

## I sistemi di telecomunicazione nella telemedicina

A. DI LIETO<sup>1</sup>, D. DI LIETO<sup>2</sup>, I.F. CARBONE<sup>3</sup>, M. CAMPANILE<sup>4</sup>, M. DE FALCO<sup>5</sup>

RIASSUNTO: I sistemi di telecomunicazione nella telemedicina.

A. DI LIETO, D. DI LIETO, I.F. CARBONE, M. CAMPANILE,  
M. DE FALCO

*La telemedicina è l'erogazione di servizi di cura e assistenza, in situazioni in cui la distanza è un fattore critico, da parte di qualsiasi operatore sanitario attraverso l'impiego delle tecnologie informatiche e di sistemi della telecomunicazione per lo scambio di informazioni finalizzate alla diagnosi, al trattamento, alla prevenzione di malattie, alla ricerca, alla valutazione ed alla formazione continua del personale sanitario, nell'interesse della salute dell'individuo e della comunità. I campi di applicazione della telemedicina sono numerosissimi ed in continua evoluzione.*

*Attualmente le principali applicazioni della telemedicina si avvalgono di una connessione convenzionale cablata, capace di collegare due luoghi lontani tramite una rete ad area locale (LAN). Questo tipo di connessione, tuttavia, non si presta a criteri di mobilità, flessibilità e portabilità. La necessità di rispondere ai suddetti criteri sta favorendo il ricorso a connessioni wireless. Il sistema wireless, attualmente in uso presso il nostro Centro di Telemedicina Prenatale, consente di superare i problemi di staticità, scarsa flessibilità e non trasportabilità: la telecardiotocografia e la tele-ecografia hanno tratto vantaggio dalla diffusione e dal perfezionamento delle nuove reti di comunicazione, specie nel management delle gravidanze a rischio in aree decentrate.*

*La telemedicina avrà sempre maggiori applicazioni nel prossimo futuro, specie nei Paesi in via di sviluppo con diffuse aree rurali, molto distanti dagli ospedali zonali. Con la presenza di protocolli capaci di assicurare la qualità del servizio e la sicurezza dei dati dei pazienti, i consulti a distanza si verificheranno in tempo reale. L'affidabilità della tecnologia per la telemedicina in tempo reale farà diminuire ricoveri impropri, costi elevati relativi a trasporti e sprechi di risorse.*

SUMMARY: Role of telemedicine and analysis of telecommunication systems used.

A. DI LIETO, D. DI LIETO, I.F. CARBONE, M. CAMPANILE,  
M. DE FALCO

*Telemedicine is the delivery of care services and assistance in situations where distance is critical, by any health care through the use of information technologies and telecommunication systems for the exchange of information for the diagnosis, treatment, prevention of diseases, research, assessment and training of health care givers in the interest of health of the individual and the community. The application fields of telemedicine are numerous and increasing.*

*Currently, the main applications of telemedicine use a conventional wired connection, able to connect two distant places via a local area network (LAN). This type of connection, however, does not lend itself to the criteria of mobility, flexibility and portability. The need to meet the above criteria, it has promoted the development of wireless connections. The wireless system is currently used at our Center for Prenatal Telemedicine, would eliminate the problems of immobility, lack of flexibility and portability: the telecardiotocography and tele-ultrasonography have benefited from the spread and refinement of new communications networks, especially in the management of pregnancies at risk in remote areas.*

*Telemedicine will have more applications in the near future, especially in developing countries with widespread rural areas, far away from little hospitals. Using protocols capable of guarantee quality service and security of patient data, see the distance to occur in real time. The reliability of telemedicine technology for real-time will reduce inappropriate admissions, high costs related to transport and waste of resources.*

KEY WORDS: Telemedicina - Telecardiotocografia - Tele-ecografia.  
Telemedicine - Telecardiotocography - Tele-ultrasonography.

Università degli Studi di Napoli Federico II  
Facoltà di Medicina e Chirurgia  
Cattedra di Ginecologia ed Ostetricia  
(Titolare: A. Di Lieto)  
Struttura Complessa di Medicina dell'Età Prenatale  
(Responsabile A. Di Lieto)

© Copyright 2010, CIC Edizioni Internazionali, Roma

<sup>1</sup> Professore Ordinario di Ginecologia ed Ostetricia - Responsabile del Progetto di Telecardiotocografia computerizzata della Regione Campania e del Progetto Europeo di Telecardiotocografia Convenzionale e computerizzata e di Tele-ecografia

<sup>2</sup> Avvocato, Specialista in Professioni legali, Diritto delle Nuove Tecnologie e delle Comunicazioni

<sup>3</sup> Specializzanda presso la Scuola di Specializzazione in Ostetricia e Ginecologia - Assistente in formazione presso l'A.O.U. Federico II

<sup>4</sup> Medico Universitario ad elevata professionalità

<sup>5</sup> Dirigente Medico a contratto

## Introduzione

La telemedicina nasce dall'integrazione di apparecchiature elettromedicali, di tecnologie informatiche e di sistemi delle telecomunicazioni, allo scopo di assicurare la diagnosi, il consulto specialistico ed il monitoraggio a distanza, anche a pazienti residenti in luoghi lontani dai centri sanitari adeguatamente attrezzati (come isole, centri urbani decentrati o zone rurali, specie nei Paesi in via di sviluppo) e spesso costretti a continui spostamenti anche a notevole distanza o a prolungati ed impropri ricoveri ospedalieri.

Il termine di telemedicina si presta a svariate definizioni, non sempre univoche, che spesso focalizzano l'attenzione solo su alcuni aspetti della materia.

La definizione più esaustiva è senz'altro quella concordata a livello CEE da una Commissione di esperti, che ha redatto un documento sulle prospettive di sviluppo della telemedicina in Europa, con l'obiettivo di migliorare la qualità dei servizi sanitari, facilitare la formazione professionale di medici ed infermieri ed ottimizzare il trasferimento qualificato di dati ed esperienze tra i vari Paesi europei.

Infatti secondo la Commissione Europea, organizzatrice dell'EHTO (*European Health Telematic Observatory*), la telemedicina è "l'integrazione, il monitoraggio e la gestione dei pazienti, nonché l'educazione dei pazienti e del personale, attraverso l'uso di sistemi che consentano un pronto accesso alla consulenza di esperti ed alle informazioni del paziente, indipendentemente da dove il paziente o le informazioni risiedono".

Secondo una recente definizione dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), la telemedicina è l'erogazione di servizi di cura e assistenza, in situazioni in cui la distanza è un fattore critico, da parte di qualsiasi operatore sanitario attraverso l'impiego delle tecnologie informatiche e della telecomunicazione per lo scambio di informazioni finalizzate alla diagnosi, al trattamento, alla prevenzione di malattie e di traumi, alla ricerca, alla valutazione ed alla formazione continua del personale sanitario, nell'interesse della salute dell'individuo e della comunità.

Il concetto di telemedicina non è nuovo. Già alla fine degli anni '50 furono sperimentate la Telepsichiatria e la Telefluoroscopia. Negli anni '60 e '70, numerosi progetti pionieristici di telemedicina furono iniziati negli Stati Uniti d'America ed in Canada. Negli anni '70 e '80 si è perfezionata la trasmissione di immagini mediche attraverso la televisione.

Il telefono, usato per anni dai medici per comunicare con i pazienti, rappresenta una semplice ed involontaria applicazione della telemedicina. In aggiunta, altre forme di telecomunicazione a scopi medici sono

state perfezionate per la trasmissione di dati, immagini e video, ora possibili in tempo reale tra medici di specializzazioni diverse che operano in centri sanitari sparsi in tutto un Paese.

I campi di applicazione della telemedicina sono numerosissimi ed in continua evoluzione, dalla Cardiologia (trasmissione di tracciati elettrocardiografici) alla Radiologia (trasmissione di immagini radiografiche), alla Dermatologia (trasmissione di immagini digitali di lesioni cutanee) all'Anatomia Patologica, dalla Ginecologia ed Ostetricia (monitoraggio della gravidanza) alla Odontoiatria.

Praticamente, ogni branca della Medicina può avvalersi di questo strumento per migliorare l'esercizio delle attività cliniche, assistenziali e didattiche. Basta un cellulare per veicolare i dati da un elettrocardiografo portatile ad una Centrale di ascolto e permettere una diagnosi a casa in tempo reale.

Anche nella telemedicina Prenatale, la Telecardiotocografia e la Teleecografia hanno tratto vantaggio dalla diffusione e dal perfezionamento delle tecnologie e delle reti di comunicazione. Tale necessità è nata dall'alta frequenza, specie nel *management* delle gravidanze a rischio, di registrazione di tracciati cardiotocografici e di indagini ecografiche, effettuate nell'arco della gravidanza, con conseguente incremento del numero di controlli ambulatoriali, nonché di ricoveri prolungati ed impropri, effettuati, spesso, solo per il monitoraggio seriato delle gravidanze a rischio(1-6).

Inoltre è sempre maggiore la richiesta di prestazioni sanitarie di alta specializzazione da parte dei residenti in aree geografiche decentrate rispetto a strutture sanitarie di secondo e terzo livello. Ciò vale anche per la cardiotocografia e per l'ecografia ostetrica, dal momento che le gestanti, provenienti dalle suddette aree disagiate, devono sottoporsi a lunghi e scomodi spostamenti per effettuare il monitoraggio cardiotocografico ed ecografico, con conseguenti ripercussioni psicologiche ed economiche (7,8).

La telemedicina dovrebbe permettere il trasferimento di immagini e di dati digitalizzati evitando gli spostamenti dei pazienti, offrendo, altresì, gli stessi parametri di sicurezza ed efficacia della tradizionale assistenza sanitaria offerta in ospedale od in un ambulatorio.

In oltre 30 anni di storia la telemedicina convenzionale ha presentato numerosi vantaggi per i pazienti, ma anche numerosi inconvenienti.

Mentre i sistemi di telemedicina convenzionale sono ormai ben definiti e sperimentati, essi risultano comunque ingombranti, statici e molto costosi.

Numerosi ricercatori hanno indirizzato negli ultimi anni il loro interesse verso i sistemi di telemedicina *wireless* (senza fili); i sostenitori dei sistemi *wireless* sottolineano la maggiore mobilità, il minor costo di questi e quindi la maggiore maneggevolezza per la telemedi-

cina. La mobilità ed i costi minori delle apparecchiature sono aspetti importanti da tener presente per l'utilizzo futuro della telemedicina.

## Telemedicina convenzionale

I medici ed alcuni gruppi di ricerca cominciarono a sperimentare i sistemi di telemedicina circa trent'anni fa. A quel tempo il telefono ed i fax erano considerati le nuove tecnologie della telecomunicazione.

Nel 1959 fu effettuata la prima videoconferenza negli Stati Uniti tra l'Istituto Psichiatrico del Nebraska e l'ospedale di Norfolk, distante circa 100 miglia. Questo collegamento, con una connessione televisiva a circuito chiuso, aveva l'obiettivo di permettere una diretta comunicazione tra i medici dei due ospedali. Lo scopo della connessione era duplice: in primo luogo permettere ai medici del primo ospedale di offrire ai medici e agli studenti del secondo ospedale un consulto su alcuni pazienti. Il secondo obiettivo era di permettere al personale sanitario dell'Istituto Psichiatrico di offrire consulenze specialistiche su pazienti dell'altro ospedale in modo continuativo, senza la necessità di doversi spostare da un istituto all'altro.

Negli anni successivi, ed esattamente nell'aprile del 1968, fu istituita una connessione video tra il *Massachusetts General Hospital* e l'aeroporto di Boston. L'introduzione di questa connessione telematica comportò il vantaggio di evitare la presenza continua dei medici in aeroporto, pur garantendo un'assistenza sanitaria costante ad impiegati e passeggeri. Naturalmente fu necessario programmare in ospedale una guardia medica di 24 ore, mentre l'aeroporto di Boston fu equipaggiato con apparecchiature di cardiologia, dermatologia e radiologia.

## Utilizzo attuale della telemedicina convenzionale

I principali utenti dei servizi di telemedicina convenzionale sono gli ospedali, le cliniche, i consultori, le prigioni e qualsiasi altra struttura dove le apparecchiature, una volta installate, non necessitano di essere rimosse.

L'applicazione della telemedicina in questi contesti consente di limitare al massimo lo spostamento del personale sanitario e dei pazienti, assicurando, altresì, un adeguato livello di assistenza medica.

Gli ospedali ed i consultori familiari sono stati i principali candidati per l'utilizzo dei sistemi di telemedicina convenzionale.

Nelle prigioni e nei penitenziari è piuttosto difficile, costoso e anche rischioso effettuare una visita spe-

cialistica per i pazienti: è necessaria una programmazione accurata e la disponibilità di numerose unità di personale con costi piuttosto elevati. Pertanto, ricorrendo ai sistemi di telemedicina non si rende più necessario trasferire il malato dal medico o portare il medico direttamente nelle strutture carcerarie, con conseguenti vantaggi economici e logistici (9,10).

## Stato attuale della telemedicina

Attualmente le principali applicazioni della telemedicina si avvalgono di una connessione convenzionale denominata *wired* (cablata), capace di collegare due luoghi lontani tramite una rete ad area locale (LAN). Questo tipo di connessione, tuttavia, non si presta a criteri di mobilità, flessibilità e portabilità. La necessità di rispondere ai suddetti criteri sta favorendo il ricorso a connessioni *wireless*.

Nel momento in cui le apparecchiature di telemedicina divengono mobili, flessibili e portabili, le possibilità di erogare un consulto sanitario diventano numerose e soprattutto utili in caso di situazioni di emergenza. In tutti casi di emergenza, in aree disastrose e in luoghi dove il rapporto paziente/medico è molto elevato, il beneficio di utilizzare apparecchiature mobili e flessibili è notevole.

La telemedicina convenzionale attualmente usa connessioni RTG (*Rete Telefonica Generale*, analogica) ed ISDN (*Integrated Service Digital Network*, digitale) per trasmettere i dati in entrata e in uscita e permettere, in tal modo, videoconferenze, trasmissioni di fotografie digitali in alta risoluzione, nonché l'acquisizione e la trasmissione a distanza in tempo reale di dati acquisiti da apparecchiature mediche.

Per quanto detto finora, la telemedicina convenzionale permette un efficace consulto tra medico e pazienti, nonché tra medici a distanza.

Ovviamente se il paziente o il medico non ha a disposizione un'attrezzatura di telemedicina convenzionale, permane il problema dello spostamento e dei relativi costi. Quindi, nonostante i notevoli risultati ottenuti in questi anni nel campo della telemedicina convenzionale, che trova sempre maggior consenso sia tra medici che tra pazienti, c'è ancora molto lavoro da fare per rendere la telemedicina disponibile per un numero maggiore di utenti.

## Problematiche della telemedicina convenzionale

Il principale problema con la telemedicina convenzionale è la dipendenza dalle connessioni *wired*.

Queste connessioni dipendono dalle grandi com-

pagnie di telecomunicazioni e sono quindi estremamente costose; inoltre, la particolarità di queste connessioni esclude la mobilità o portabilità delle apparecchiature utilizzate. Infatti, la maggior parte dei sistemi di telemedicina convenzionale consiste in apparecchiature ingombranti e costose.

Tali apparecchiature, molto potenti ed efficaci, hanno due grossi svantaggi: il costo e, soprattutto, la non trasportabilità: in particolare, la non trasportabilità impedisce l'utilizzo del servizio di telemedicina in base alla localizzazione del paziente e quindi ne limita l'uso alle istituzioni sanitarie già dotate di tali sistemi.

## Telemedicina *wireless*

La telemedicina *wireless* è una forma di telemedicina che può essere erogata grazie ad una rete senza fili (11).

La telemedicina *wireless* permette un consulto remoto tra medico e paziente mediante l'uso di tecnologie *wireless*, attraverso Internet, in modo da permettere che questo consulto avvenga in qualsiasi regione geografica coperta da una rete *wireless*.

Il sistema *wireless* è l'ideale per superare i problemi di staticità, scarsa flessibilità e non trasportabilità, ovvero le modalità critiche della telemedicina convenzionale.

## Vantaggi della telemedicina *wireless*

La telemedicina *wireless* apparentemente non sembra molto differente dalla telemedicina convenzionale, ormai ben nota e sperimentata da oltre trent'anni.

È invece opportuno sottolineare gli estremi benefici di una connessione *wireless* per la telemedicina.

In primo luogo c'è il problema della mobilità: la telemedicina convenzionale è dotata di apparecchiature in genere ingombranti e non mobili, mentre un sistema *wireless* di telemedicina permette un consulto tra medico e paziente, a prescindere dalla distribuzione geografica degli utenti, purché la localizzazione di entrambi sia coperta da una rete *wireless*.

In questo modo è teoricamente possibile erogare assistenza, per esempio, in qualsiasi residenza sanitaria per anziani, negli ospedali, nei consultori, a domicilio o comunque in ogni posto dove la mobilità del paziente diviene un fattore limitante. Infatti è molto più semplice spostare il sistema di telemedicina *wireless* che un paziente ubicato in aree decentrate.

Dal momento che i sistemi di telemedicina *wireless* sono mobili, diventa importante la loro trasportabilità in modo da facilitare il consulto in qualsiasi luogo.

Aggiungere la portabilità alla mobilità permette l'evoluzione di miglioramento dei risultati delle reti di te-

lemedicina. Ricorrendo a un sistema di telemedicina mobile e portatile, è possibile fornire un consulto medico anche a domicilio, o a letto del malato con il medico in una postazione remota. In questo modo, senza continui spostamenti, è possibile al personale sanitario erogare una supervisione continua sulle condizioni cliniche del paziente.

Un altro vantaggio che scaturisce dall'utilizzo di un sistema di telemedicina *wireless* è il costo minore rispetto ad un sistema di telemedicina convenzionale. Anche nel caso dei sistemi di telemedicina *wireless*, le componenti sono varie, ma il sistema risulta meno costoso di quello convenzionale, poiché non è obbligatoria una connessione cablata tra sistema di telemedicina ed Internet come per i sistemi di telemedicina convenzionale. Si evita quindi il costo associato con l'utilizzo di una connessione a banda larga da ISP (*Internet Service Provider*).

Una ulteriore potenzialità dei sistemi di telemedicina *wireless* è dovuta alla differente tipologia delle apparecchiature. Per le istituzioni più piccole, il costo dei sistemi statici di telemedicina convenzionale risulta estremamente elevato. Il *software* e l'*hardware* dei sistemi *wireless* risultano chiaramente più accessibili per qualsiasi struttura, infatti la maggior parte dei kit *wireless* necessitano di una semplice connessione, un *personal computer* portatile o un *tablet computer*, una fotocamera digitale, alcune semplici periferiche e, talvolta, una videocamera ed un microfono integrato.

Con l'utilizzo della telemedicina *wireless* è inoltre possibile razionalizzare la distribuzione delle figure professionali nell'ambito del territorio; se si considera che negli Stati Uniti vi è un medico ogni 200 pazienti ed in Italia un medico ogni 165 pazienti (dati 2004), si comprende la necessità di utilizzare nel modo più opportuno le risorse umane così limitate nell'ambito sanitario.

## Hardware e software

La telemedicina *wireless* necessita di specifiche e particolari apparecchiature, che molto probabilmente subiranno notevoli miglioramenti negli anni a venire.

### Connettività

In primo luogo deve essere possibile accedere a una rete *wireless* con una larghezza di banda sufficiente a consentire il consulto in tempo reale da una postazione remota dotata di sistemi di telemedicina.

Lo scopo di una sessione di telemedicina in tempo reale è di permettere al paziente e al medico di interagire tra di loro annullando la distanza reale presente. Allo scopo di assicurare una normale interazione me-

dico-paziente, è necessario disporre di una buona qualità audio-video che permetta al paziente di interagire con il medico come se fosse nello stesso ambiente, anche se in forma virtuale.

Qualsiasi scarsa efficacia nella connessione audio video limita di molto la sessione di telemedicina e l'interazione tra i due attori.

#### Telefoni con video e fotocamera

Esistono altre apparecchiature *hardware* usate nel campo della telemedicina. Per esempio, esistono dei telefoni con video e fotocamera dotati di messa a fuoco automatica, flash e di GPS (*Global Positioning System*), cioè un sistema satellitare che consenta di individuare la posizione di un oggetto o persona sulla terra.

Questi telefoni possono essere usati per scattare qualsiasi tipo di fotografia e trasmetterla direttamente in un ospedale a un medico attraverso una rete commerciale *wireless*. Ad esempio, viene spesso utilizzato da persone anziane che dopo essersi perse possono mandare una foto del luogo dove si trovano con i dati GPS ad un familiare, in modo da poter essere rintracciati facilmente. Infatti il ricevente può usare i dati GPS e la foto del quartiere per determinare l'esatta localizzazione della persona persa e quindi raggiungerla.

Negli ultimi tempi la terza generazione (3G) delle reti di comunicazione mobile si sta via via sempre più diffondendo. Ad esempio, grazie alla quasi completa copertura dell'intera nazione, i giapponesi affetti da malattie croniche possono usufruire dei vantaggi di queste tecnologie di telecomunicazione per monitorare le loro condizioni sanitarie.

#### Tablet PC

Un altro strumento fondamentale per l'utilizzo della telemedicina è il *Tablet Personal Computer* (Tablet PC). Il Tablet PC è differente rispetto al PC o al PC portatile. Il mittente può interagire con questi PC nello stesso modo in cui si interagisce con un computer normale. Oltre a questo però, i tablet possono essere utilizzati con delle penne particolari e hanno la stessa funzione di un *block notes*.

#### PC portatile

Se non è disponibile un Tablet PC, si può ricorrere all'uso di un personal computer portatile, che permette comunque la connessione a una rete *wireless* per l'accesso ad Internet.

Una volta stabilita una connessione ad Internet, i dati possono essere trasferiti dal paziente remoto sino alla postazione del medico.

#### Periferiche digitali

Ci sono molti strumenti medicali digitali che sono necessari per completare una sessione di telemedicina. Questi strumenti consentono la registrazione e la trasmissione di dati alla Centrale di ascolto.

Stetoscopi digitali, sfigmomanometri e sistemi di monitoraggio cardiovascolare e respiratorio, cardiocografi ed ecografi consentono ad un medico, presente nella Centrale di ascolto, di valutare lo stato corrente della salute di un paziente, ubicato in aree remote.

Sono state create *ad hoc* delle periferiche digitali capaci di interfacciarsi con i computer. Infatti, diversi strumenti medici standard sono diventati periferiche digitali: stetoscopi elettronici, glucometri, sfigmomanometri, elettrocardiografi, cardiocografi, ecografi e termometri digitali. Queste periferiche consentono la misurazione e la trasmissione dei parametri vitali dei pazienti senza la necessità che il medico o l'infermiera li inseriscano manualmente. In questo modo, l'errore umano associato all'inserimento e alla trasmissione di un dato viene scongiurato, purché queste apparecchiature siano state adeguatamente testate.

La sofisticazione del kit di telemedicina *wireless* prescelto condiziona quali periferiche vadano incluse nel kit.

Ormai la maggior parte delle periferiche ha adottato l'interfaccia USB (*Universal Serial Bus*, standard di comunicazione per collegare diverse periferiche al computer).

Poiché le periferiche digitali hanno un prezzo moderato, questi apparati possono essere integrati in un kit di telemedicina *wireless*, senza aumentare significativamente il costo del sistema.

#### Web videocamera (webcam)

Un altro strumento molto utile nella telemedicina *wireless* è il kit dotato di una webcam che permette di trasmettere immagini nella rete Internet.

Anche se la Webcam non è di per sé appropriata per le situazioni di emergenza, essa può essere molto utile al medico per effettuare in modalità remota un *check-up* generale del paziente. Alcune di queste webcam hanno un microfono integrato; in questo modo è possibile mandare dati audio e video attraverso la rete Internet alla postazione della Centrale di ascolto.

Questo strumento non è molto costoso e quindi utile per le strutture più piccole che non possono affrontare il costo dei sistemi di telemedicina convenzionale.

#### Sensori

Reti di sensori sono consigliati per i kit di telemedicina, adatti a monitorare pazienti con malattie croniche

a domicilio. I sensori possono essere utilizzati in connessione con i sistemi di telemedicina *wireless* e sono in grado di monitorare e raccogliere dati dei pazienti.

I dati possono essere spediti ad un telefono cellulare o un PDA con connessione internet. L'informazione raccolta dal sensore può essere aggregata e inoltrata allo specialista della Centrale di ascolto o in un *database* istituito come archivio per le informazioni mediche.

### Software di telefonia IP

La telefonia IP, meglio conosciuta come *voice over IP* (VOIP), può fornire in tempo reale la sincronia vocale in entrambe le direzioni e il traffico di dati su una rete Internet. È così possibile non solo inviare i dati dei consulti medici, ma anche commentarli come se si fosse al telefono (il *software* più noto al momento è *Skype*).

### Svantaggi della telemedicina *wireless*

Con la telemedicina *wireless* talvolta, a causa delle fluttuazioni di banda (o della connessione) o a causa di perdita di pacchetti di dati, le immagini possono apparire disturbate. Talvolta, la qualità audio non è alta come dovrebbe essere e, di conseguenza, gli utenti o sono distratti dal disturbo audio o addirittura non riescono a sentire nulla. Inoltre, spesso si possono verificare congestioni di rete con il grave rischio che i dati vadano persi. Basta che si verifichi uno di questi eventi per rendere la sessione di telemedicina inutile e quindi poco affidabile per i medici.

Un altro svantaggio è la scelta non appropriata dell'equipaggiamento medicale. Ad esempio un kit di telemedicina *wireless* adatto per una casa di cura deve prevedere una *webcam* ed un *Tablet PC*.

In caso di emergenza, per esempio su un ambulanza, sarà più utile inviare immagini statiche assieme a dati raccolti con apparecchiature digitali. Per questo genere di applicazione è evidente come i medici possano monitorare i segnali vitali dei pazienti e valutare l'entità del danno al paziente, senza doversi preoccupare della qualità video.

Per quanto riguarda i problemi legati alla protezione dei dati sensibili, bisogna ancora lavorare per raggiungere il livello ottimale, poiché c'è il rischio che le trasmissioni *wireless* possano essere intercettate con più facilità rispetto alle trasmissioni via cavo.

Infine, bisogna considerare l'aspetto formativo: gli amministratori e gli operatori del sistema devono essere addestrati in maniera appropriata per potere utilizzare lo strumentario. Al momento, molte strutture hanno poco personale e non hanno tempo per addestrarlo.

### Reti di sensori

La necessità di reperire i dati delle funzioni vitali dei pazienti, senza utilizzare apparecchiature ingombranti, ha fatto nascere la necessità di sfruttare i sensori. Ad esempio, una cintura con degli elettrodi che si lega ai fianchi di una donna gravida, una maglietta elasticizzata con degli elettrodi, possono consentire il monitoraggio della pressione sanguigna, del battito cardiaco, della pulsiossimetria, della temperatura, permettendo anche una ottimale registrazione cardiocografica fetale ed elettrocardiografica materna.

È bene sottolineare che le reti di sensori non sono affatto un'applicazione di telemedicina quanto piuttosto il contrario: la telemedicina è una delle applicazioni delle reti di sensori.

La disponibilità dei dati sui parametri vitali dei pazienti obbliga ad occuparsi dell'aspetto della sicurezza dei dati sensibili. Esistono due metodi per mantenere la rete sicura: il primo è verificare che non ci siano connessioni *wireless* diverse da quella in uso, il secondo è criptare la trasmissione dei dati.

### Cloud computing

Per *cloud computing* si intende un insieme di tecnologie informatiche che permettono l'utilizzo di risorse *hardware* (storage, CPU) o *software* distribuite in remoto. Si possono distinguere tre tipologie fondamentali di *cloud computing*:

**SaaS** (*Software as a Service*) - Consiste nell'utilizzo di programmi in remoto, spesso attraverso un *server web*. Questo acronimo condivide in parte la filosofia di un termine oggi in disuso, ASP (*Application Service Provider*).

**PaaS** (*Platform as a Service*) - È simile al SaaS, ma non viene utilizzato in remoto un singolo programma, ma una piattaforma *software* che può essere costituita da diversi servizi, programmi, librerie, ecc.

**IaaS** (*Infrastructure as a Service*) - Utilizzo di risorse *hardware* in remoto. Questo tipo di *cloud* è quasi sinonimo di *Grid Computing*, ma con una caratteristica imprescindibile: le risorse vengono utilizzate su richiesta al momento in cui un cliente ne ha bisogno, non vengono assegnate a prescindere dal loro utilizzo effettivo.

Uno dei vantaggi del *cloud computing* è di rendere disponibili all'utilizzatore tali risorse come se fossero implementate da sistemi (*server* o periferiche personali) "standard". L'implementazione effettiva delle risorse non è definita in modo dettagliato; anzi l'idea è proprio che l'implementazione sia un insieme etero-

geneo e distribuito – *the cloud*, in inglese nuvola – di risorse le cui caratteristiche non sono note all'utilizzatore (12).

L'architettura del *cloud computing* prevede uno o più *server* reali, generalmente in architettura ad alta affidabilità e fisicamente collocati presso il *data center* del fornitore del servizio. Il fornitore di servizi espone delle interfacce per elencare e gestire i propri servizi. Il cliente amministratore utilizza tali interfacce per selezionare il servizio richiesto (ad esempio un *server* virtuale completo oppure solo *storage*) e per amministrarlo (configurazione, attivazione, disattivazione). Il cliente finale utilizza il servizio configurato dal cliente amministratore. Le caratteristiche fisiche dell'implementazione (*server* reale, localizzazione del *data center*) sono irrilevanti.

In altre parole, il *cloud computing* è un modello ibrido di sfruttamento delle risorse offerte dalle reti di computer, Internet principalmente, che supera il vecchio schema *client/server* che lo ha caratterizzato sino ad oggi. La premessa basilare consiste nell'assumere che in questa nuova architettura i *data service* (servizi *hardware*) e le funzionalità offerte (servizi *software*) dovrebbero risiedere prevalentemente sui *server web* (le 'nuvole') piuttosto che 'diffusi' sui singoli computer connessi in rete.

Lo scenario è quindi quello di un utente il quale, avendo un *device* (non importa quale: un PC, un palmare, uno smartphone, ecc.), il giusto *browser* ed una connessione ad Internet, può accedere alla *nuvola* giusta che gli fornisce i servizi e/o i dati che gli sono necessari. Spesso poi questi servizi saranno 'composti' a piacimento dall'utente nel contesto delle sue necessità. In questo modo egli può creare uno strumento 'personalizzato' fatto di un mosaico di funzionalità derivanti dalla somma di singoli 'servizi web'.

Le critiche mosse ai sistemi di *cloud computing* riguardano gli aspetti legati alla sicurezza e alla continuità del servizio. Utilizzare un servizio di *cloud computing* per memorizzare dei dati personali espone l'utente a potenziali problemi di violazione della *privacy*. I dati risultano in possesso dell'azienda che, quindi, se avesse un comportamento malevolo, potrebbe accedere ai dati degli utenti al fine di eseguire indagini di mercato o di profilazione dell'utente. Questi problemi possono essere parzialmente aggirati crittografando i dati sul *server* al fine di impedire alla società di accedere ai dati ma questa soluzione comunque non risolve del tutto il problema, dato che il servizio di *cloud computing* potrebbe monitorare le attività degli utenti per effettuare una loro profilazione a fini pubblicitari.

Il secondo problema è legato alla continuità del servizio; delegando a un servizio esterno la gestione dei dati e la loro elaborazione, l'utente si trova fortemente li-

mitato nel caso i suddetti servizi non siano operativi. Un eventuale malfunzionamento inoltre colpirebbe un numero molto elevato di persone contemporaneamente, dato che questi sono servizi condivisi. I servizi di *cloud computing* utilizzano architetture ridondanti e personale qualificato al fine di evitare malfunzionamenti dei sistemi; questi riducono la probabilità di guasti visibili dall'utente finale, ma non eliminano il problema.

## Conclusioni e ricerca futura

La telemedicina avrà sempre maggiori applicazioni nel prossimo futuro, specie nei Paesi in via di sviluppo con ampie aree rurali, molto distanti dagli ospedali zonali.

Con la presenza di protocolli capaci di assicurare la qualità del servizio e la sicurezza dei dati dei pazienti, molti di questi consultati a distanza si verificheranno in tempo reale.

L'affidabilità della tecnologia per la telemedicina in tempo reale farà diminuire ricoveri impropri, costi elevati relativi a trasporti e sprechi di risorse.

Con l'evoluzione della tecnologia di monitoraggio a domicilio, molti pazienti potranno superare la convalescenza direttamente a casa propria, o effettuare consulti periodici in caso di malattie croniche.

Ci sono molte aree di sviluppo aperte all'utilizzo della telemedicina *wireless*.

I limiti principali ancora presenti riguardano il tema della mobilità nella telefonia IP *wireless*, l'interconnettività tra reti pubbliche e private, le prestazioni, l'affidabilità e l'integrazione 3G, IPv6 e l'elaborazione del segnale per determinate applicazioni. Riguardo le reti di sensori, i sistemi di ultima generazione necessiteranno di protocolli e funzioni sempre più accurati e infallibili dal punto di vista della sicurezza. Altri aspetti da approfondire nell'ambito delle reti di sensori riguardano l'aggregazione dei dati, l'efficienza energetica e, se possibile, sistemi di connessione continua.

## Glossario

**3G:** gli standard e i servizi di terza generazione forniti nella telefonia mobile.

**Connessione wired:** è un tipo di connessione che prevede l'utilizzo di cavi di collegamento. Questo ne limita la mobilità.

**Connessione wireless:** è un tipo di connessione senza fili. Con questo tipo di connessione si aumenta flessibilità, mobilità e portabilità delle apparecchiature mediche.

**EMR (Electronic Medical Record):** sono le cartelle cliniche, salvate in formato elettronico

**Grid Computing:** sono un'infrastruttura di calcolo distribuito, utilizzati per l'elaborazione di grandi quantità di dati, che permettono la condivisione coordinata di risorse all'interno di un'organizzazione virtuale (VO). La condivisione non è limitata solo allo scambio dei *file*, ma si estende all'accesso diretto a computer, a *software*, in generale a tutto l'*hardware* necessario alla risoluzione di un problema scientifico, ingegneristico o industriale. Gli individui e le istituzioni, che mettono a disposizione della griglia le loro risorse per la medesima finalità, fanno parte della stessa VO.

**GPS (Global Positioning System):** è un sistema che attraverso i satelliti riesce a dare la posizione di un oggetto sulla terra.

**IPv6:** la versione successiva del protocollo Internet (al momento siamo alla v4)

**LAN (Local Area Network):** è una rete di computer collegati via cavo posizionati in un'area delimitata.

**PACS (Picture Archiving and Communication System, DICOM):** è un database di immagini, generalmente radiologiche.

**PDA (Personal Digital Assistant):** è un computer dalle dimensioni limitate, detto anche palmare.

**RTG (Rete Telefonica Generale):** è la rete telefonica più grande del mondo ed è il mezzo più comune per parlare in tempo reale con le altre persone.

**USB (Universal Serial Bus):** è uno standard di comunicazione seriale che consente di collegare diverse periferiche a un computer.

## Bibliografia

1. Di Lieto et al. Four years' experience with antepartum cardiotocography using telemedicine. *J Telemed Telecare* 2006;12(5):228-33.
2. Di Lieto et al. Prenatal telemedicine and teledidactic network. A report on the TOCOMAT project. *Minerva Ginecol.* 2002;54(5):447-51.
3. Di Lieto et al. Telecardiotocography in prenatal telemedicine. *J Telemed Telecare* 2001;7(2):119-20.
4. Di Lieto et al. Prenatal telemedicine: clinical experience with conventional and computerized antepartum telecardiotocography. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 2002;103(2):114-8.
5. Di Lieto A, et all. Regional and international prenatal telemedicine network for computerized antepartum cardiotocography. *Telemed J E Health.* 2008 Jan-Feb;14(1):49-54.
6. Török et al. A szülészet-nőgyógyászati távgyógyászat (telemedicine) múltja, jelene és jövője (?) Magyarországon. *Medical Tribune Hungary* 9.evt.4.szám 2007.
7. Ippolito A et al. A cost study of prenatal telemedicine. *J Telemed Telecare.* 2003;9(5):288-91.
8. Morrison et al. Telemedicine: cost-effective management of high-risk pregnancy. *Manag Care* 2001;(11):42-6,48-9.
9. Davalos et al. Economic evaluation of telemedicine: a review of the literature and research guidelines for benefit-cost analysis. *Telemed J E Health* 2009;15(10):933-48.
10. Sarhan. Telemedicine in health care: exploring its uses, benefits and disadvantages. *Nurs Times.* 2009;105(42):10-3.
11. Riha C. How wireless LANs can enhance the clinical environment. *Biomed Instrum Technol.* 2004-2005;Suppl:45-8.
12. Meir A et al. Distributed network, wireless and cloud computing enabled 3-D ultrasound; a new medical technology paradigm. *PLoS One.* 2009 Nov 19;4(11):e7974.