



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Sistemi GIS e Tecnologia Wireless

Guglielmo Cresci, Luciano Fortunati, Silvia Martelli

Rapporto Tecnico

CNUCE - B4 - 2001 - 015

Luglio 2001

CNUCE

Pisa



Sistemi GIS e Tecnologia Wireless

Guglielmo Cresci

tel. +50 315.2937

guglielmo.cresci@cnuce.cnr.it

Luciano Fortunati

tel. +50 315.2943

luciano.fortunati@cnuce.cnr.it

Silvia Martelli

tel. +50 315.2939

silvia.martelli@guest.cnuce.cnr.it

CNUCE – Istituto del CNR
Area della Ricerca CNR
Via G. Moruzzi, 1 – 56124 PISA
fax +50 3138091

Luglio 2001

Rapporto Tecnico

CNUCE – B4 – 2001 – 015



SOMMARIO

Alla diffusione della tecnologia GIS ha largamente contribuito l'evoluzione dei supporti tecnologici e, in particolare, la disponibilità di strumenti di elaborazione personale sempre più potenti e di costo accessibile; in tempi più recenti ha contribuito ulteriormente la rete Internet per la capillare ramificazione e la semplicità d'uso. Infatti su Web sono oggi disponibili applicazioni per la distribuzione di dati geografici (Geo-Data Server), per la visualizzazione di mappe (Map Server), nonché per elaborazioni GIS (WebGIS).

Attualmente i dispositivi mobili e le relative reti di gestione (wireless) si presentano come un supporto tecnologico in grado di accentuare ed estendere il processo di diffusione dei dati e di accesso ai sistemi per l'esecuzione di operazioni geografiche (mobile GIS).

In questo lavoro si intendono analizzare le prospettive di utilizzo di dispositivi mobili per l'accesso alle funzionalità dei sistemi GIS ed i limiti connessi alle disponibilità tecnologiche attuali e previste per il prossimo futuro.

ABSTRACT

The evolution of technology and the consequent availability of powerful and inexpensive personal computer have widely contributed to the dissemination of GISs. Recently, Internet has furtherly contributed to it, thanks to its capillary ramification and its ease use. In fact, geographical data distribution (Geo-Data Server), maps visualization (Map Server) and also Web GIS processing (WebGIS) applications are today available.

Currently, mobile devices with the respective communication networks seem to be an interesting technological support to emphasize and extend the dissemination of geographical data and the access to systems for geographical processing (mobile GIS).

In this work the perspectives in the use of mobile devices to access the functionalities of GIS are analysed and the limits connected to the current and future technologies are highlighted.



Indice

<i>Premessa</i>	<i>1</i>
<i>Capitolo 1: Dispositivi Mobili</i>	<i>3</i>
1.1 Telefoni cellulari	3
1.2 Computer Palmari	4
1.3 Computer Portatili	5
<i>Capitolo 2: Sistemi di Comunicazione</i>	<i>7</i>
2.1 Global System for Mobile Communications (GSM)	7
2.2 GPRS: General Packet Radio Service	8
2.3 Universal Mobile Telecommunication System (UMTS)	9
2.4 Un Confronto tra Sistemi di Comunicazione	9
<i>Capitolo 3: Localizzazione di Dispositivi Mobili</i>	<i>11</i>
3.1 Modello Logico di Riferimento per la Localizzazione	11
3.2 Metodi per la Localizzazione	12
3.3 Metodi di Localizzazione Terminal-based	12
3.3.1 Global Positioning System	13
3.3.2 Differential GPS	13
3.4 Metodi di Localizzazione Network-based	13
3.4.1 CGI-TA	14
3.4.2 Uplink Time of Arrival	14
3.5 Metodi Misti	15
3.5.1 Assisted GPS	15
3.5.2 Enhanced Observed Time Difference	15
3.6 Confronto tra i Metodi di Localizzazione	16
<i>Capitolo 4: Protocolli Wireless</i>	<i>19</i>
4.1 Wireless Application Protocol	19
4.2 I-Mode	22
4.3 Un Confronto tra WAP e I-Mode	22
4.4 Componenti WAP	22
4.4.1 Il Microbrowser	22
4.4.2 Il Gateway WAP	23

Capitolo 5: Architettura del Sistema	25
5.1 Schema Architetture	25
5.2 Alcune Considerazioni Comparative	26
Capitolo 6: GIS e Dispositivi Mobili	29
6.1 Servizi orientati alla Localizzazione	29
6.2 Classificazioni dei Servizi di Localizzazione	29
6.3 Ruolo del GIS nei Servizi di Localizzazione	32
6.4 Ruolo del GIS in Altri Servizi per Utenza Mobile	32
6.5 Stato dell'Arte della Tecnologia	33
6.5.1 Disponibilità Tecnologiche	34
6.5.2 La posizione dei produttori	34
6.6 Iniziative di Standardizzazione	35
Bibliografia	39
Glossario	41

Premessa

Quando si fa riferimento alle aspettative degli utenti per un “mobile GIS” è opportuno differenziare gli utenti tradizionali di strumenti GIS da nuove categorie utenti.

I primi sono generalmente tecnici, già avvezzi ad interagire con strumenti GIS “locali”¹. Dalla tecnologia mobile questi utenti si aspettano servizi analoghi o complementari, in termini di funzionalità e di interfaccia, a quelli disponibili su dispositivi fissi.

I secondi sono profani dell’ambiente GIS, ma interessati ad ottenere, oltre che informazioni tematiche, anche elementi di informazione geografica e, comunque, informazioni legate alla propria posizione e derivanti da elaborazioni geografiche, specie se relative a dati variabili nel tempo.

E’ evidente che le due categorie sono molto diverse tra loro sia in termini qualitativi che, soprattutto, in termini quantitativi. In particolare, mentre gli utenti tradizionali rappresentano un insieme qualitativamente omogeneo e quantitativamente limitato, sui nuovi utenti si possono formulare soltanto ipotesi generiche perché si tratta di utenza potenziale le cui caratteristiche qualitative e quantitative dipendono dai servizi che la tecnologia sarà in grado di erogare. Più estesi ed efficienti saranno i servizi, più ampia e diversificata sarà l’utenza.

Per valutare la realizzabilità di applicazioni GIS per dispositivi mobili è anche utile classificare le esigenze di tale ambiente, per verificare se e quanto tali esigenze sono soddisfatte in diversi possibili scenari tecnologici. In termini molto generali si può affermare che l’ambiente GIS deve consentire la gestione di grandi quantità di dati, la presentazione grafica dei risultati delle elaborazioni e l’interazione grafica dell’utente con il sistema.

Queste necessità sono ben supportate in ambienti locali dalla attuale tecnologia. Già operando su rete geografica fissa le quantità di dati coinvolte nella presentazione e nell’interazione grafica pongono problemi legati alla banda del canale trasmissivo. Ulteriori problemi scaturiscono dalla presentazione e dall’interazione grafica dell’utente con il sistema GIS remoto; per questo risulta molto utile la disponibilità di capacità elaborative (memoria, dimensioni e risoluzione dello schermo, capacità di calcolo) sul dispositivo per consentire una gestione locale di funzioni grafiche.

¹ Per GIS locali si intendono sia quelli che prevedono elaborazioni sul posto di lavoro dell’utente sia quelli che operano in rete locale.



Capitolo 1: Dispositivi Mobili

Con il termine *dispositivi mobili* si fa riferimento a dispositivi che, a differenza di quelli tipici di un posto di lavoro fisso, possono essere trasportati con estrema praticità ed accedere a servizi remoti mediante una connessione di tipo wireless. Esiste un'ampia gamma di dispositivi che rispondono a tali requisiti e che presentano caratteristiche molto dissimili tra loro sotto vari aspetti, come ad esempio la capacità elaborativa, la capacità di visualizzazione e le dimensioni. Volendo classificare questi supporti, possiamo identificare tre grandi categorie:

- telefoni cellulari;
- computer palmari;
- computer portatili.

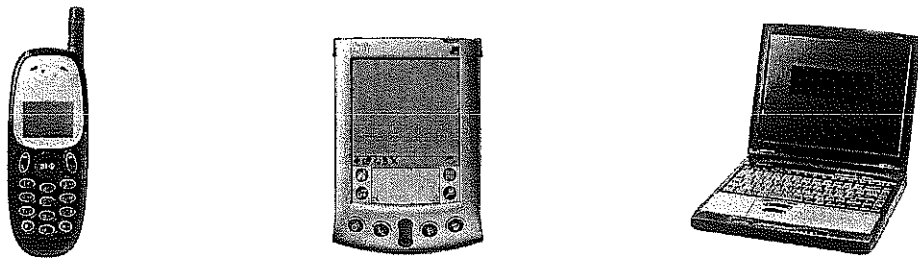


Figura 1.1 - Telefono portatile, computer palmare, computer portatile

Delle tre categorie, la prima e l'ultima sono abbastanza omogenee al loro interno, in termini di potenzialità e tecnologie; la seconda, raccoglie invece dispositivi di varia natura e caratteristiche.

In questo Capitolo sono descritte le caratteristiche hardware dei dispositivi mobili e le diverse funzionalità messe a disposizione.

1.1 Telefoni cellulari

Un telefono cellulare è un dispositivo di comunicazione su rete telefonica wireless avente varie funzioni:

- comunicazione audio: mediante microfono e altoparlante;
- comunicazione testo: mediante tastiera e display (SMS e dati);
- funzioni locali (calcolatrice, sveglia, rubrica, ...).

Oltre alle funzioni classiche di telefonia è possibile (limitatamente ai modelli che lo prevedono) anche inviare o ricevere e-mail, inviare fax e prelevare informazioni da Internet.

Attualmente sui telefoni cellulari non sono disponibili funzioni locali di elaborazione e di interazione grafica. Si possono ipotizzare forme di presentazione grafica estremamente semplificate (bitmap) rispetto a quelle tipiche di ambienti GIS, limitatamente ai dispositivi dotati di schermo di grandi dimensioni (uguale all'ingombro del dispositivo).

La maggior parte di questi limiti tecnologici pare insuperabile, almeno nel medio periodo.

1.2 Computer Palmari

Esiste una varietà di dispositivi che appartengono alla categoria dei “ palmari”, che spaziano dall’agenda elettronica a veri e propri computer senza supporti di memoria di massa (“diskless”) e che vengono di conseguenza chiamati con nomi diversi. Essi sono spesso riferiti con il termine inglese Personal Digital Assistant (PDA).

Di seguito è riportata una possibile classificazione dei PDA:

- Palm-size: sono piccoli computer che stanno nel palmo di una mano e che vengono riferiti come Palmtop oppure Palm-size PC (PPC) (termine introdotto dalla Microsoft).
- Handheld PC (HPC): termine introdotto dalla Microsoft per indicare dispositivi di dimensioni superiori rispetto ai palm-size. La maggior parte degli HPC utilizza il sistema operativo WinCE.

Le differenze principali tra gli HPC ed i PPC/Palmtop sono rappresentate dalla presenza della tastiera, dalle dimensioni dello schermo, dal peso e dal tipo di processore. La maggior parte dei palm-size può stare nella tasca di una camicia.

La strada dei PDA è stata aperta dalla Apple Computer che ha introdotto il *Newton MessagePad* nel 1993. Pochi anni dopo la Palm Computing (società di 3Com) ha lanciato il *PalmPilot* da cui hanno avuto origine gli odierni Palm.

Di seguito riportiamo alcune delle caratteristiche di questa tipologia di terminali:

- l’immissione dei comandi avviene mediante il tocco dello schermo. Possono anche essere presenti delle funzioni per il riconoscimento della scrittura manuale (come graffiti) o di ingresso vocale dei comandi, utilizzando tecnologie di riconoscimento della voce;
- la maggior parte dei PDA ha uno schermo bianco e nero con una scala di 16 grigi, ma alcuni modelli hanno un display a colori (65536 colori), a matrice attiva o passiva;
- la risoluzione varia a seconda dei modelli: 160x160, 240x320 fino a 600x800 pixel;
- hanno taglie di memoria ampiamente variabili, da 2 MB fino a 32 MB. In alcuni modelli è possibile inserire moduli di memoria aggiuntivi;
- il peso è di solito compreso tra 150 e 230 grammi circa;
- operano con vari sistemi operativi:
 - PalmOS (3Com): PalmOS è caratterizzato da una ridotta occupazione di memoria, velocità di esecuzione e semplicità di utilizzo. E’ dotato di software opzionale e di buona compatibilità con ambienti Windows e Macintosh;
 - WinCE (Microsoft): WinCE supporta in modo semplice display a colori, grafica, pacchetti software standard di Windows, tuttavia occupa più memoria rispetto al PalmOS, è più lento e meno semplice da usare;
 - EPOC (Psion): EPOC richiede dimensioni di memoria contenute (4MB – 12 MB) e presenta buone caratteristiche di efficienza e di costo;
- l’alimentazione può essere a batteria ricaricabile o meno;
- la comunicazione può avvenire via cavo (seriale o porta USB), ad infrarossi (IR), wireless, via modem;
- software più diffusi: e-mail, MP3 player, MPEG player, browser WAP e Web, Personal Information Management (PIM), word processing, calcolatrice, riconoscimento della voce, supporti per gestione di dati;

- prezzo variabile, ma generalmente elevato se confrontato con quello di un PC tradizionale.

I maggiori ostacoli all'uso di palmari sono attualmente legati a:

- assenza di standard (di diritto o di fatto) per cui ogni produttore ha un proprio sistema operativo e proprie modalità di comunicazione;
- costo elevato, spesso confrontabile con quello di un posto di lavoro fisso, a fronte di potenzialità sostanzialmente molto inferiori;
- necessità di funzioni di comunicazione, solitamente non presenti su tali dispositivi.

1.3 Computer Portatili

I computer portatili sono molto simili ai posti di lavoro fissi sia dal punto di vista hardware che software, mentre si distinguono da questi ultimi essenzialmente per le caratteristiche che ne determinano la "portabilità", ossia per il peso, le dimensioni, la possibilità di connessione wireless ad Internet.

Al contrario non ci sono problemi per avere la stessa potenza di calcolo di un tipico PC, potendo disporre di componenti del tutto analoghi come il processore, la capacità della memoria di massa (hard disk), la capacità della memoria RAM e così via.

Di conseguenza non esistono particolari differenze relativamente alla dotazione software, nè per quanto riguarda i sistemi operativi, nè per quanto riguarda gli ambienti applicativi (GIS incluso).

Relativamente alla connettività la situazione è identica a quella dei posti di lavoro fissi, sono possibili collegamenti su rete cablata e wireless (eventualmente tramite componenti opzionali quali schede Ethernet, modem...).

Dal punto di vista delle caratteristiche tecniche è invece necessario osservare che per un uso comodo ed efficiente di questi dispositivi è necessaria la disponibilità di supporti "tipo ufficio". La portabilità deve quindi essere intesa più come trasportabilità che come possibilità d'uso in un ambiente privo di supporti specifici.

L'inconveniente principale di tali dispositivi è rappresentato dal costo che, a parità di potenzialità, è notevolmente superiore a quello di una postazione fissa.



Capitolo 2: Sistemi di Comunicazione

In questo Capitolo sono descritti brevemente i principali sistemi wireless di seconda (attualmente disponibili) e terza generazione (disponibili a breve-medio termine).

2.1 Global System for Mobile Communications (GSM)

Il GSM [SCO97] è un sistema di seconda generazione (2G) nato dall'esigenza di sviluppare un sistema mobile pubblico a diffusione europea per superare i limiti imposti dai sistemi cellulari analogici sviluppatisi in diversi paesi europei che non permettevano operazioni al di fuori dei confini nazionali.

Le prime specifiche del GSM sono state pubblicate nel 1990; a partire dalla metà dell'anno successivo sono stati avviati alcuni servizi commerciali. Nel 1993 esistevano già 36 reti GSM in 22 paesi.

Sebbene il GSM sia stato standardizzato in Europa, esso non è solo uno standard europeo. Più di 200 reti GSM sono operative in 110 paesi nel mondo.

Il servizio di base supportato dal GSM come è noto è rappresentato dalla telefonia; sono forniti inoltre diversi servizi tramite i quali si possono inviare e ricevere dati. Ad esempio, con lo Short Message Service (SMS) è possibile inviare e ricevere messaggi alfanumerici della dimensione massima di 160 caratteri.

Una rete GSM è composta da diverse entità funzionali. La struttura di una generica rete GSM è illustrata in Figura 2.1.

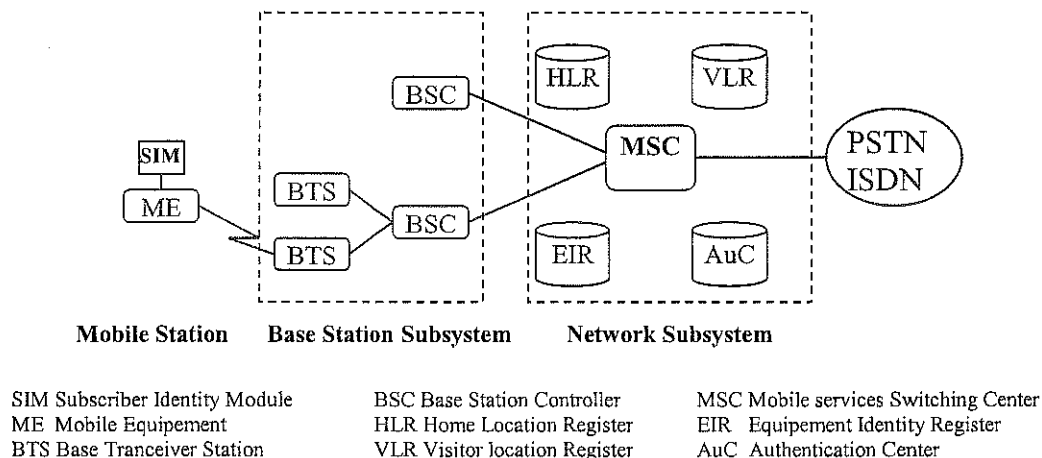


Figura 2.1 - Architettura della rete GSM

La rete GSM può essere divisa in tre parti:

- Mobile Station posseduta dall'utente;
- Base Station Subsystem che controlla il canale radio con la Mobile Station;

- Network Subsystem nel quale il Mobile services Switching Center provvede all'instradamento (switching) delle chiamate tra gli utenti mobili e tra utenti mobili ed utenti collegati alla rete telefonica fissa.

L'area geografica coperta da una rete GSM è suddivisa in celle; ogni cella è coperta da un'antenna (BTS). La stazione mobile trasmette periodicamente un segnale per fornire al sistema la propria localizzazione. Il segnale è captato da una BTS e inviato al sistema di gestione che aggiorna l'archivio delle posizioni delle stazioni mobili (HRL, VRL).

Il sistema opera secondo il principio della commutazione di circuito che prevede l'assegnazione a ciascun utente collegato di un canale trasmissivo da 9600 bps di banda e, di conseguenza, la tariffazione a tempo.

2.2 GPRS: General Packet Radio Service

Il GPRS [KAL00] è un sistema di seconda generazione avanzata (2+ G) che utilizza in gran parte l'infrastruttura GSM esistente. Il GPRS consente di aumentare la banda trasmissiva dagli attuali 9600 bps ad un massimo teorico di 171,2 Kbps; opera a commutazione di pacchetto e la tariffazione avviene in base al "volume" dei dati trasferiti, anziché a tempo, permettendo di avere connessioni permanenti ad Internet a basso costo. Si prospetta come supporto ideale per il protocollo WAP.

In Figura 2.2 è illustrata l'architettura del GPRS.

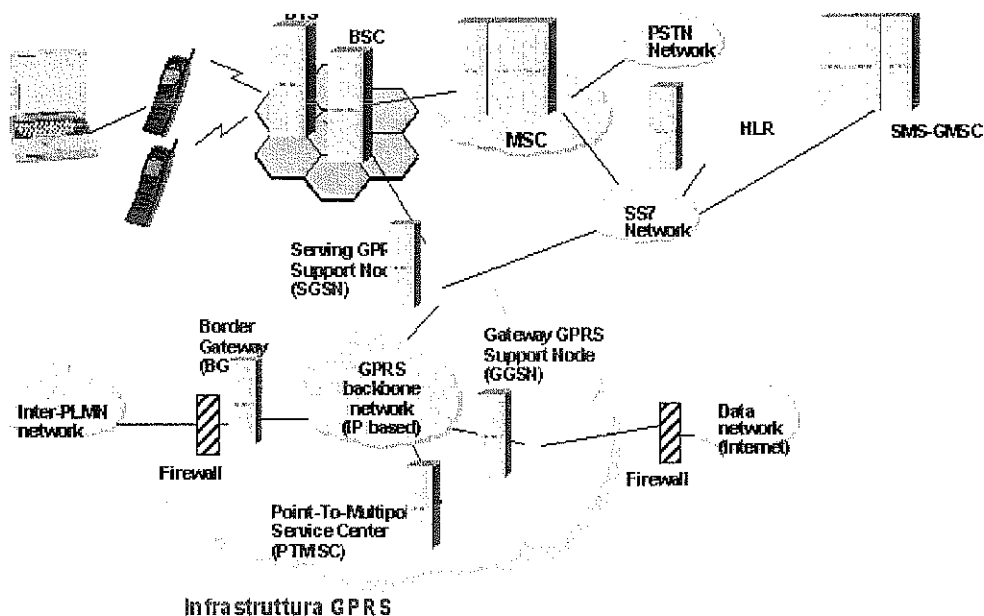


Figura 2.2 - Architettura GPRS

Per introdurre il GPRS è necessario modificare la rete GSM. Alcuni nodi già presenti nel GSM possono essere condivisi con il GPRS, mentre devono essere introdotti due nuovi tipi di nodi: il Serving GPRS Support Node (SGSN) ed il Gateway GPRS Support Node (GGSN). Il GGSN è il nodo gateway tra una rete dati a pacchetti esterna ed il nucleo della rete GPRS. Nel caso in cui la rete esterna sia una rete IP, il GGSN può essere visto come un router IP che serve tutti gli indirizzi IP delle stazioni mobili. Il GGSN ha anche il compito di assegnare il giusto SGSN alla stazione mobile a seconda della posizione di quest'ultima. Lo SGSN fa da interfaccia tra l'infrastruttura GPRS e la rete ad accesso radio, trasferendo i pacchetti al Base Station Subsystem opportuno. Lo standard GPRS prevede che le stazioni mobili possano

connettersi sia a servizi a commutazione di circuito che a commutazione di pacchetto, oppure ad entrambi i servizi simultaneamente.

2.3 Universal Mobile Telecommunication System (UMTS)

L'UMTS [MUR00] è il nuovo sistema mobile di terza generazione (3G) sviluppato secondo le specifiche definite dalla International Telecommunications Union (ITU) e conosciuto come IMT-2000. L'UMTS ha il supporto della maggior parte degli operatori nel campo delle telecomunicazioni e delle principali case di produzione. Si appoggia sulla tecnologia cellulare terrestre e satellitare ed offre le possibilità di uno standard globale per le comunicazioni personali multimediali. Questo nuovo sistema di terza generazione permette comunicazioni mobili a basso costo ed a elevata capacità (fino a 2 Mbps) consentendo un roaming globale (ci si può connettere da qualsiasi parte del mondo). L'UMTS permette la trasmissione di immagini, grafica, comunicazioni video, voce e dati ad utenti in movimento. In Figura 2.3 è illustrata l'architettura UMTS.

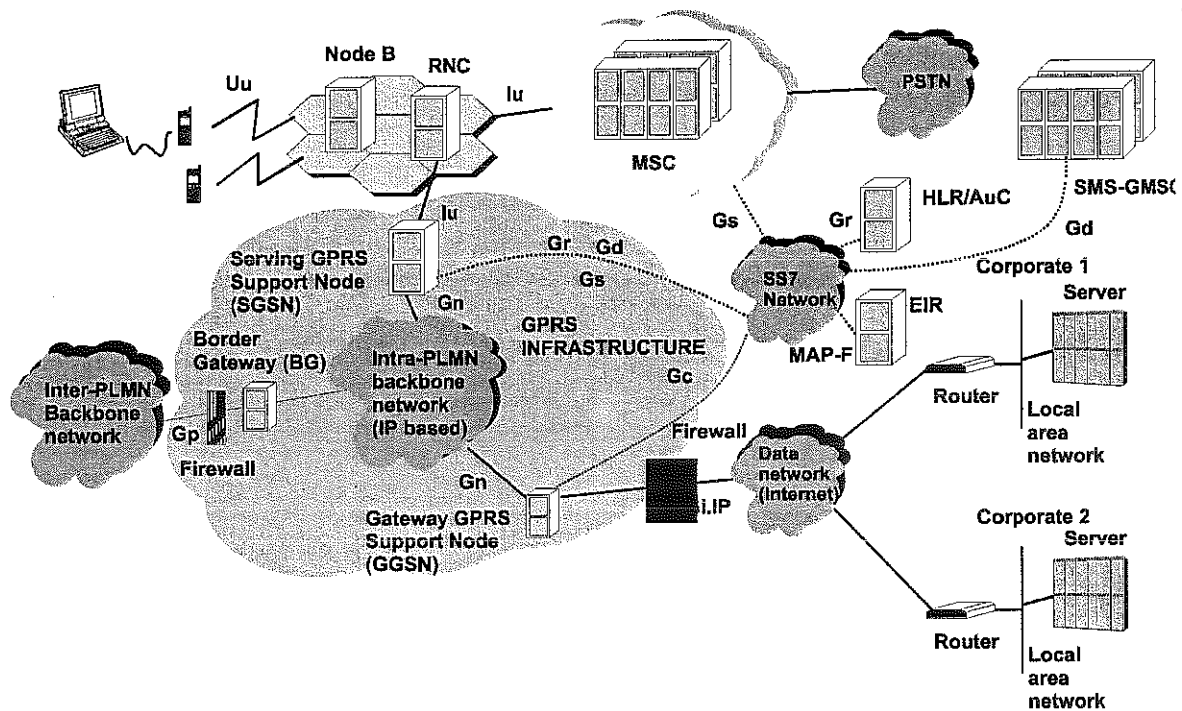


Figura 2.3 - Architettura UMTS

La diffusione della tecnologia UMTS dovrebbe iniziare a partire dal 2002; nel frattempo assistiamo a varie iniziative di sperimentazione, come quella in corso presso i laboratori torinesi di Telecom Italia Lab dove un gruppo di ricerca integrato (TIM ed Ericsson) gestisce una piccola rete sperimentale UMTS per effettuare prove tecniche al fine di mettere a punto servizi ed apparati [BAL01].

2.4 Un Confronto tra Sistemi di Comunicazione

Alcune caratteristiche dei sistemi di comunicazione mobile descritti in precedenza sono messe a confronto nella Tabella 2.4.

	<i>GSM</i>	<i>GPRS</i>	<i>UMTS</i>
<i>Principio di funzionamento</i>	<i>Commutazione di circuito</i>	<i>Commutazione di pacchetto</i>	<i>Commutazione di pacchetto</i>
<i>Banda trasmissiva</i>	<i>9,6 Kbps</i>	<i>fino a 171,2 Kbps</i>	<i>fino a 2 Mbps</i>
<i>Data di attivazione</i>	<i>1991</i>	<i>2001</i>	<i>2002</i>
<i>Tariffazione</i>	<i>a tempo</i>	<i>a volume/ qualità del servizio</i>	<i>a volume/ qualità del servizio</i>

Tabella 2.4 - Confronto tra sistemi di comunicazione

E' necessario precisare che la banda trasmissiva del GPRS e dell'UMTS non è fissa, come nel GSM. In quest'ultimo sistema ogni terminale dispone sempre di 9,6 Kbps di banda. Il valore indicato in tabella per il GPRS e l'UMTS è invece la banda del canale disponibile sull'antenna; tale canale è suddiviso tra tutti i terminali che, istante per istante, se ne contendono l'uso. Questo significa che, all'aumentare del traffico, la banda disponibile per il singolo terminale diminuisce; i valori per singolo utente sono comunque notevolmente superiori alle attuali disponibilità del GSM. Il valore della banda indicato per il GPRS corrisponde ad un massimo teorico che sarà raggiunto in maniera graduale: molti gestori mirano ai 56 Kbps, anche se attualmente la velocità media delle connessioni GPRS si attesta intorno ai 20 Kbps [1].

Nel sistema UMTS la banda trasmissiva varia in base alla velocità con cui si muove l'utente. Sia per il GPRS che per l'UMTS è prevista la possibilità di scegliere una certa qualità del servizio (come, ad esempio, una banda minima garantita), che andrà ad incidere sul costo delle connessioni.

Capitolo 3: Localizzazione di Dispositivi Mobili

In questo Capitolo viene descritto il modello logico di riferimento per la localizzazione e sono illustrati i principali metodi per individuare la posizione di dispositivi mobili.

3.1 Modello Logico di Riferimento per la Localizzazione

I servizi di localizzazione (LCS) [LCS99] prevedono che un LCS Client sia abilitato a richiedere informazioni sulla posizione di una o più stazioni mobili (Target Mobile Station) ad un LCS Server integrato in una rete mobile pubblica (Public Land Mobile Network: PLMN) come schematizzato in Figura 3.1.

Nel modello logico di riferimento sono presenti tre entità funzionali:

- LCS Client: è una entità logica che richiede ad un LCS Server la posizione di un (o più) Target MS con vari parametri. Lo LCS Client può trovarsi in una entità della rete mobile pubblica, compresa una Stazione Mobile, oppure in una entità esterna.
- LCS Server: è costituito da un insieme di componenti e supporti per soddisfare le richieste degli LCS Client autorizzati.
- Target MS: è l'oggetto che deve essere localizzato da LCS Server.

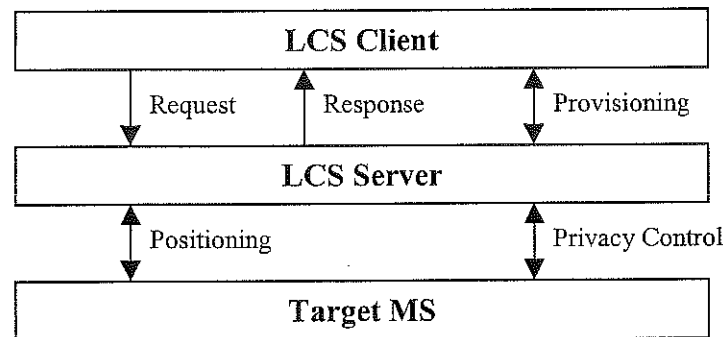


Figura 3.1 - Modello logico di riferimento

Il sistema deve essere dotato di una funzione, chiamata *positioning*, che restituisce la posizione attuale di un Target MS. L'ingresso a tale funzione è costituito dalla richiesta inoltrata da un LCS Client (*request* in Figura 3.1), generalmente corredata di un certo numero di parametri che indicano ad esempio la Qualità di Servizio richiesta ed altre informazioni di controllo (*provisioning* in Figura 3.1). Il risultato finale di questa funzione è la posizione del Target MS (*response*).

Tra quest'ultimo e il server LCS esiste anche un colloquio attraverso il quale è gestito il controllo della riservatezza (*privacy control*).

3.2 Metodi per la Localizzazione

Attualmente esistono diverse tecnologie che consentono di individuare la posizione geografica di un dispositivo mobile, anche se alcune di esse non hanno ancora trovato una concreta attuazione.

I metodi per la localizzazione di un dispositivo mobile possono essere suddivisi in tre categorie: terminal-based, network-based e misti. Tutti si basano sull'esistenza di precisi punti di riferimento che devono risultare "visibili", in termini "radio", ai dispositivi wireless.

Nella categoria terminal-based rientrano tutte quelle soluzioni che richiedono "intelligenza per la localizzazione" all'interno dei dispositivi mobili. Questo tipo di tecnologie impone dunque il ricorso a nuovi terminali rispetto ai telefoni cellulari attualmente in commercio. Alcuni esempi di metodi di localizzazione terminal-based sono il Global Positioning System: GPS ed il Differential GPS: D-GPS (vedi Paragrafo 3.3).

Le tecnologie network-based invece sono utilizzabili con i telefoni cellulari attualmente in commercio. Appartengono a questa categoria il Cell Global Identity (CGI), la combinazione del CGI e del Time Advanced (TA) e l'Uplink Time of Arrival (TOA). Queste tecnologie sono descritte nel Paragrafo 3.4.

Le tecnologie miste combinano funzioni disponibili sul terminale con altre fornite dalla rete; nel Paragrafo 3.5 sono brevemente descritti i metodi Network Assisted GPS (A-GPS) ed Enhanced Observed Time Difference (E-OTD).

Per i telefoni cellulari GSM sono stati standardizzati tre metodi [DAV00]: il TOA, lo E-OTD e lo A-GPS.

E' necessario osservare che esiste un notevole fermento, sia nel campo accademico che nel campo industriale, per realizzare soluzioni che rispondano alle esigenze dei potenziali utenti. Nel settembre del 2000 Ericsson, Motorola e Nokia hanno fondato il Location Interoperability Forum (LIF) [2] per sviluppare e promuovere soluzioni comuni per i servizi di localizzazione di dispositivi mobili. Il LIF non è un organismo di standardizzazione, ma collabora con quelli esistenti (come W3C, WAP Forum, OpenGIS ecc.) per promuovere una famiglia di metodi standard per la determinazione della posizione.

In una situazione così dinamica e fluida, non è possibile individuare con certezza le soluzioni che si affermeranno sul mercato, ma cominciano a diffondersi affermazioni e pareri autorevoli che non mancheranno di influenzare l'evoluzione tecnologica e i processi di standardizzazione.

A titolo di esempio citiamo la norma E-911 della Federal Communications Commission statunitense, relativa all'invio di soccorsi sul luogo da cui ha avuto origine una chiamata di emergenza. Tale norma obbliga i gestori di reti cellulari, a partire da Ottobre 2001, a fornire la posizione dei terminali con una accuratezza di 125 m in almeno il 67 % dei casi.

Come apparirà evidente nel seguito, non tutti i metodi di localizzazione descritti in questo Capitolo rispondono ai requisiti imposti dalla norma E-911 della FCC.

3.3 Metodi di Localizzazione Terminal-based

I metodi che rientrano nella categoria terminal-based richiedono pochissime modifiche alla rete, tuttavia queste tecnologie richiedono nuovi terminali ed un conseguente aumento della

complessità e del costo degli stessi, senza contare un maggiore consumo delle batterie. Le questioni legate alla privacy non rappresentano un problema, dal momento che l'utente può esercitare un controllo (anche se non del tutto vincolante) in tal senso.

3.3.1 Global Positioning System

Il Global Positioning System [DAN99] è un sistema di localizzazione reso possibile grazie ad una costellazione di 24 satelliti lanciata in orbita dagli Stati Uniti ed utilizzata inizialmente per scopi militari.

Le componenti del sistema sono: i satelliti che inviano segnali ed hanno una posizione nota in funzione del tempo e dell'orbita; le stazioni a terra che controllano e trasmettono dati ai satelliti; i ricevitori GPS che utilizzano i segnali inviati dai satelliti per calcolare la propria posizione (latitudine, longitudine e altitudine). La precisione con cui viene calcolata la posizione dipende dal tipo di ricevitore e, nel caso peggiore, è di circa 100 metri [3].

L'accuratezza della posizione ottenuta con questo sistema è notevolmente aumentata dal Maggio 2001, quando il governo americano ha rinunciato alla cosiddetta Selective Availability che introduceva una degradazione intenzionale dei segnali destinati ad uso civile. Pertanto oggi, disponendo di un ricevitore adatto, si può raggiungere la precisione di una decina di metri.

Per operare in maniera corretta, i ricevitori GPS hanno bisogno di una visione chiara del cielo e di ricevere segnali da almeno quattro satelliti. Per questo motivo il GPS non funziona correttamente in alcune aree urbane, per la presenza di edifici e altri manufatti che nascondono parte della volta celeste, o all'interno degli edifici.

Pur fornendo un'informazione molto accurata, questa soluzione richiede l'inserimento di un ricevitore GPS all'interno del dispositivo mobile che risulta pertanto più costoso e pesante ed accelera il consumo delle batterie.

3.3.2 Differential GPS

Il Differential GPS (D-GPS) è una variante della tecnologia GPS di base per rendere ancora più accurata la localizzazione dell'utente. Questa tecnica utilizza due ricevitori a terra. Uno controlla le variazioni del segnale GPS e le comunica all'altro ricevitore. In questo modo il secondo ricevitore può correggere i propri calcoli, migliorandone l'accuratezza. In altre parole, le misurazioni effettuate con il GPS nel ricevitore mobile vengono confrontate con le misurazioni fatte ad una stazione di riferimento (la cui posizione è fissa).

Per utilizzare il GPS per la realizzazione di applicazioni di localizzazione è necessario risolvere il problema della trasmissione della posizione al sistema remoto. Infatti la posizione geografica viene generalmente visualizzata localmente quindi, in assenza di supporti specifici, per trasmetterla ad un sistema remoto è necessario re-inserire manualmente il dato nel terminale.

3.4 Metodi di Localizzazione Network-based

Questi metodi si basano su algoritmi che sfruttano intelligentemente l'architettura della rete GSM ed i continui colloqui che si svolgono tra il dispositivo mobile e tutte le stazioni radio base dei dintorni. Non aggiungono costo e complessità ai terminali e consentono di individuare la posizione del dispositivo mobile in tempi piuttosto contenuti. In generale questi metodi hanno caratteristiche di precisione della localizzazione inferiori rispetto ai metodi terminal-based e richiedono notevoli investimenti nell'infrastruttura di rete.

La maniera più semplice di determinare la posizione di un utente mobile è quella di utilizzare la Cell Global Identity (CGI) della cella all'interno della quale si trova l'utente stesso; ogni cella fa infatti capo ad una base station di cui sono noti la posizione e il raggio d'azione. Con questa semplice tecnica è possibile ottenere solo una stima molto grossolana della posizione del dispositivo mobile, in quanto il raggio di una cella può variare tra i 100 ed i 35.000 metri.

3.4.1 CGI-TA

Per migliorare la localizzazione è possibile combinare la CGI della cella in cui si trova il terminale con il parametro chiamato Time Advanced (TA) che fornisce una stima piuttosto grezza della distanza che intercorre tra il telefono cellulare e la base station che serve quella cella.

La CGI e il TA sono disponibili, oltre che nel GSM, anche in tutti i sistemi nel mondo che utilizzano il Time Division Multiple Access (TDMA) come il sistema North American TDMA.

Utilizzando questo metodo è possibile ottenere la posizione di un terminale con una precisione che varia tra i 300 ed i 1000 metri

I servizi di emergenza possono richiedere la CGI di un telefono mobile e quelli di tariffazione possono desumerla dai dati della telefonata. Non è altrettanto semplice riuscire ad ottenere il valore del TA.

3.4.2 Uplink Time of Arrival

Nel caso del Time Of Arrival la rete misura il tempo necessario a ricevere una trasmissione da parte del terminale mobile. Questo tempo viene misurato in tre o più base station (vedi Figura 3.2).

La rete può convertire i tempi così ottenuti in distanze ed effettuare una triangolazione per ottenere la posizione del telefono cellulare.

Questo metodo funziona con i telefoni GSM esistenti, anche se è possibile utilizzarlo solo nel caso in cui ci sia una telefonata in corso.

L'accuratezza di questo metodo varia tra 50 e 150 metri [SWE99].

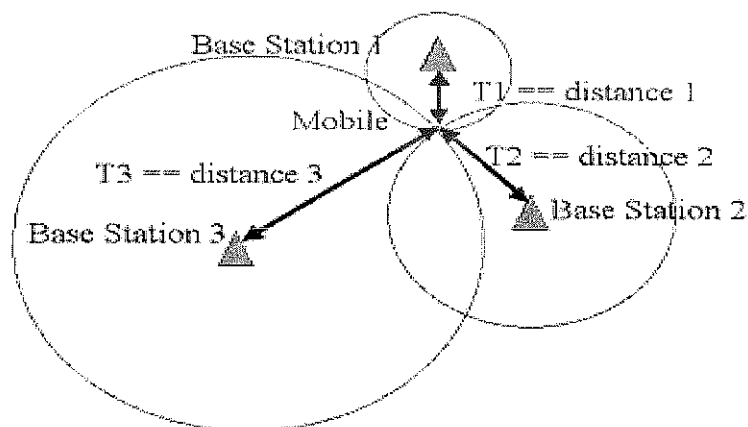


Figura 3.2 - Uplink Time of Arrival

3.5 Metodi Misti

3.5.1 Assisted GPS

L'A-GPS [DJU01] rappresenta un approccio standardizzato che unisce il GPS ad alcune funzionalità della rete GSM. Utilizzando questo metodo di localizzazione, la rete GSM può fornire informazioni aggiuntive al ricevitore GPS per raffinare la precisione della posizione calcolata (entro i 50 metri al coperto e 15 metri all'aperto). L'A-GPS consiste di un dispositivo mobile con un ricevitore GPS; di un server con un ricevitore GPS di riferimento che "veda" gli stessi satelliti del dispositivo mobile; di una infrastruttura di rete wireless comprendente le base station ed un mobile switching center (vedi Figura 3.3).

La rete può predire in maniera accurata il segnale GPS che il dispositivo mobile riceverà e trasmetterlo al terminale. Il metodo A-GPS è, a tutti gli effetti, un metodo misto.

Questa soluzione migliora l'accuratezza della localizzazione del GPS nelle aree urbane, notoriamente ostili ai segnali provenienti dai satelliti, grazie all'alta densità delle stazioni base.

Viceversa, nelle aree rurali, dove le base station sono insufficienti per soluzioni di localizzazione basate sulla rete, lo A-GPS garantisce la precisione del GPS che non ha problemi in tali ambienti.

La precisione nella localizzazione ottenibile con questo metodo varia tra i 10 ed i 20 metri.

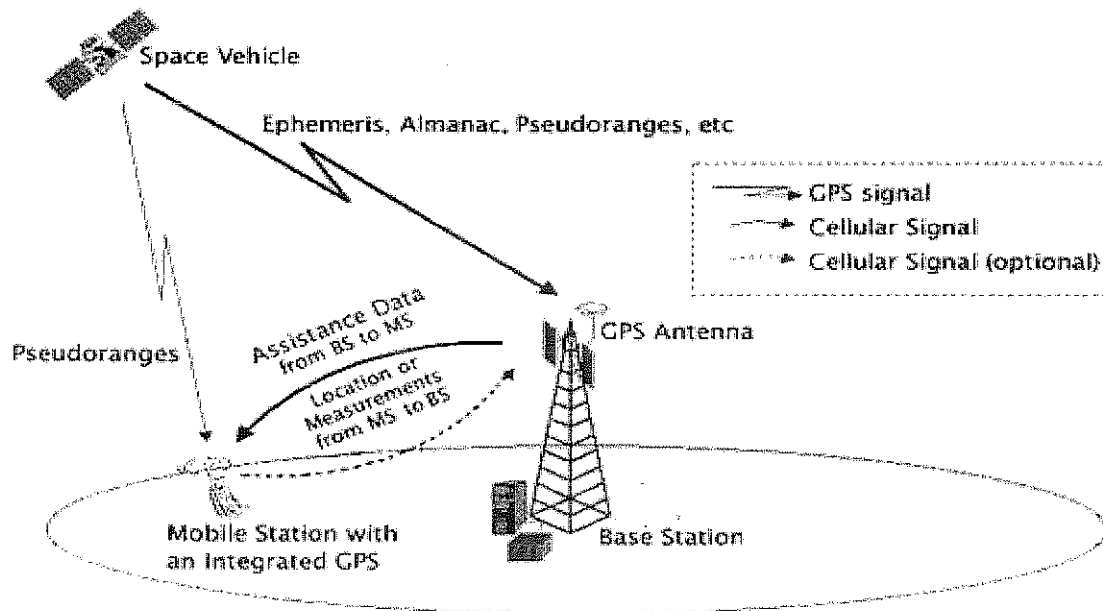


Figura 3.3 Assisted GPS

3.5.2 Enhanced Observed Time Difference

Lo E-OTD necessita di funzionalità aggiuntive nel terminale mobile. Il metodo richiede che il dispositivo riceva da almeno tre base station nei dintorni una marca temporale che viene confrontata con il tempo reale della rete; le differenze riscontrate sono correlate alla distanza percorsa dai messaggi per giungere fino al terminale mobile.

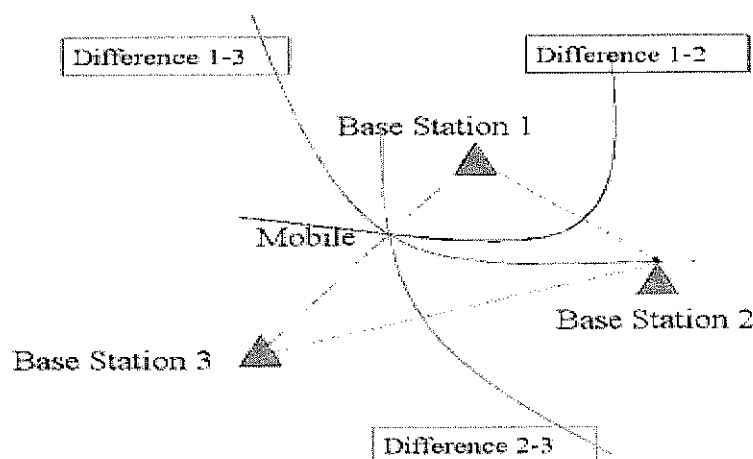


Figura 3.4 - Enhanced Observed Time Difference

Il terminale mobile considera i valori ricevuti dalle base station a coppie. Per ciascuna coppia, la differenza dei valori ricevuti è relativa alla differenza della distanza che lo separa dalle due base station che hanno inviato tali tempi. In questo modo, per ciascuna coppia di base station, è possibile tracciare una curva. Se il telefono cellulare riceve i tempi da tre diverse base station la sua posizione è data dall'intersezione delle tre curve così costruite (vedi Figura 3.4). Con il metodo E-OTD la posizione può essere calcolata sia dalla rete che dal terminale mobile. Nel primo caso il terminale mobile effettua le misurazioni dei segnali provenienti dalle base station e le trasmette alla rete la quale provvede al calcolo della posizione. Nel secondo caso la rete deve fornire al telefono cellulare alcune informazioni, tra cui le coordinate delle base station, per permettergli di stabilire la propria posizione. Con questo metodo è possibile ottenere una precisione della localizzazione che è di circa 60 metri nelle aree urbane e 200 metri in aree rurali [SWE99].

3.6 Confronto tra i Metodi di Localizzazione

Nella tabella di Figura 3.5 è riportato un confronto schematico delle tecnologie di localizzazione descritte nei paragrafi precedenti.

I dati riportati nella Tabella 3.5 devono essere accompagnati da alcune precisazioni che ne migliorano la comprensione:

- la copertura geografica per D-GPS è considerata “molto limitata” per la necessità di impiantare antenne ad hoc che consentano di applicare il metodo;
- la copertura geografica per tutti i metodi basati sulla rete è considerata “parziale” per tener conto del fatto che ogni gestore di rete copre soltanto porzioni di territorio;
- i dati riferiti alla precisione sono in parte tratti da [GAR00] ed in parte ricavati dai documenti utilizzati per fornire la descrizione dei metodi di localizzazione;
- la precisione del GPS dipende dalla qualità del ricevitore utilizzato;
- la precisione fornita è ovviamente riferita alle aree coperte e la sua variabilità è considerata bassa se poco o per niente influente sulle applicazioni di localizzazione.

	<i>Terminal-based</i>		<i>Network-based</i>			<i>Misti</i>	
	<i>GPS</i>	<i>D-GPS</i>	<i>CGI</i>	<i>CGI-TA</i>	<i>TOA</i>	<i>A-GPS</i>	<i>E-OTD</i>
<i>Modifiche al dispositivo</i>	<i>Sì</i>	<i>Sì</i>	<i>No</i>	<i>No</i>	<i>No</i>	<i>Sì</i>	<i>Sì</i>
<i>Modifiche alla rete di telefonia mobile</i>	<i>No</i>	<i>No</i>	<i>No</i>	<i>Sì</i>	<i>Sì</i>	<i>Sì</i>	<i>Sì</i>
<i>Calcolo della posizione</i>	<i>Dispositivo</i>	<i>Dispositivo</i>	<i>Rete</i>	<i>Rete</i>	<i>Rete</i>	<i>Rete e dispositivo</i>	<i>Rete e dispositivo</i>
<i>Copertura geografica</i>	<i>Globale</i>	<i>Molto Limitata</i>	<i>Parziale</i>	<i>Parziale</i>	<i>Parziale</i>	<i>Globale</i>	<i>Parziale</i>
<i>Precisione (metri)</i>	<i>10 - 100</i>	<i>0.01-10</i>	<i>100-35000</i>	<i>300-1000</i>	<i>50-150</i>	<i>10-20</i>	<i>60-200</i>
<i>Variabilità nella precisione</i>	<i>Bassa</i>	<i>Bassa</i>	<i>Alta</i>	<i>Media</i>	<i>Media</i>	<i>Bassa</i>	<i>Media</i>

Tabella 3.5 - Confronto tra i metodi di localizzazione



Capitolo 4: Protocolli Wireless

In questo Capitolo sono descritti brevemente il protocollo WAP (Wireless Application Protocol) e I-Mode; entrambi consentono il collegamento di dispositivi mobili compatibili con contenuti e servizi Internet.

4.1 Wireless Application Protocol

Attualmente la tecnologia Wireless Application Protocol (WAP) [MAN99, 4] rappresenta il mezzo più immediato per consentire ad utenti mobili equipaggiati con computer palmari e telefoni cellulari compatibili di accedere ed interagire con contenuti, applicazioni e servizi Internet.

L'accesso al Web tramite un dispositivo WAP è illustrato in Figura 4.1.

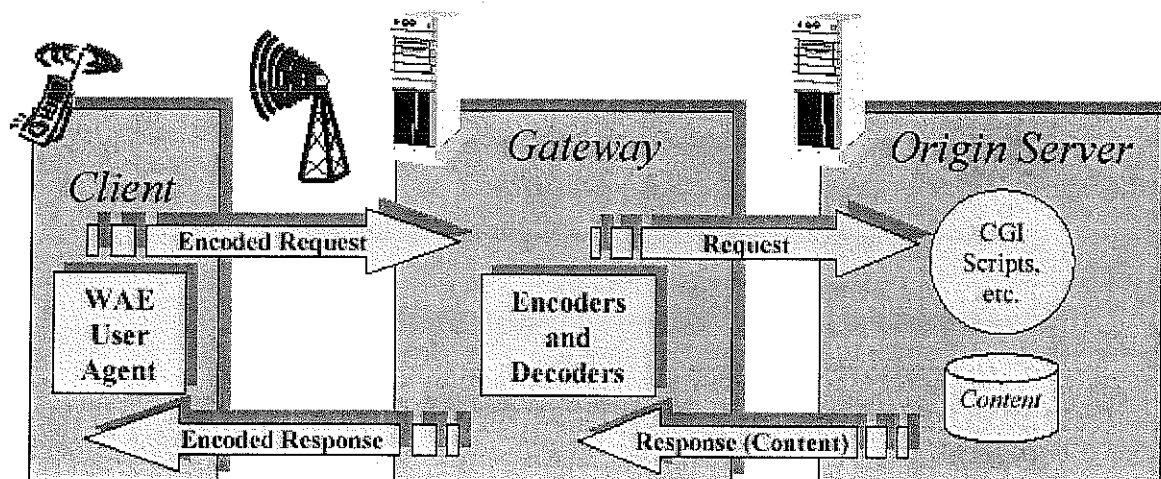


Figura 4.1 - Accesso al Web con un dispositivo WAP

L'utente richiede di accedere ad una certa risorsa Internet e il microbrowser presente sul dispositivo mobile trasmette la richiesta in un formato binario (*encoded request*) per consentire un utilizzo più efficiente della banda disponibile sul canale wireless. La stringa di bit viene elaborata da un'entità architetturale intermedia (*WAP Gateway*) che traduce la richiesta in HTTP (o HTTPS) e la invia al Web server. Il server (*Origin Server* in Figura 4.1) risponde alla richiesta inviando un documento WML (Wireless Markup language) che viene codificato dal gateway WAP e trasmesso all'utente che ne ha fatto richiesta.

La specifica del WAP ha rappresentato un passo decisivo nella comunicazione mobile in quanto ha definito per la prima volta un insieme di protocolli ed un'architettura standard per implementare l'accesso wireless al Web.

La specifica WAP prevede:

- la definizione di un modello di accesso ai servizi basato pesantemente sul modello di accesso al Web;
- un linguaggio di programmazione, il WML, conforme a XML, disegnato per creare applicazioni WAP indipendentemente dal dispositivo mobile utilizzato;
- il linguaggio di scripting WMLScript per estendere le potenzialità del WML;
- una specifica di microbrowser che definisce come WML e WMLScript devono essere interpretati e presentati all'utente;
- una struttura per le applicazioni di telefonia wireless (WTA, Wireless Telephony Applications) per integrare le funzionalità del telefono con quelle del microbrowser presente su un dispositivo WAP;
- una pila di protocolli (Figura 4.2) progettata per minimizzare la richiesta di banda, per fornire connessioni sicure e per lavorare con diverse tecnologie di rete. Esempi di reti su cui opera il WAP sono GSM, GPRS e PDC-P. La pila di protocolli effettua la compressione automatica di tutte le transazioni e dei contenuti e fornisce il supporto per interagire con i protocolli Internet.

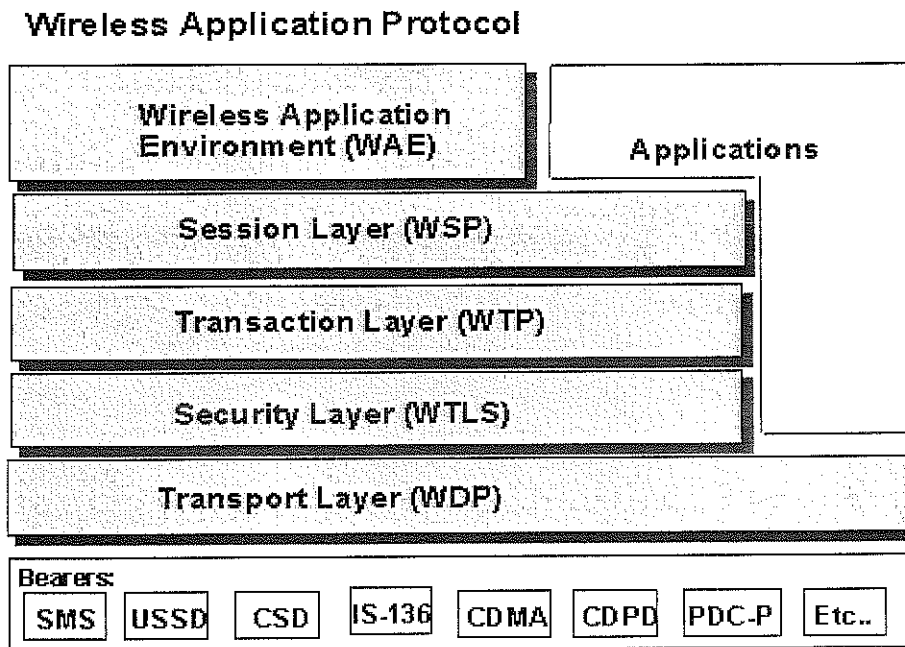


Figura 4.2 – La pila di protocolli WAP

WAP ha un'architettura a livelli simile al modello di rete ISO (International Standards Organisation).

Al livello più alto dell'architettura c'è il *Wireless Application Environment* (WAE) che comprende le specifiche generali del dispositivo, i linguaggi di programmazione (WML e WMLScript) per scrivere le applicazioni WAP, le API di telefonia (WTA) per l'accesso a funzioni telefoniche da parte di programmi WAE.

Al livello successivo si trova il *Wireless Session Protocol* (WSP). In termini piuttosto semplificati possiamo dire che il protocollo WSP è una versione binaria e codificata del protocollo HTTP progettata specificatamente per transazioni *browser-like* su reti di tipo wireless caratterizzate da banda ridotta e alta latenza.

A livello *transaction* si trova il *Wireless Transaction Protocol* (WTP) un protocollo leggero di transazione che supporta:

- richieste non affidabili in una direzione (*unguaranteed push*);
- richieste affidabili in una direzione (*guaranteed push*);
- transazioni di tipo richiesta/risposta affidabili.

Al quarto livello dell'architettura WAP c'è il *Wireless Transport Layer Security* (WTLS), un protocollo di sicurezza basato sullo standard industriale TLS (Transport Layer Security). Il WTLS fornisce integrità dei dati, privacy e autenticazione.

A livello trasporto c'è il *Wireless Datagram Protocol* (WDP) che fornisce un'interfaccia consistente tra le varie tecnologie di reti wireless ed i livelli più alti dell'architettura.

Le specifiche del WAP sono state definite dal WAP Forum [4], un'associazione industriale fondata da Ericsson, Motorola, Nokia e Phone.com nel 1997. Il WAP Forum, che attualmente conta oltre quattrocento membri tra cui fornitori di servizi, costruttori di dispositivi ed infrastrutture, fornitori di contenuti Internet e sviluppatori di applicazioni, ha deciso di allineare la propria tecnologia con quella di Internet e del Web. Lo scopo del WAP Forum è quello di assicurare l'*interoperabilità* e la crescita dei servizi wireless basati su Internet.

Il WAP Forum ha redatto una specifica globale di protocolli per tutte le reti wireless. La specifica WAP abilita i costruttori, gli operatori di rete, i fornitori di contenuti e gli sviluppatori di applicazioni ad offrire prodotti compatibili e servizi sicuri su tutti i dispositivi e su tutte le reti.

Il WAP Forum ha i seguenti obiettivi:

- ◆ portare contenuti Internet e servizi dati avanzati a telefoni cellulari e ad altri terminali di tipo wireless;
- ◆ creare una specifica globale di protocolli che lavori su tutte le tecnologie di reti wireless;
- ◆ permettere la creazione di contenuti ed applicazioni per un grande numero di dispositivi;
- ◆ abbracciare ed estendere gli standard e le tecnologie esistenti ovunque sia possibile.

Il WAP Forum identifica una nuova area tecnologica dove non esiste uno standard o, se esiste, deve essere modificato per l'ambiente wireless. Attualmente il WAP Forum ha varie relazioni con altri gruppi di standardizzazione tra i quali possiamo citare lo European Telecommunications Standards Institute (ETSI), il Cellular Telecommunications Industry Association (CTIA), il World Wide Web Consortium (W3C), la Telecommunications Industry Association (TIA) e la Internet Engineering Task Force (IETF).

Il WAP si presenta come una specifica aperta a successive evoluzioni che permette agli utenti di accedere ed interagire con contenuti, applicazioni e servizi Internet.

I vantaggi del WAP risiedono principalmente nella immediata disponibilità della tecnologia, nella presenza di numerosi servizi (non geografici) già implementati e, soprattutto, nel fatto che questa tecnologia si configura oggi come uno standard di mercato.

Oggi in Italia (ed in Europa) non esistono alternative a questa tecnologia che è in evoluzione ed è prevedibile che possa gradualmente superare i limiti odierni. Varcando i confini del continente europeo può essere interessante citare l'esperienza giapponese rappresentata da I-Mode.

4.2 I-Mode

I-Mode [5, 6] è stato lanciato nel febbraio del 1999 dalla giapponese NTT DoCoMo. Dati recenti indicano un enorme successo di pubblico (oltre 12 milioni di abbonati) destinato a crescere ulteriormente.

Il sistema I-Mode consente di trasmettere immagini, video e file audio. I servizi offerti sono tra i più disparati comprendendo transazioni bancarie finanziarie e commerciali, guide ed informazioni di vario genere, musica ecc..

I-Mode si appoggia sulla rete mobile digitale giapponese (PDC-P) che offre una connessione dati a 9600 bps (la stessa banda del GSM) ed opera a commutazione di pacchetto.

Il colloquio tra terminale e Web server avviene utilizzando il protocollo HTTP.

Il terminale mobile oltre ad essere compatibile con la rete PDC-P deve essere dotato di un browser sviluppato dalla stessa NTT.

I cellulari I-Mode sono dotati di schermi più grandi di quelli dei telefoni GSM e spesso supportano il colore.

Nella seconda metà del 2001 dovrebbe iniziare in Giappone l'uso sperimentale di una rete mobile di terza generazione (corrispondente a UMTS).

4.3 Un Confronto tra WAP e I-Mode

Volendo tentare un confronto tra I-Mode ed WAP si può osservare che, mentre il primo adatta i cellulari alle applicazioni Web, il secondo adatta le pagine Web ai dispositivi portatili.

I-Mode richiede che i contenuti siano presentati al terminale in cHTML (compact HTML), versione ridotta dell'HTML. WAP richiede invece che i contenuti siano scritti in WML.

I-Mode è una tecnologia proprietaria della NTT DoCoMo nata per operare sulla rete giapponese, mentre il WAP è uno standard universale, indipendente dalla rete su cui opera e dal terminale utilizzato.

E' in corso una collaborazione tra la NTT DoCoMo ed il WAP Forum per mettere a punto una strategia comune per i sistemi di terza generazione.

4.4 Componenti WAP

4.4.1 Il Microbrowser

Il microbrowser WAP ha funzionalità analoghe a quelle di un tipico browser HTML (Netscape, Explorer,...) in quanto gestisce il meccanismo di sottomissione delle richieste e quello della ricezione ed analisi delle risposte, svolgendo tutti i compiti secondari associati a questa attività.

Il microbrowser comprende gli interpreti per il WML ed il WMLScript; è in grado di interpretare i codici a byte di tali linguaggi e di decidere come visualizzare i costrutti WML e WMLScript sul display del dispositivo mobile.

Il microbrowser interagisce con i livelli della pila di protocolli WAP per gestire ogni transazione: per iniziare una richiesta, per avviare una transazione sicura, per sospendere e riprendere una sessione.

Un microbrowser può avere una cache, molto simile a quella contenuta in un browser HTML, ed una *history stack*.

Sebbene sia compito del gateway WAP occuparsi della traduzione tra i protocolli WAP e HTTP, il microbrowser deve sapere quali *header* HTTP includere in una richiesta affinché

essa sia significativa per il gateway WAP e, in ultima analisi, per il server dei contenuti. Il microbrowser deve inoltre essere in grado di interpretare le *header* contenute in ogni risposta. L'ipotesi di base è che il microbrowser lavori in un ambiente hardware caratterizzato da RAM e ROM limitate, schermo di piccole dimensioni, limitate capacità di ingresso/uscita e connessioni di tipo wireless. Esistono tuttavia dei browser WAP che permettono anche ai PC di accedere alle pagine WML.

In commercio esistono vari microbrowser progettati per operare su diversi tipi di dispositivi mobili.

4.4.2 Il Gateway WAP

La specifica del WAP prevede la presenza di un elemento architetturale chiamato gateway WAP per connettere il dominio wireless con il Web.

Utilizzando le risorse computazionali del gateway WAP è possibile rendere più semplice e meno costoso il dispositivo mobile. Ad esempio, il gateway WAP si fa tipicamente carico di tutti i servizi del DNS per risolvere i nomi di dominio contenuti negli URL, sollevando i dispositivi mobili da questo compito.

Altre funzionalità di solito incluse nel gateway WAP sono:

- il protocollo gateway per tradurre le richieste dalla pila di protocolli WAP nella pila di protocolli WWW (HTTP e TCP/IP);
- la codifica e decodifica dei contenuti per ridurre la taglia ed il numero di pacchetti che devono essere inviati sulla rete wireless.

Il gateway WAP può utilizzare alcune informazioni provenienti dalla rete, (come ad esempio la posizione del dispositivo), per personalizzare dinamicamente pagine WML per specifici gruppi di utenti.

Il gateway WAP ed il server Web non necessariamente risiedono su macchine separate; quando il gateway WAP ed il server sono sulla stessa macchina si parla di server WAP.

Osserviamo che, per applicazioni basate sul Web, esistono dei gateway WAP disponibili in commercio che possono convertire in modo automatico le risposte HTML nel loro equivalente WML.

Questa soluzione tuttavia non permette la generazione di contenuti ottimali per i telefoni cellulari e di conseguenza non rappresenta la scelta più appropriata.

Esistono varie aziende che hanno sviluppato gateway WAP. Nella Tabella 4.3 sono messi a confronto i cinque principali gateway WAP in commercio [7] dal punto di vista della diffusione del prodotto, del costo e dell'aderenza alle specifiche del WAP. Si può osservare che non tutti i produttori si adeguano in maniera puntuale agli standard del WAP Forum.

<i>PRODUTTORE</i>	<i>DIFFUSIONE</i>	<i>COSTO</i>	<i>ADERENZA ALLO STANDARD WAP</i>
<i>CMG</i>	<i>Bassa</i>	<i>Alto</i>	<i>Alta</i>
<i>Ericsson</i>	<i>Media</i>	<i>Alto</i>	<i>Alta</i>
<i>Nokia</i>	<i>Alta</i>	<i>Alto</i>	<i>Alta</i>
<i>Materna</i>	<i>Bassa</i>	<i>Medio</i>	<i>Alta</i>
<i>Phone.com</i>	<i>Alta</i>	<i>Medio</i>	<i>Bassa</i>

Tabella 4.3 - Confronto tra alcuni Gateway WAP in commercio

Capitolo 5: Architettura del Sistema

In questo Capitolo viene discusso uno schema architetturale generale per sistemi che realizzano la connessione di dispositivi mobili con sistemi informativi territoriali, allo scopo di evidenziare le possibili soluzioni e le principali caratteristiche delle alternative.

5.1 Schema Architetture

L'architettura di un sistema wireless per la distribuzione di informazioni su dispositivi mobili prevede l'integrazione di varie componenti (Figura 5.1) relative anche a realtà già esistenti da tempo (Web/Internet, Web Server). Componente essenziale è il server (WAP o Web), che opera con protocollo WAP o HTTP (Web/Internet), e si interfaccia da un lato al GIS e dall'altro alla rete di comunicazione.

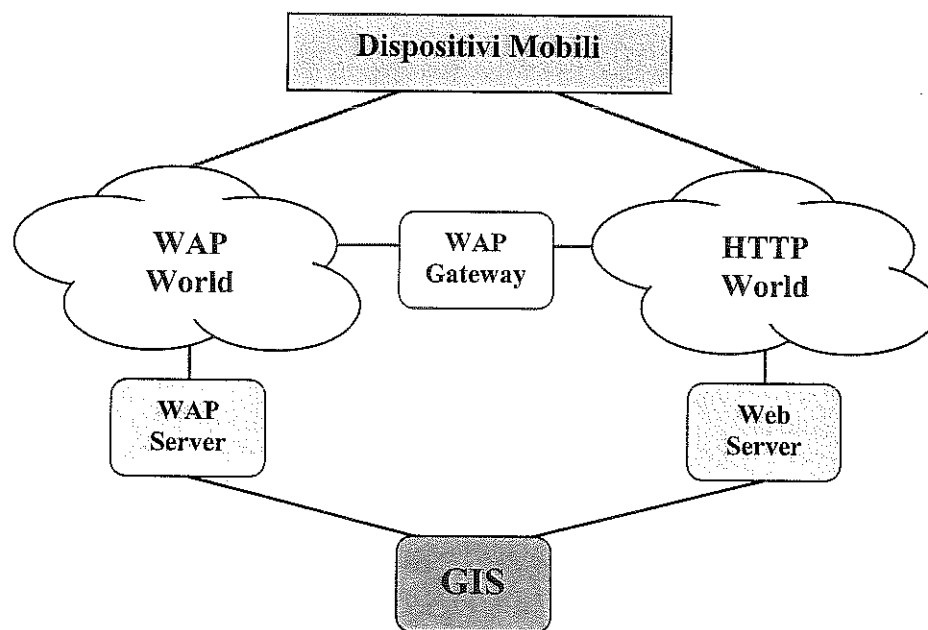


Figura 5.1 - Architettura del sistema

I due ambienti WAP e HTTP comunicano tra loro tramite il WAP Gateway², il cui compito principale è quello di tradurre i protocolli di comunicazione.

La Figura 5.1 mostra inoltre le possibilità di connessione dei vari tipi di dispositivi mobili al GIS attraverso i due ambienti WAP e HTTP. Ciascun tipo di dispositivo mobile dispone di tre diverse possibilità:

1. connettersi all'ambiente WAP e quindi al WAP Server;
2. in alternativa, raggiunto l'ambiente WAP, passare in ambiente HTTP tramite un WAP Gateway e connettersi ad un Web Server;

² Vedi Par. 4.4.2.

3. infine, connettersi direttamente ad Internet e quindi ad un Web Server.

La scelta della via da percorrere in realtà non è discrezionale, ma è dettata dalle caratteristiche dei dispositivi.

La connessione all'ambiente WAP è quella elettiva per i telefoni cellulari, che sono comunemente dotati di un microbrowser conforme alle specifiche del protocollo WAP. Un telefono cellulare può anche essere connesso all'ambiente Internet se dispone di un microbrowser in grado di gestire il protocollo HTTP. E' questo il caso dei telefoni che operano secondo il protocollo I-Mode.

I computer palmari possono essere dotati di browser WAP o HTTP a seconda del produttore e del modello.

I computer portatili sono generalmente dotati di un browser (Netscape, Explorer,...) identico a quelli dei posti di lavoro fissi, quindi conforme ad HTTP, ma esistono microbrowser specifici, o comunque emulatori di dispositivi WAP, che ne consentono il collegamento all'ambiente WAP.

5.2 Alcune Considerazioni Comparative

Su Web sono oggi disponibili applicazioni destinate ad utenti fissi per la distribuzione di dati geografici (Geo-Data Server), per la visualizzazione di mappe (Map Server), nonché per elaborazioni GIS (WebGIS).

Applicazioni GIS su Web			
	PC portatili o fissi	Computer palmari	Telefoni cellulari
Geo Data Server	<i>SI</i>	<i>NO</i>	<i>NO</i>
Map Server	<i>SI</i>	<i>SI</i>	<i>NO</i>
Web GIS	<i>SI</i>	<i>SI</i>	<i>SI</i>

Figura 5.2 - Applicazioni GIS su Web possibili in ambiente mobile

La tabella di Fig. 5.2 mette in evidenza la portabilità di tali applicazioni in ambiente mobile non tanto in relazione alle attuali disponibilità dei dispositivi, ma tenendo conto delle possibili prossime evoluzioni. In altri termini un SI nella tabella può significare che l'applicazione è già oggi disponibile, ma anche che è possibile che essa lo diventi in un futuro prossimo; viceversa un NO significa che non ci sono prospettive favorevoli a medio termine.

La tabella evidenzia che tutte le applicazioni sono possibili utilizzando un computer portatile che differisce da un posto di lavoro fisso sostanzialmente per la velocità e la robustezza della comunicazione.

Con un computer palmare sono sicuramente impossibili applicazioni di Geo Data Server che richiedono l'importazione del dato GIS (e la sua successiva elaborazione locale) per l'assenza di supporti di memorizzazione. Sono possibili applicazioni di Map Server in forme notevolmente semplificate per rendere la restituzione compatibile con le limitate capacità grafiche del dispositivo. Sono invece ipotizzabili applicazioni Web GIS.

Su telefono cellulare sia Geo Data Server che Map Server sono sicuramente improponibili: la prima mancando delle capacità di memorizzazione e di elaborazione, entrambe per i limiti di restituzione grafica dei dispositivi. Applicazioni Web GIS sono possibili in presenza di capacità locali di elaborazione geografica.



Capitolo 6: GIS e Dispositivi Mobili

In questo settore esistono oggi molte iniziative, scientifiche ed industriali, di portata e obiettivi più o meno ambiziosi ed è ancora difficile individuare delle linee di evoluzione chiare e promettenti.

In questo Capitolo si discute il ruolo e l'utilità di sistemi GIS a supporto di servizi e funzionalità destinate all'ambiente mobile.

6.1 Servizi orientati alla Localizzazione

Tra i servizi GIS adatti per essere fruiti da parte di utenti che utilizzano dispositivi mobili, i servizi orientati alla localizzazione rappresentano una classe interessante ed oggi molto discussa.

La definizione di tali servizi può essere fornita considerando diversi punti di vista [KOE00]. In questo contesto intendiamo riferirci a servizi che, in seguito ad una elaborazione di tipo geografico, restituiscono informazioni relative ad utenti mobili, tipicamente collegati su rete wireless.

Rientrano in questa definizione sia i servizi che, partendo dalla posizione corrente di un utente, restituiscono la posizione della risorsa (un ristorante, un albergo, un indirizzo ...) più vicina sia quelli che consentono di seguire gli spostamenti di uno o più utenti mobili (servizi di tracking, fleet management, ...) da un punto di controllo fisso.

Sono state identificate tre generazioni di servizi di localizzazione [8]:

- la prima generazione di servizi, superata dalla tecnologia attuale, richiedeva che l'utente inserisse manualmente la propria posizione, ad esempio sotto forma di un indirizzo o di codice postale;
- la seconda, disponibile attualmente, parte dalla determinazione automatica, anche eventualmente grossolana, della posizione tipicamente a livello di codice postale;
- la terza generazione prevede una localizzazione più precisa delle precedenti nonché la possibilità di attivare il servizio senza un'esplicita richiesta da parte dell'utente.

Per poter implementare servizi di questo tipo è necessario disporre della posizione del dispositivo mobile utilizzando uno dei metodi descritti nel Capitolo 3.

6.2 Classificazioni dei Servizi di Localizzazione

E' opportuno premettere che, per realizzare un servizio di localizzazione non è rilevante fare riferimento ad una classificazione del servizio stesso, in quanto gli elementi di cui si deve disporre sono essenzialmente gli stessi. Tuttavia può rivelarsi utile fare chiarezza sulle caratteristiche che possono distinguere un servizio da un altro per effettuare eventuali scelte di progetto legate alle peculiarità o agli obiettivi specifici che si intendono raggiungere.

Attualmente non ci sono schemi di classificazione di servizi di localizzazione generali e condivisi. In realtà possono essere proposti svariati criteri in base ai quali effettuare la classificazione.

Un primo approccio è essere quello di fornire una classificazione di tipo application-oriented come quella proposta in [MUR00] che individua tre classi generali di servizi:

- Gestione remota di flotte (Work Force Management): attraverso un sistema centralizzato si coordinano e si controllano gruppi di tecnici che lavorano sul territorio (agenti, tecnici, venditori ecc.). Attualmente su GSM si possono coordinare essenzialmente veicoli dotati di specifici terminali a bordo, capaci di interagire con GPS e GSM. Con UMTS il singolo utente potrà usare direttamente il terminale senza apparecchiature aggiuntive.
- Servizi di navigazione, di controllo del traffico e di antifurto. In questa categoria rientrano i servizi di soccorso medico.
- Servizi di pagine gialle che consentono l'individuazione di esercizi pubblici nella zona dove si trova il terminale, con informazioni aggiuntive (orario di apertura, costi ecc.).

Un'altra possibile classificazione è basata sull'estensione dell'area geografica servita: urbana, regionale, nazionale, internazionale, mondiale. L'estensione geografica dell'area consente di selezionare determinate applicazioni, ad esempio un servizio di radio taxi ha senso in un'area urbana. Essa consente anche di selezionare metodi di localizzazione diversi come è ben evidenziato nel Capitolo 3.

Un ulteriore criterio di classificazione è quello di differenziare i diversi tipi di funzionalità del sistema necessari per la realizzazione del servizio. In questo caso il sistema non è più visto come una scatola nera, ma si prendono in considerazione i suoi componenti interni.

Potremo individuare alcune funzioni primarie che formano le basi per diversi tipi di applicazioni [KOE00]. Alcune di queste funzioni sono:

- Localizzazione;
- Ricerca di prossimità;
- Direzioni di viaggio;
- Condizioni del traffico in tempo reale.

Ciascuna di queste funzioni permette di rispondere ad interrogazioni specificate da parte dell'utente del servizio e costituisce la base per lo sviluppo di applicazioni ad esse correlate. Nella Tabella 6.1 riportiamo alcuni esempi per chiarire questo concetto.

FUNZIONI DI BASE	DOMANDE A CUI SI RISPONDE	ESEMPI DI APPLICAZIONI
<i>Localizzazione</i>	<i>Dove mi trovo? Dove si trova un oggetto? Dove si trova un luogo?</i>	<i>Dalla localizzazione di veicoli: tracking, dispatch, fleet management, servizi di emergenza.</i>
<i>Ricerca di prossimità</i>	<i>Dov'è il più vicino....?</i>	<i>Pagine Gialle.</i>
<i>Direzioni di viaggio</i>	<i>Come arrivo a...?</i>	<i>Calcolo del percorso dalla posizione dell'utente alla destinazione indicata.</i>
<i>Condizioni del traffico in tempo reale</i>	<i>Il percorso è libero?</i>	<i>Valutazione dinamica di un percorso ed eventuale selezione di uno alternativo per evitare situazioni di congestione dovute al traffico.</i>

Tabella 6.1

Una ulteriore classificazione delle applicazioni di localizzazione può essere formulata in base al tipo di informazione fornita all'utente. Un esempio è contenuto in [NIE] dove i tipi di informazione presi in considerazione sono:

- *posizioni*: posizioni fisse espresse in termini di coordinate, posizioni su mappe, nomi di luoghi, ecc.;
- *eventi*: avvenimenti legati al tempo (passato, presente o futuro) in una o più posizioni;
- *distribuzioni* (ad esempio nel campo demografico): la densità, la frequenza e le tendenze di persone, oggetti o eventi in una certa zona geografica;
- *beni o risorse fisse o in movimento*: gestione di risorse, inventari, stato delle risorse;
- *punti di servizio*;
- *itinerari*: indicazioni di viaggio espresse in termini di coordinate, direzioni, nomi di strade e distanze, ecc.;
- *contesto o panoramica*: mappe, grafici o altri mezzi per rappresentare un contesto o delle relazioni tra persone, oggetti o eventi in una data area geografica;
- *elenchi*: cataloghi, listini, ecc.;
- *transazioni*: transazioni economiche;
- *luoghi*: caratteristiche di un determinato luogo.

Tutte le classificazioni citate hanno valenza limitata a contesti o applicazioni specifiche, quindi non consentono di abbracciare il problema nella sua generalità. Per superare questi limiti si propone di classificare i servizi di questo tipo in:

- *servizi di localizzazione* definiti come servizi che consentono di identificare e tracciare la posizione di un terminale mobile (tipicamente da una locazione fissa);
- *servizi basati sulla posizione* (location-based services), definiti come servizi che forniscono informazioni dipendenti dalla posizione del richiedente (mobile).

I primi includono tutte le applicazioni che prevedono il controllo di uno o più oggetti mobili da parte di un utente fisso (gestione di flotte, controllo degli spostamenti di un oggetto, ...). I secondi prevedono invece che la richiesta provenga da un utente mobile che richiede, tipicamente, quali siano le risorse (di un certo tipo: un alloggio, un servizio medico, ...) ad esso più vicino e/o facilmente raggiungibile.

6.3 Ruolo del GIS nei Servizi di Localizzazione

Bisogna considerare che semplici servizi di localizzazione possono essere realizzati senza ricorrere al supporto di un GIS e quindi senza ricorrere alle sue funzionalità di analisi spaziale; ad esempio, associando rigidamente ad ogni cella del sistema di telefonia mobile tabelle di risorse posizionate in quella cella, è sufficiente un semplice DBMS per gestire questo tipo di servizio.

E' peraltro evidente che applicazioni di questo tipo soffrono di limiti pesanti dal punto di vista delle funzionalità che possono erogare, anche se si presentano relativamente semplici da realizzare.

La presenza di un GIS integrato con il sistema di localizzazione consente di *arricchire* ed *espandere* i servizi per l'utenza mobile.

- Arricchisce il servizio perché, alla localizzazione eseguita dalla rete mobile, consente di associare elementi che contribuiscono a fornire una risposta più completa ed esauriente. Ad esempio l'associazione del grafo stradale ad una risposta destinata ad un autoveicolo permette di evidenziare il percorso da compiere per raggiungere la risorsa richiesta.
- Espande i servizi perché consente di gestire richieste più complesse di quelle trattabili senza il suo supporto. Si pensi, ad esempio, alla possibilità di eseguire operazioni tipiche dell'ambiente geografico quali calcoli di distanza, eventualmente su un percorso specifico (un reticolo stradale), di inclusione e di prossimità.

E' altresì evidente che l'inserimento di un GIS in un sistema di localizzazione complica un'architettura di per sé già complessa (vedi, al riguardo, l'inquadramento proposto nel Paragrafo 6.6 – Figura 6.3).

La complessità architettonica è soltanto uno dei problemi che ostacolano l'adozione generalizzata di soluzioni GIS; lo stato della tecnologia è infatti ancora generalmente immaturo come appare anche dalle considerazioni riportate nel successivo par. 6.5.

6.4 Ruolo del GIS in Altri Servizi per Utenza Mobile

Oltre al settore dei servizi di localizzazione, su cui è focalizzato questo documento, esiste almeno un'altra area "promettente" per i sistemi GIS. Ci riferiamo alla possibilità di attrezzare terminali mobili con "mini sistemi GIS".

Oggi gli sforzi sono prevalentemente indirizzati verso i computer palmari che dispongono di caratteristiche tecniche più adatte di quelle dei telefoni cellulari (maggiore capacità elaborativa e schermo di maggiori dimensioni). E' però verosimile che, in un futuro prossimo, caratteristiche simili siano disponibili anche su questi ultimi, eventualmente come dispositivi addizionali.

Indipendentemente dalla collegabilità con un sistema GIS remoto, i sistemi con funzionalità GIS locali si propongono come strumenti per supportare attività svolte esclusivamente sul campo, ad esempio per l'acquisizione di dati. La disponibilità di funzioni GIS locali consente

la verifica immediata della validità e della congruenza dell'acquisizione con conseguente riduzione dei costi.

Il GIS locale è oggi pensabile solo come un sistema molto semplificato non solo per renderlo compatibile con le ridotte potenzialità dei terminali, ma anche perché questi mancano del tutto di memoria di massa. Le funzionalità GIS, specializzate per tipo di operazione, possono quindi essere importate online da un sistema remoto, via Web o WAP server.

Circa la collegabilità su rete mobile di questi terminali con sistemi GIS remoti, valgono tutte le considerazioni già fatte in merito alle capacità di banda e alla robustezza dei collegamenti mobili. Bisogna però considerare che, in questi casi, i meccanismi di interazione tra terminale mobile e sistema centrale sono diversi e, in genere, prevedono il trasferimento di programmi (applet, Java script, ...) da server a terminale e di dati in senso inverso.

6.5 Stato dell'Arte della Tecnologia

L'uso di una tecnologia GIS fornisce lo spunto per modificare in modo radicale i meccanismi di presentazione e di interazione con il terminale mobile.

I sistemi GIS "tradizionali" si interfacciano con gli utenti fissi con meccanismi di presentazione e paradigmi di interazione propri, diversi da quelli tipici di ambienti alfanumerici e fortemente basati sulla grafica.

La tecnologia oggi disponibile sui dispositivi mobili non consente ancora di implementare agevolmente tali modalità di interazione per limiti legati alla disponibilità di risorse sul dispositivo e alle caratteristiche del canale trasmissivo: in primo luogo la banda disponibile e la "fragilità" della connessione.

Oggi si cerca pertanto di sopperire a queste limitazioni con due tipi di interventi:

- Da un lato si tende a contenere le esigenze di risorse, tipica degli ambienti GIS tradizionali, per renderle compatibili con le disponibilità tecnologiche. Riteniamo che questo sia certamente un obiettivo tattico, necessario a colmare il divario oggi evidente in termini di capacità elaborativa, di memorizzazione e di movimentazione di dati tra terminali fissi (tipicamente Personal Computer da tavolo) e mobili. Riteniamo peraltro che, in forme forse diverse e probabilmente meno esasperate di quelle odierne, questo debba essere considerato anche un obiettivo strategico. Infatti la rapidità dell'evoluzione della tecnologia consentirà sicuramente di poter disporre sui dispositivi mobili di risorse molto superiori a quelle attuali in tempi che si prospettano rapidi, ma alcuni vincoli fondamentali sono oggettivi e insuperabili³.
- Dall'altro si studiano architetture e protocolli che sfruttino in modo ottimale le risorse trasmissive ed elaborative. Tali architetture e protocolli devono essere diversi da quelli adoperati nella comunicazione con posti di lavoro fissi. Ad esempio in alcuni casi è sicuramente possibile rinunciare alla presentazione grafica, senza perdere più che tanto in termini di efficacia. E' infatti possibile sostituire l'immagine di un grafo stradale da percorrere con una descrizione testuale dei nomi delle vie e dei cambi di direzione da effettuare per giungere a destinazione.

³ Ci riferiamo ad esempio alle dimensioni dello schermo che vincola non poco le scelte in termini di strategie di presentazione e di interazione, o alla robustezza dei collegamenti mobili che potrebbero porre vincoli alle quantità di informazioni che è ragionevole far fluire sul canale.

E' peraltro evidente che il cammino su queste vie è ancora tutto da percorrere e le soluzioni devono ancora essere investigate e sperimentate.

6.5.1 Disponibilità Tecnologiche

In termini di disponibilità tecnologiche si può affermare che cominciano ad esistere gli strumenti che consentono di realizzare applicazioni che prevedono l'interazione del GIS con terminali mobili.

Infatti è possibile realizzare una catena di ambienti che preveda ad esempio: un server GIS, interfacciato con un server Web, che attraverso un Gateway WAP interagisce con dispositivi mobili (vedi Figura 5.1).

Ciò che oggi è evidente è che architetture di questo tipo presentano molti limiti che ne condizionano, di fatto, l'adozione e la diffusione. Esistono limiti di carattere generale, già considerati in questo documento, quali la banda del canale wireless. Alcuni di questi limiti, assumono un'importanza maggiore di quella che hanno in altre applicazioni a causa delle specificità del GIS.

Esistono poi considerazioni che si evidenziano soltanto nell'ambiente GIS. A titolo di esempio citiamo la grande utilità di alcune semplici funzioni geografiche sul client, ad esempio per eseguire operazioni di zoom e pan. Si tratta di funzioni logicamente semplici, ma tecnicamente complesse da realizzare, che presuppongono la presenza di funzionalità geografiche e una certa disponibilità di risorse elaborative locali.

Anche se questi servizi sono penalizzati dalla limitatezza delle risorse nella fase di rappresentazione dei risultati (si pensi ad esempio al comune telefono WAP con display alfanumerico), ciò non toglie che il GIS costituisca comunque un valore aggiunto ai servizi che fanno uso della localizzazione dell'utente per restituire anche in modo testuale una informazione prodotta di elaborazione geografica. Chiaramente sono utilizzate solo funzioni specifiche del GIS (analisi di distanza, di prossimità, di inclusione, percorsi ottimali, ...) per cui è auspicabile che per tali tipi di applicazioni si possa disporre di una sorta di *GIS-light* specializzato, anziché di sistemi GIS completi. In questo modo si ottimizzerebbe l'impiego di risorse elaborative a vantaggio dei tempi di risposta agli utenti e dell'efficienza del sistema complessivo.

6.5.2 La posizione dei produttori

I fornitori *leader* del mercato dei software GIS sono pesantemente coinvolti nel "mobile GIS" [BAR01]. Insieme ad altre società stanno sviluppando le applicazioni per distribuire mappe, disegni e dati a diversi tipi di dispositivi mobili. Alcune hanno optato per lo sviluppo di software per applicazioni location-based, mentre altre, come ESRI [9], si pongono come fornitori dei "mattoni di base" per gli sviluppatori di queste applicazioni [LET].

In particolare:

- Autodesk [10] propone una soluzione chiamata "Autodesk OnSite", progettata espressamente per l'ambiente mobile che, combinata con MapGuide (la tecnologia per il Web mapping di Autodesk) ed integrata con il GIS Design Server, permette di inviare mappe interattive, informazioni e moduli commerciali a dispositivi mobili. E' basata su servlet Java che passano le richieste dei terminali mobili a database di mappe e progetti e adattano le risposte per la visualizzazione sugli schermi dei dispositivi mobili.

- Intergraph [11] ha recentemente creato una nuova divisione (IntelliWhere [12]) per fornire tecnologie per i servizi wireless e location-based. “IntelliWhere Genie” è il prodotto guida di questa linea e utilizza una architettura costruita a partire dalla tecnologia GeoMedia (in particolare da GeoMedia WebEnterprise) di Intergraph per dare soluzioni indipendenti dal dispositivo e dal formato dei dati. Supporta un’ampia gamma di dispositivi che spaziano da telefoni che supportano SMS, a telefoni WAP, a computer palmari e dispositivi I-Mode.
- Motorola e MapInfo [13] lavorano congiuntamente alla realizzazione di un’applicazione location-based chiamata MiGuide [14] che porta mappe e direzioni di guida su dispositivi che operano con tecnologia Java (piattaforma Java 2 Micro Edition: J2ME). MiGuide dovrebbe essere disponibile a partire dalla metà del 2001. Tale applicazione consente di accedere ad informazioni *location-aware* che includono “Pagine Gialle”, posizioni di esercizi commerciali, mappe e direzioni di guida.

E’ evidente che l’approccio comune è quello di integrare ed estendere i supporti preesistenti destinati ad operare su rete fissa, per raggiungere anche i dispositivi mobili. Soluzioni di questo tipo hanno il pregio di poter essere realizzate in tempi molto brevi, ma non consentono uno sfruttamento ottimale delle potenzialità, quindi si configurano più come soluzioni tattiche, di limitata valenza temporale, che come soluzioni strategiche.

6.6 Iniziative di Standardizzazione

Gli sviluppi futuri di tutti i sistemi GIS, destinati sia ad ambienti fissi che mobili, sono decisamente orientati all’uso di due tecnologie di base:

- XML per la descrizione dell’informazione;
- UML quale linguaggio per il supporto della progettazione di sistemi Object Oriented.

Si tratta, come già affermato di tecnologie di base, che sono universalmente utilizzate e che in ambito GIS sono state adottate forse con un certo ritardo rispetto a quanto è avvenuto in altri settori delle tecnologie informatiche. L’uso di questi strumenti rappresenta un passo fondamentale verso la creazione di ambienti aperti in cui si possono scambiare dati e si possono costruire applicazioni interoperanti tra sistemi eterogenei. Per questo motivo XML e UML sono stati adottati dal consorzio OpenGIS [15].

Questo consorzio, che include tutti i maggiori fornitori del settore, ha lanciato l’iniziativa “Open Location Services” (OpenLS Initiative) [16] che mira alla specifica di interfacce per i servizi basati sulla posizione che semplifichino l’utilizzo di informazioni spaziali in ambienti mobili e che, allo stesso tempo, garantiscano lo sviluppo di applicazioni che rispettino il principio della interoperabilità.

La Figura 6.2 illustra la visione che OpenLS Initiative ha dei servizi location-based.

- [MUR00] F.Muratore, "Le comunicazioni mobili del futuro UMTS: il nuovo sistema del 2001", CSELT, Torino, 2000
- [NIE] H. Niedzwiedek, "Java™ Location Services: The New Standard for Location-enabled e-Business", reperibile al sito <http://jlocationervices.com/company/ImageMatters/javalocationServices.html>
- [SCO97] J. Scourias, "Overview of the Global System for Mobile Communications", 1997, reperibile al sito www.iassid.ro/GSM/en/gsmreport.html
- [SWE99] G. Swedberg, "Ericsson's Mobile Location Solution", Ericsson Review No.4, 1999, reperibile al sito www.ericsson.com/review1999_04/article93.shtml
- [1] www.telefonino.net
- [2] www.locationforum.org
- [3] www.trimble.com
- [4] www.wapforum.org
- [5] <http://www.cellulari.it/html/i-mode.asp>
- [6] <http://waptopic.supereva.it/rubrica.php3?rubrica=118>
- [7] <http://www.gsmworld.com/technology/yes2wap.html>
- [8] www.grv.com/docs/whitepaper.pdf
- [9] <http://www.esri.com/industries/locationervices/solutions.html>
- [10] <http://www.autodesk.com>
- [11] <http://www.intergraph.com>
- [12] http://www.intelliwhere.com/solution_main.html
- [13] <http://www.mapinfo.com>
- [14] <http://www.geoplace.com/daily/news.asp?a=548736>
- [15] www.opengis.org
- [16] www.openls.org

Glossario

2G	<i>Sistemi cellulare di seconda generazione.</i>
2G+ (2.5G)	<i>Sistemi cellulare di seconda generazione avanzata.</i>
3G	<i>Sistemi cellulare di terza generazione.</i>
A-GPS	<i>Network Assisted GPS.</i>
API	<i>Application Programming Interface.</i>
CGI	<i>Cell Global Identity.</i>
cHTML	<i>Compact HTML.</i>
D-GPS	<i>Differential GPS.</i>
E-OTD	<i>Enhanced Observed Time Difference.</i>
GGSN	<i>Gateway GPRS Support Node.</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Service.</i>
GPS	<i>Global Positioning System.</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications.</i>
HPC	<i>Handheld PC.</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language.</i>
HTTP	<i>HyperText Transfer Protocol</i>
HTTPS	<i>HyperText Transfer Protocol Secure</i>
ISO	<i>International Standards Organisation.</i>
LBS	<i>Location-Based Service.</i>
LCS	<i>Location Service.</i>
PDA	<i>Personal Digital Assistant.</i>
PDC-P	<i>Rete digitale giapponese che opera a commutazione di pacchetto.</i>
PIM	<i>Personal Information Management.</i>
PLMN	<i>Public Land Mobile Network.</i>

<i>PPC</i>	<i>Palm-size PC.</i>
<i>SGSN</i>	<i>Serving GPRS Support Node.</i>
<i>SMS</i>	<i>Short Message Service.</i>
<i>TA</i>	<i>Time Advanced.</i>
<i>TOA</i>	<i>Time of Arrival.</i>
<i>UML</i>	<i>Unified Modeling Language.</i>
<i>UMTS</i>	<i>Universal Mobile Telecommunication System.</i>
<i>WAE</i>	<i>Wireless Application Environment.</i>
<i>WAP</i>	<i>Wireless Application Protocol.</i>
<i>WDP</i>	<i>Wireless Datagram Protocol.</i>
<i>WML</i>	<i>Wireless Markup Language.</i>
<i>WMLScript</i>	<i>Linguaggio procedurale di scripting progettato per estendere WML.</i>
<i>WSP</i>	<i>Wireless Session Protocol.</i>
<i>WTA</i>	<i>Wireless Telephony Application.</i>
<i>WTLS</i>	<i>Wireless Transport Layer Security.</i>
<i>WTP</i>	<i>Wireless Transaction Protocol.</i>
<i>UML</i>	<i>Unified Modeling Language.</i>
<i>XML</i>	<i>eXtensible Markup Language.</i>