

Requisiti tecnologici, dispositivi e connettività

Gianfranco Parati¹, Stefano Omboni²

¹ Dipartimento di Medicina Clinica, Prevenzione e Biotecnologie Sanitarie, Università degli Studi di Milano-Bicocca, Istituto Auxologico Italiano, IRCCS, Milano, ²Istituto Italiano di Telemedicina, Varese

(G Ital Cardiol 2009; 10 (Suppl 1-1): 6S-9S)

© 2009 AIM Publishing Srl

Per la corrispondenza:

Prof. Gianfranco Parati

Dipartimento di Medicina
Clinica, Prevenzione e
Biotecnologie Sanitarie
Università degli Studi
di Milano-Bicocca
Istituto Auxologico
Italiano, IRCCS
Via Spagnoletto, 3
20149 Milano
E-mail:
gianfranco.parati@
unimib.it

Introduzione

Il telemonitoraggio, cioè quella branca della telemedicina il cui compito è di monitorare per via remota i principali parametri biologici, in genere al domicilio del paziente, è utile in ambito cardiologico per monitorare la pressione arteriosa, la frequenza cardiaca, l'ECG, la frequenza respiratoria, la saturazione dell'ossigeno (ossimetria), la funzionalità respiratoria (attraverso la spirometria), la temperatura corporea, i suoni polmonari ed i toni cardiaci, il peso corporeo, la glicemia, la colesterolemia, l'attività coagulante, ecc., nonché per raccogliere in tempo reale una serie di sintomi e segni il cui rilevamento precoce può favorevolmente incidere sulla prognosi del paziente e sulla frequenza e necessità di accessi a strutture ospedaliere. Tra i pazienti cardiologici i potenziali soggetti in grado di trarre beneficio dal telemonitoraggio sono gli ipertesi, i pazienti affetti da scompenso cardiaco, i pazienti portatori di protesi valvolari cardiache o pacemaker, i pazienti in terapia anticoagulante ed i pazienti sottoposti a riabilitazione cardiovascolare.

Il telemonitoraggio permette non solo di raccogliere dati al domicilio del paziente per via remota, ma anche di interagire con gli strumenti ed intervenire sul paziente, in varie situazioni, come ad esempio in condizioni di emergenza (ambulanze, veicoli di soccorso), in comunità remote non raggiungibili dal medico (isole, comunità montane o rurali) o ospedali in piccoli centri isolati, ed in tutte le situazioni in cui non è presente il medico (viaggiatori in aereo o nave, turisti, naviganti, astronauti, esploratori, militari, detenuti).

Negli ultimi anni la telecardiologia ed il telemonitoraggio dei parametri biologici si sono particolarmente sviluppati grazie alla diffusione di tecnologie di trasmissione dati senza fili (sistemi *wireless*) e grazie alla sempre più capillare disponibilità di Internet, uno strumento di comunicazione veloce ed economico.

Nei paragrafi seguenti saranno riassunte le principali metodiche di connettività oggi disponibili, soprattutto *wireless*, e le loro applicazioni in ambito medicale.

La trasmissione dati via cavo a banda larga

L'introduzione della trasmissione via cavo a banda larga, soprattutto la recente diffusione della fibra ottica, ha il vantaggio di permettere la rapida trasmissione di enormi quantità di dati. Una particolare applicazione di questa metodica di trasmissione dati è sicuramente la diagnostica per immagini o la diagnostica che prevede la trasmissione di pacchetti di dati di vari Megabyte o Gigabyte. Si pensi ad esempio all'ECG Holter a più canali o la diagnostica per immagini vascolari (ecografie, angiografie, ecc.).

Il limite principale di queste metodiche di trasmissione, soprattutto quelle a fibre ottiche, è la ridotta copertura del territorio ed i costi di esercizio ancora elevati. Questo ha spinto allo sviluppo di sistemi *wireless*, nei quali la trasmissione dei dati avviene senza fili, e quindi senza la necessità di installazioni e cablaggi particolari nella sede in cui il segnale viene raccolto, sia esso l'ospedale o il domicilio del paziente.

Le reti *wireless*

Per rete *wireless* si intende una tipologia di comunicazione, monitoraggio e sistema di controllo in cui i segnali viaggiano nello spazio e non su fili o cavi di trasmissione. In un sistema *wireless* la trasmissione avviene principalmente via radiofrequenza o via infrarosso. Le tipologie di reti *wireless* oggi disponibili sono elencate nella Tabella 1.

Le reti *wireless* si integrano nella WAN (*Wide Area Network*), rete che si estende su una vasta area geografica di centinaia o migliaia di chilometri e che usa normali linee seriali.

Tabella 1. Tipologie di reti wireless.

Tipo	Frequenza	Tecnologie	Utilizzo
WPAN (Wireless Personal Area Network)	2.4 GHz 10.6 GHz	(IrDA) Bluetooth UWB Zigbee	Reti personali che sostituiscono con collegamenti radio i cavi di connessione dei vari dispositivi per applicazioni voce e scambio di dati Reti locali per connettere client a server in un network locale
WLAN (Wireless Local Area Network)	2.4 GHz 5.8 GHz	WI-FI HYPERLAN	
WMAN (Wireless Metropolitan Area Network)	900 MHz 66 GHz	GSM (2 G) GPRS (2.5 G) UMTS (3 G) WI-Max	Reti metropolitane

In ambito medicale, le trasmissioni dei dati senza fili utilizzano la banda ISM (*Industrial, Scientific and Medical*), una frequenza radio riservata (2400-2483 GHz) non soggetta a licenza, messa a disposizione dalla Federal Communications Commission, su richiesta delle aziende che intendevano sviluppare soluzioni *wireless* per l'uso civile quotidiano. In questa frequenza operano solo dispo-

sitivi industriali, scientifici e medici a basse potenze. Diversi segnali operano nella banda ISM, come mostrato nella Figura 1.

I vari segnali operanti nella banda ISM hanno caratteristiche di ampiezza di banda, numero di canali e distanza di trasmissione che ne favoriscono un utilizzo piuttosto che un altro (Tabella 2).

Confronto dei segnali operanti a 2,4 GHz (banda ISM)

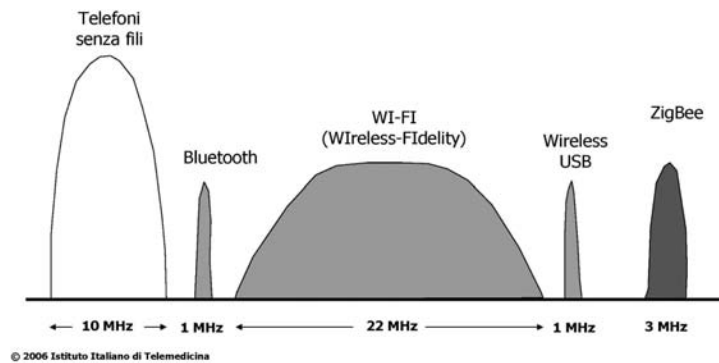


Figura 1. Confronto dei segnali operanti nella banda ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) a 2.4 GHz.

Tabella 2. I componenti della banda ISM a confronto.

Tipologia	Ampiezza della banda	N. canali	Sistema di trasmissione	Distanza (m)	Caratteristiche
WI-FI	11 Mbps	13 (fissi)	DSSS	150-300	Connessione a rete locali (LAN) Segnale stabile Segnale difficile da intercettare (criptato) Scalabile
Bluetooth	1 Mbps	79 (frequenza adattabile)	FHSS	10	Interoperabilità Riconfigurazione automatica Segnale facilmente disturbabile
Wireless USB	63 Kbps	79 (fissi, ma con frequenze dinamiche)	DSSS	10	Simile a bluetooth ma a canali fissi
ZigBee	128 Kbps	16 (fissi)	DSSS	5-10	Basso costo Bassi consumi Elevata sicurezza Usato per sistemi di controllo

DSSS = Direct Sequence Spread Spectrum; FHSS = Frequency Hopping Spread Spectrum.

La trasmissione dei dati da un dispositivo medicale alla centrale di elaborazione dati può oggi sfruttare le reti *wireless*. Ad esempio, in ambiente ospedaliero, è possibile disporre di una WLAN (*Wireless Local Area Network*). Si tratta di un tipo di rete locale basata su trasmissioni radio ad alte frequenze, che permette di evitare l'utilizzo dei cavi tradizionali. È un sistema molto flessibile che può essere integrato con le tipiche reti via cavo. Un tipico esempio di struttura di rete WLAN ospedaliera è schematizzato nella Figura 2.

Sistemi *wireless* possono essere implementati anche a domicilio, grazie soprattutto alla tecnologia *bluetooth* ed ai cellulari di nuova generazione.

Per quanto riguarda la trasmissione dati attraverso i cellulari, essa può avvenire attraverso vari sistemi di trasmissione, identificati con bande di frequenza diverse:

- a) GSM (*Global System for Mobile Communications*): si tratta dello standard più diffuso ed economico per le trasmissioni voce e dati digitali, tuttavia la trasmissione dei dati è lenta (max 9.6 Kbps). È possibile utilizzare gli SMS per la trasmissione di brevi stringhe di dati, ma comunque non è possibile utilizzare questi sistemi per la trasmissione remota di informazioni complesse;
- b) GPRS (*General Packet Radio Service*): è basato sul trasferimento di dati "pacchettizzati" che sfrutta la possibilità di poter condividere la larghezza di banda non occupata da altre comunicazioni contemporanee, a differenza del GSM supporta alcuni protocolli Internet, anche se la velocità non è elevata (max 100 Kbps). Questi sistemi hanno in effetti permesso lo sviluppo della trasmissione remota dei dati *wireless*, anche se la loro velocità di trasmissione è di poco superiore a quella di un modem analogico;
- c) UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*): questi sistemi di terza generazione sono paragonabili alla banda larga terrestre ed hanno permesso lo sviluppo di applicazioni voce, videoconferenza e trasmissione dati a pacchetto. Supporta una velocità di trasmissione massima di 2000 Kbps;
- d) infine vi sono i nuovi sistemi di quarta generazione, il futuro sistema di telefonia mobile con *bit rate* di 1 Gbps

grazie all'utilizzo di frequenze radio-mobili multiple, in grado di veicolare lo stesso segnale dati.

I sistemi *wireless* sono sicuramente la metodica di riferimento del prossimo futuro per la telecardiologia. Infatti, la crescente diffusione delle reti di cellulari ed il progressivo decremento dei costi renderà accessibile queste metodiche anche ai paesi in via di sviluppo dove, a causa di carenze logistiche e strutturali, le reti tradizionali via cavo non sono disponibili. In questo ambito un'importante funzione integrativa può essere svolta da Internet.

La trasmissione satellitare

La trasmissione dati via satellite è sicuramente un'opzione interessante: basterebbe una parabola utilizzata per la televisione per lo scambio di dati. Oggi l'elevato numero di satelliti in orbita geostazionaria favorirebbe questa metodica. Tuttavia questi sistemi permettono solo di ricevere dati, mentre la trasmissione al satellite può avvenire attraverso una centrale dotata di adeguata potenza di trasmissione alla quale l'utente si può connettere solo attraverso Internet o comunque attraverso la rete via cavo o i cellulari. Ciò implica che la trasmissione di dati in uscita necessita comunque della presenza di altre infrastrutture e tecnologie per la connessione a Internet.

Il vantaggio della trasmissione satellitare è comunque legato al fatto che non è necessaria la presenza di cellule sul territorio come avviene per la telefonia mobile. Ed oggi sappiamo che in molti paesi del terzo mondo (si pensi all'India) vi è un'enorme diffusione di impianti satellitari domestici.

Internet e reti *wireless* in medicina

Internet, nato sul finire degli anni '60, è oggi uno strumento di comunicazione molto diffuso che conta oltre un miliardo di utenti nel mondo.

L'utilizzo di Internet nella telemedicina e telecardiologia è utile per una serie di motivi. Innanzitutto, l'ampia dif-

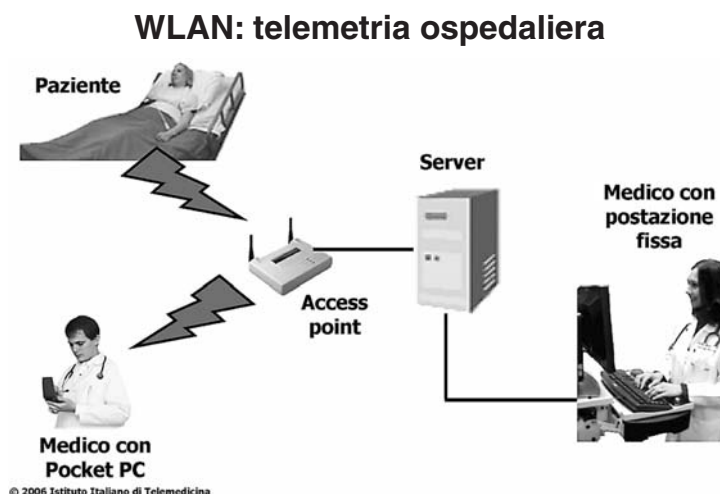


Figura 2. Esempio di WLAN (*Wireless Local Area Network*) ospedaliera.

fusione dei PC e del web, i costi relativamente contenuti, la facilità di utilizzo, la stima di una progressione continua e ramificazione delle connessioni, le velocità di connessione sempre più elevate a costi proporzionalmente più bassi rispetto ad un tempo, la possibilità di centralizzare il software dell'analisi (utile per *upgrading* ed assistenza all'utente), la possibilità di utilizzare strumenti di comunicazione medico-paziente gratuiti o a basso costo (e-mail, SMS, e-fax, ecc.).

Oggi esistono varie modalità di connessione ad Internet, divise sostanzialmente in via cavo e *wireless*. La trasmissione dei dati via Internet avviene sostanzialmente attraverso un protocollo standard definito *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP). Con questo nome vengono identificati una serie di protocolli di rete che si sono andati via via sviluppando nel tempo e che permettono a due nodi di comunicare attraverso Internet per strutture sintattiche. Alcune tipologie, più note di questi protocolli sono il protocollo FTP (*File Transfer Protocol*) che permette il trasferimento tra due *host*, il protocollo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*), che permette l'interconnessione con siti web, ed il protocollo SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*), su cui si basa la trasmissione di e-mail. Il protocollo http è quello oggi più utilizzato per la trasmissione dati attraverso Internet. Esso, integrato in software residenti sul web e dotati di interfacce utente (siti Internet o siti web) permette agli utenti ed ai professionisti di comunicare tra loro utilizzando il web.

L'integrazione tra Internet e le reti *wireless* permette l'accesso ad Internet da dispositivo mobile e cioè mediante telefoni cellulari e Smart phone, PDA e pocket PC, PC o hardware dedicato. I vantaggi di questo sistema di comunicazione sono:

- non necessita di particolari infrastrutture (linee telefoniche terrestri, cavi domestici, ecc.);
- possibilità di raggiungere persone in località remote;
- potenziale maggiore diffusione nei paesi in via di sviluppo (l'Africa e Medio Oriente rappresentano solo l'1% degli utenti Internet);
- contenimento dei costi con sistemi ibridi ed integrazione con apparecchiature domestiche necessarie (domotica);
- vantaggi di Internet.

D'altro canto, il *wireless* Internet può essere limitante, a causa di:

- evoluzione tecnologica troppo rapida;
- eccessiva varietà di hardware e software;
- non completa adattabilità (mancanza di standard);
- costi elevati dell'hardware (e dei servizi?);
- efficienza (connettività "sempre su", larghezza della banda);
- distribuzione non ubiquitaria;
- frazionamento e ridistribuzione delle reti (intradamento o *roaming*);
- necessità di conoscenze e flessibilità da parte dell'operatore;
- formato e compressione dati;
- sicurezza dei dati.

Applicazione del *wireless* Internet in cardiologia

Tra le applicazioni del *wireless* Internet vi è senza dubbio il telemonitoraggio della pressione arteriosa. Esso si caratterizza, rispetto alla misurazione del medico, per una serie di vantaggi, il cui risultato è una migliore valutazione del livello pressorio individuale:

- nessuna reazione d'allarme alla misurazione pressoria;
- disponibilità di numerose misurazioni pressorie;
- elevata riproducibilità della misurazione nel tempo;
- teletrasmissione delle misurazioni con riscontro ed aggiornamento rapido del medico sullo stato di salute del paziente;
- analisi centralizzata, rapporto dettagliato (anche automatizzato) e supporto attivo ai processi decisionali del medico;
- coinvolgimento attivo del paziente nella gestione della sua condizione ed aumento dell'aderenza alle prescrizioni terapeutiche del medico;
- riduzione delle visite e dei costi di gestione del paziente.

Purtroppo questi sistemi sono spesso poco accettati da medici e pazienti perché basati su tecnologie complesse e difficili da usare. Tuttavia di recente sono stati sviluppati sistemi tecnologicamente avanzati ma di semplice utilizzo, caratterizzati da automatismi che evitano l'intervento del medico e del paziente, ad esempio sulla trasmissione dei dati.