Introduzione**

La telemedicina, ossia la prestazione di servizi di assistenza sanitaria a distanza, può contribuire a migliorare la vita dei cittadini, sia pazienti che professionisti del settore sanitario, affrontando allo stesso tempo le sfide che si pongono ai sistemi di assistenza sanitaria.

I cittadini invecchiano e sempre più vivono con malattie croniche. Le loro condizioni di salute richiedono spesso un potenziamento dell'assistenza medica che può non essere disponibile in zone inaccessibili o per determinate specialità con la facilità e la frequenza che le loro condizioni richiederebbero.

La telemedicina può migliorare l'accesso all'assistenza specializzata in settori che soffrono di penuria di personale qualificato o in cui è difficile l'accesso all'assistenza medica. Il telemonitoraggio può migliorare la qualità della vita dei pazienti affetti da malattie croniche e ridurre i soggiorni in ospedale. I servizi come la teleradiologia e la teleconsultazione possono contribuire a ridurre le liste d'attesa, ottimizzare l'uso delle risorse e rendere possibili aumenti di produttività.

Ci sono diversi tipi di telemonitoraggio clinico quali quello cardiaco, spirometrico, diabetico e delle gravidanze a rischio.

Il nostro sistema si occupa di telemonitoraggio cardiaco che si effettua principalmente per cardiopatici a rischio, pazienti con pace-maker, pazienti sottoposti a terapie di cui si vuole valutare l'efficacia (es. efficacia di un farmaco antiaritmico).

Il telemonitoraggio rappresenta in sostanza un telecontrollo clinico evoluto, più mirato e specialistico.

## **2. Telecardiologia e telemedicina**

La telecardiologia è la trasmissione a distanza di tracciati elettrocardiografici, in particolare dal paziente ad una struttura sanitaria e viceversa, attraverso un sistema di telecomunicazione adeguato.

Di telecardiologia si sente parlare ormai da più di 15 anni. Le apparecchiature applicabili alla trasmissione in formato digitale non solo del segnale elettrocardiografico, ma anche delle immagini ricavabili da tutte le strumentazioni per la diagnostica invasiva e non invasiva, hanno raggiunto ormai standard ottimali di qualità, ma nonostante ciò, ancora oggi in cardiologia l'uso delle tecnologie informatiche è estremamente limitato e sul territorio nazionale si contano solo isolate esperienze non censite e non coordinate.

Uno degli obiettivi attuali della telecardiologia è quello di aumentare la quantità e la qualità di informazioni mediche disponibili, a costi contenuti, al domicilio del paziente, evitando spostamenti fisici e perdite di tempo.

I vantaggi offerti dalla telecardiologia sul piano assistenziale sono notevoli.

Un'immediata consulenza cardiologica "on line" rappresenta uno strumento sempre più importante in diversi ambiti clinici che spaziano da situazioni di urgenza ed emergenza a progetti di monitoraggio elettrocardiografico su larga scala.

In Italia si verificano circa 160.000 attacchi cardiaci ogni anno. Un paziente su quattro non sopravvive e in più della metà dei casi la morte sopraggiunge prima che sia possibile arrivare al più vicino ospedale.

L'elettrocardiogramma a casa del paziente o in ambiente ospedaliero, con il consulto in tempo reale del cardiologo, è oggi una realtà.

La telecardiologia permette non solo di facilitare l'accesso allo screening elettrocardiografico e di diffondere la cultura della prevenzione cardiologica, ma permette di individuare con efficacia i soggetti o le categorie a rischio, con immediati benefici anche per chi non presenta sintomatologie evidenti o che non sa di essere cardiopatico.

Come già accennato i vantaggi offerti dalla telemedicina sono notevoli e spaziano su più aree tematiche:

- Offre un servizio sanitario anche in aree geograficamente disagiate.
- Offre la possibilità di monitorare anche un paziente presso la propria abitazione, ad esempio nel caso di malati terminali, anziani o disabili.
- La Qualità dell'attività diagnostica subisce un incremento se corroborata dalla richiesta di consulenze specialistiche ad esperti. La telemedicina fornisce



**Figura 3.1: Alive Heart Monitor**

L'Alive Heart Monitor è un dispositivo wireless per lo screening, la diagnosi e la gestione delle malattie croniche, e per la salute dei consumatori e del fitness.

Questo dispositivo utilizza la tecnologia Bluetooth per trasmettere in real-time l'elettrocardiogramma del soggetto monitorato.



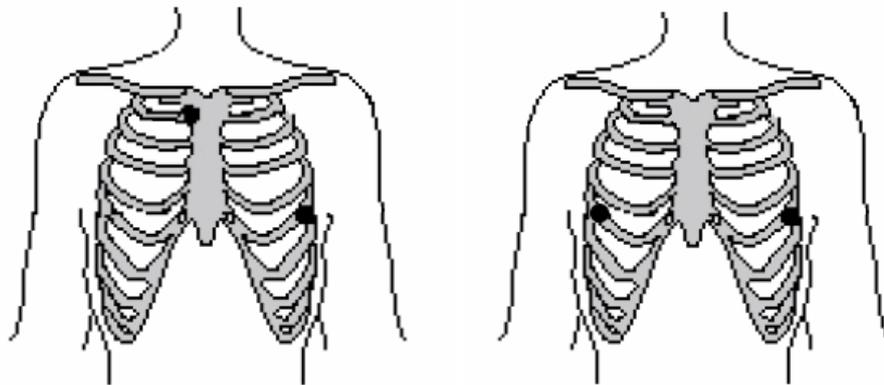
**Figura 3.2: Physical Features**

È alimentato da una batteria ricaricabile NP20 agli ioni di litio che garantisce un'elevata durata d'utilizzo; si stima all'incirca una durata di due giorni di monitoraggio che comprende sia la trasmissione dei dati al sistema software attraverso bluetooth, sia la memorizzazione dei dati su SD card posizionata all'interno del dispositivo stesso.

È dotato di due sensori ai quali vanno applicati dei normali elettrodi per la rilevazione dell'attività cardiaca. È essenziale ovviamente un buon contatto elettrico tra gli elettrodi e la pelle del paziente, per un'elevata qualità del segnale ECG.

La superficie cutanea deve, pertanto, essere pulita e preparata e gli elettrodi vanno posizionati a seconda del paziente e della parete del cuore che va monitorata.

Il diagramma seguente mostra due diversi posizionamenti degli elettrodi che in genere danno buoni risultati.



**Figura 3.3: Posizionamento degli elettrodi**

I vantaggi che offre questo particolare dispositivo sono:

- È wireless: consente trasmissioni in tempo reale verso PC, Smartphone o PDA tutto senza l'ingombro di fili.
- Utilizza la tecnologia Bluetooth: uno standard di comunicazione wireless.
- Potente: 48 ore di trasmissione wireless continue, scheda di memoria SD interna.
- Versatile: consente di effettuare registrazioni ECG e la frequenza cardiaca.
- Piccolo e portatile: può essere comodamente indossato durante le normali attività quotidiane.

#### **4. Tecnologie Software utilizzate**

Per la realizzazione del sistema software si è scelta come tecnologia e linguaggio di programmazione Java.

La scelta non è stata casuale, ma dettata da numerosi vantaggi che tale tecnologia ci offre: essere orientata agli oggetti, ma soprattutto essere indipendente dalla piattaforma, ossia *portabile*. Se si vuole, infatti, che lo stesso applicativo giri su più tipologie di macchine e sistemi operativi, Java diviene una scelta obbligatoria.

Inoltre, rispetto alla tradizione dei linguaggi a oggetti da cui deriva, ed in particolare rispetto al suo diretto progenitore C++, Java ha introdotto una serie di notevoli novità rispetto all'estensione della sua semantica. Fra le più significative si possono citare la possibilità di costruire *GUI*, ossia delle interfacce grafiche, con strumenti standard e non proprietari (per il C++ e altri linguaggi analoghi solitamente le GUI non fanno parte del linguaggio, ma sono delegate a librerie esterne), la possibilità di creare applicazioni *multi-thread*, ovvero che svolgono in modo concorrente molteplici attività, e il supporto per la *riflessione*, ovvero la capacità di un programma di agire sulla propria struttura e di utilizzare classi caricate dinamicamente dall'esterno.

Di seguito sono riportate alcune classi java particolarmente utilizzate nella realizzazione del nostro sistema.

- JRS82 definisce lo standard Java per l'accesso alla tecnologia Bluetooth
  - *javax.microedition.io*: per la gestione di connessioni Bluetooth (L2CAP e RFCOMM)
  - *javax.bluetooth*: rappresenta il Core delle API Java Bluetooth, mette a disposizione delle applicazioni funzionalità dei profili Bluetooth Generic Access Profile e Service Discovery.
- Java.awt per la gestione dell'I/O orientato alla grafica.
  - *java.awt.Graphics*: fornisce metodi per disegnare figure geometriche.
  - *java.awt.event*: fornisce l'ascoltatore di eventi relativi ai componenti grafici.
- Java Media Framework API per permettere di incorporare tipi di dati Multimediali come allarmi sonori.
  - *javax.media*: contiene le principali classi di JMF.
  - *javax.media.control*: permette di leggere e modificare parametri quali: bit rate, frame rate, lunghezza del buffer di ricezione, e altri parametri del processo di encoding.

- *javax.media.format*: per la descrizione dei formati supportati.
- Java.io che include classi, interfacce ed eccezioni per la gestione dell'I/O. Offre funzionalità per accedere ad informazioni relative ai file ed alle directory e funzionalità per leggere e scrivere dati.
  - *java.io.File*: per interfacciarsi con il filesystem; mette a disposizione numerosi metodi per vari utilizzi come interrogazione di proprietà del file: `canRead`, `canWrite`, `exists`, `getName`, `isDirectory`, `length`, etc... o manipolazione del file: `delete`, `deleteOnExit`, `mkdir`, `renameTo`, `setLastModified`, etc...
  - *java.io.FileOutputStream*: per la scrittura di file sequenziali di byte
  - *java.io.InputStream*: per l'accesso sequenziale a file di byte

## 5. Architettura del servizio di telemonitoraggio cardiaco

Il sistema proposto, è in grado di trasmettere i parametri vitali del paziente monitorato ad una postazione centrale all'interno di un reparto, in modalità wireless.

Tali dati sono resi disponibili per la rappresentazione e la eventuale post-elaborazione e/o registrazione.

Al sistema viene connesso un apparato elettromedicale, piccolo, maneggevole ed indossabile, dotato della possibilità di comunicare tramite tecnologia Bluetooth.

La postazione centrale è in grado di ricevere i dati, memorizzarli, interpretarli, organizzarli e visualizzarli in forma grafica in tempo reale.

Di seguito viene riportato un component diagram in UML che illustra i vari componenti del sistema software realizzato.

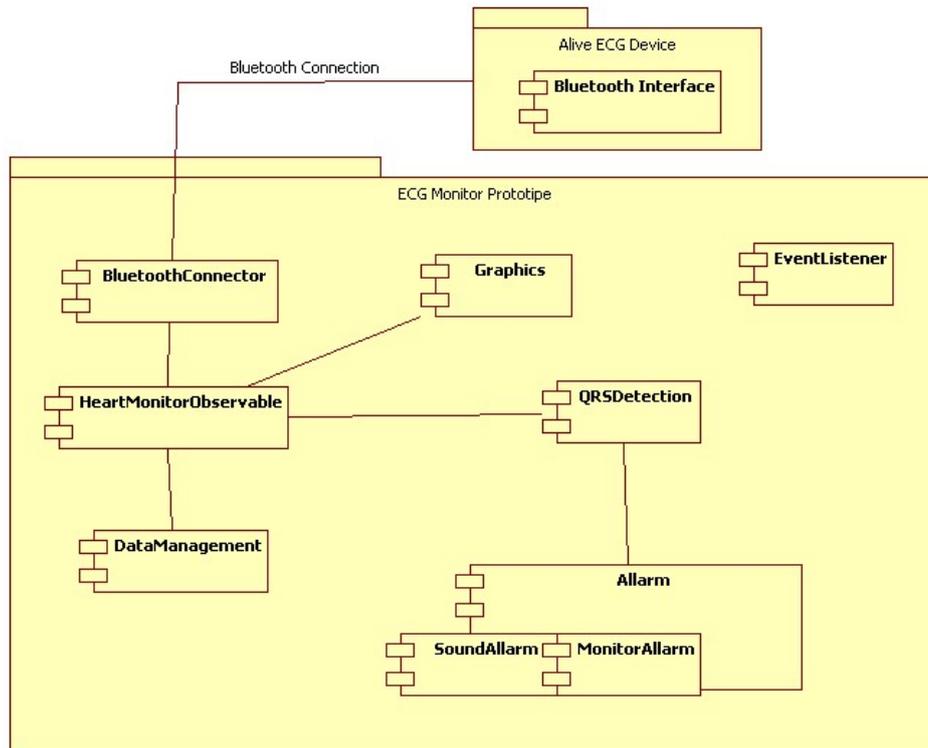


Figura 5.1: Architettura del sistema software.

- **BluetoothConnector** E' il componente che dispone la connessione, quindi la comunicazione, tra i dispositivi.
- **HeartMonitorObservable** E' il componente che si occupa dell'interpretazione e dell'organizzazione delle informazioni catturate dal dispositivo aliveecgmonitor.
- **DataManagement** E' il componente che mantiene le informazioni relative ai Dispositivi Mobili e le associazioni agli Utenti Mobili.
- **Graphics** E' il componente che permette la realizzazione di tutte le forme d'onda relative ai parametri monitorati.
- **QRSDetection** E' il componente capace di individuare il complesso QRS, ossia l'insieme di tre onde che si susseguono l'una all'altra e che corrispondono alla depolarizzazione dei ventricoli. L'individuazione avviene attraverso una serie di filtri: passa-basso, passa-alto, derivazione, elevazione al quadrato, finestra di integrazione

- **Allarm** E' il componente che si occupa di visualizzare le finestre d'allarme e di gestire gli allarmi sonori.
- **EventListener** E' il componente in ascolto di eventuali eventi registrati dalle *Graphical User Interface*

### 5.1.Funzionamento

Il sistema di monitoraggio è semplice da utilizzare: per prima cosa, bisogna adagiare gli elettrodi dell'apparecchio in punti prestabiliti del torace del paziente.

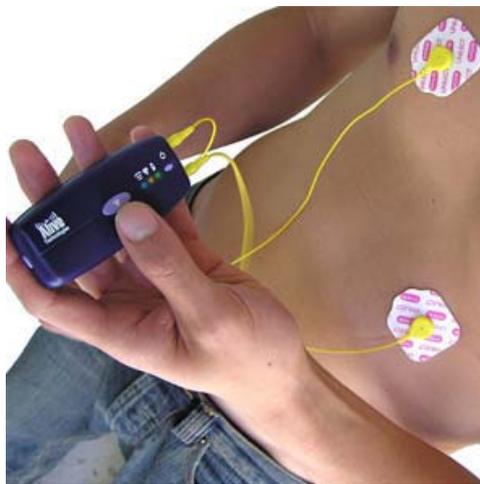
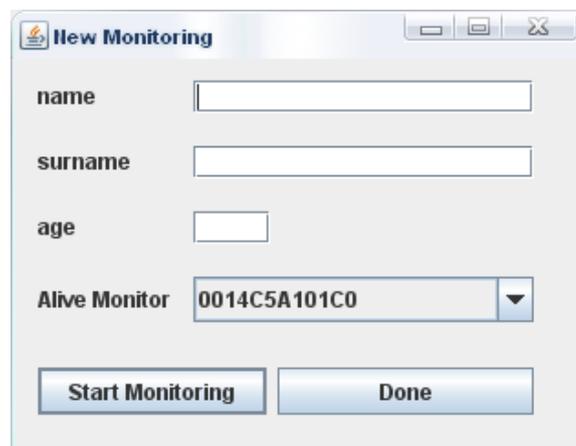
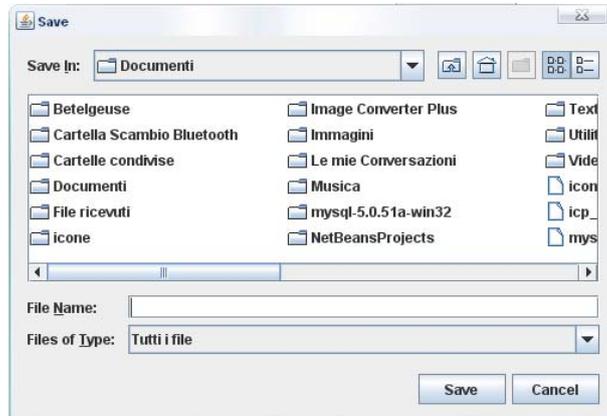


Figura 5.1: Posizionamento degli elettrodi nei punti prestabiliti del torace.

A questo punto si accende l'apparecchio, si avvia l'applicazione software, si inseriscono i dati del paziente soggetto a monitoraggio e si sceglie il file ove memorizzare i dati che verranno ricavati dal monitor ECG.

A screenshot of a software window titled "New Monitoring". The window contains four input fields: "name", "surname", "age", and "Alive Monitor". The "Alive Monitor" field is a dropdown menu showing the value "0014C5A101C0". At the bottom of the window, there are two buttons: "Start Monitoring" and "Done".

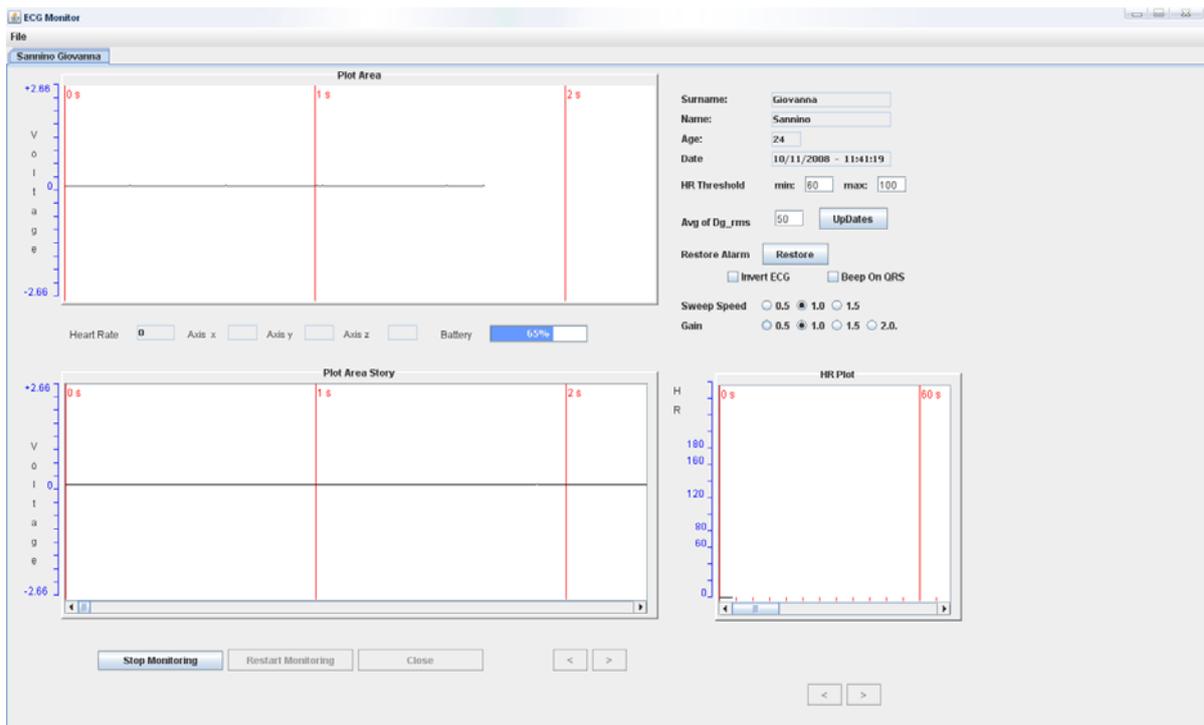
**Figura 5.2: Nuovo Monitoraggio: il sistema prevede che siano inseriti i dati del paziente in esame e l'identificativo dell'Alive Heart Monitor utilizzato per il dato paziente.**



**Figura 5.3: Il sistema richiede dove salvare i dati.**

Il componente BluetoothConnector provvede, quindi, ad effettuare una ricerca per verificare la presenza del dispositivo AliveECGMonitor selezionato e corrispondente al paziente in esame.

Trovato il dispositivo il BluetoothConnector prova a stabilire una connessione con lo stesso e apre un InputStream per lo scambio dei dati.



### Figura 5.3: Sistema di Telemonitoraggio

Fatto ciò, l'HeartMonitorObservable inizia l'interpretazione dei dati contenuti nell'InputStream e attraverso il DataManagement li cataloga. Vengono richiamati di volta in volta dallo stesso HeartMonitorObservable i componenti Graphics e QRSDetection che si occupano rispettivamente della visualizzazione delle forme d'onda dei segnali ricavati, ed interpretare i dati relativi all'elettrocardiogramma, calcolare l'Heart Rate e in caso di anomalia generare un allarme sonoro e visuale attraverso il componente Alarm.

In background è poi sempre presente il servizio di EventListener in ascolto di eventuali eventi per quanto riguarda le GUI - *Graphical User Interface*, ad esempio pressione di un tasto o altro.

Il medico può effettuare varie modifiche, personalizzando il monitoraggio a seconda del paziente.

Può scegliere di variare le soglie minime e massime dell'heart rate, invertire la forma d'onda dell'elettrocardiogramma, effettuare operazioni di zoom sia su asse verticale che su asse orizzontale, e tutto in real time.

Le stesse operazioni di modellazione della forma d'onda possono poi effettuarsi in modalità offline durante la visualizzazione di un monitoraggio memorizzato in memoria per un'analisi magari più approfondita.

## 6. Conclusioni

I vantaggi sociali ed economici di un più ampio uso della telemedicina sono potenzialmente enormi.

È tempo che la telemedicina migliori la vita dei pazienti ed offra nuovi strumenti ai professionisti della sanità: la telemedicina può essere d'aiuto nell'affrontare le sfide principali per i sistemi sanitari e può offrire opportunità considerevoli all'industria europea.

In quest'ottica abbiamo realizzato il nostro sistema di telemonitoraggio in grado di tenere sotto controllo i parametri vitali principali di un paziente e di gestirne eventuali allarmi in occasione di anomalie cardiache.

L'utilizzo di questo sistema comporta innumerevoli vantaggi, tra cui:

- Migliorare la qualità di vita del paziente
- Monitorare il paziente in tempo reale
- Offrire la possibilità di esami diagnostici a domicilio con relativa riduzione e riduzione dei ricoveri del paziente.

- **Bibliografia**

1. Z. K. Miao, S. W. Zhu - The development of an ECG telemonitoring system. *World Medical Apparatus*. 1999, 5(4): 67-69.
2. Z. W. Meng, Y. H, Zhang, J. Bei, - Design and implementation of analysis function in family ECG/BP monitoring network. *Beijing Biomedical Engineering*. 1999; 18(1): 1-4.
3. Daja N, Reljin I, Beijin B. - Telemonitoring in cardiology-ECG, transmission by mobile phone, *Annals of the Academy of Studennica*, 2001, 4: 63-66.
4. X. J. Zhu, B. M. Wu. Design of a mini mobile ECG telemonitoring terminal. *Medical Apparatus*. 2004, 25(4): 11-12.
5. ECG QRS Detection – Valtino X.Afonso - *ecow.engr.wisc.edu/cgi-bin/get/bme/463/tompkins/biomedical/chapter12.pdf*
6. Open Source ECG Analysis Software Documentation - Patrick S. Hamilton , E.P. Limited - *www.eplimited.com/osea13.pdf*
7. [www.alivetec.com](http://www.alivetec.com)