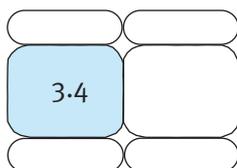




# L'ERA DEL MOBILE COMPUTING

Antonella Carbonaro  
Luigi Colazzo  
Andrea Molinari



Partendo da un'analisi del settore *mobile computing*, viene presentata una schematizzazione dei suoi elementi qualificanti, cioè le tecnologie abilitanti, le reti di telecomunicazione, gli apparati mobili e le applicazioni. Il contributo analizza poi con maggior dettaglio gli aspetti innovativi che riguardano gli utilizzatori di apparati mobili, fornendo alcuni esempi di ambiti applicativi che mostrano come il mondo del *mobile computing* stia cambiando il rapporto tra utenti finali e tecnologie della computazione.

## 1. LO SCENARIO

**C**on l'espressione *mobile computing* si intende qualsiasi tipo di elaborazione effettuata da un dispositivo elettronico in movimento nello spazio fisico. Si noti che nell'idea di eseguire processi di elaborazione su apparati mobili sono implicite due aspetti. Il primo riguarda la mobilità di coloro che usano il dispositivo. Il secondo riguarda il dispositivo stesso che potrebbe agire in modo autonomo e indipendentemente dalla mobilità del suo proprietario, esattamente come avviene se dimentichiamo su un treno il telefono cellulare. I semplici processi di elaborazione che consentono al cellulare di comunicare con la rete durante il viaggio in treno avvengono anche quando siamo seduti davanti all'incaricato dell'ufficio oggetti smarriti. Più seriamente, robot che possano muoversi autonomamente nello spazio fisico rappresentano esempi di elaborazione in movimento. Recentemente, il *mobile computing* si spinge oltre, fino a far parlare alcuni studiosi di "*pervasive computing*" o "*ubiquitous computing*", un passo ulteriore verso la totale libertà di cal-

colo rispetto allo spazio fisico [1]. La rapida evoluzione della tecnologia hardware ha inglobato dispositivi computerizzati miniaturizzati nei prodotti più disparati, avvicinando sempre più la visione di *disappearing technology* proposta da Weiser [2].

Storicamente, l'idea del *mobile computing* comincia a prendere forma agli inizi degli anni '80, con l'affermazione sul mercato dei personal computer. Rispetto alle macchine di quel periodo, il PC era enormemente meno ingombrante ed il suo scarso ingombro ne permetteva il trasporto in modo relativamente semplice, anche se le intenzioni dei costruttori non erano certo quelle di farne un apparato mobile, quanto uno strumento appunto personale. Questa caratteristica di potenziale portabilità di elaborazione venne comunque quasi subito utilizzata per la produzione di computer cosiddetti trasportabili, ovvero computer costruttivamente progettati (scheda madre, disco fisso, lettori, schede di espansione ecc.) per il trasporto. Nel 1981 la Osborne Computer mise in commercio Osborne 1, un computer trasportabile, con

un monitor da 5 pollici, 64 kBytes di memoria, due unità a dischetti da 5.25 pollici. Successivamente, si è assistito ad un fiorire di apparati sempre più piccoli e sempre più leggeri, adatti all'utilizzo in movimento, commercialmente definiti con appellativi che ricordano comunque l'aspetto mobile (*laptop, notebook, subnotebook, tabletPC* ecc.).

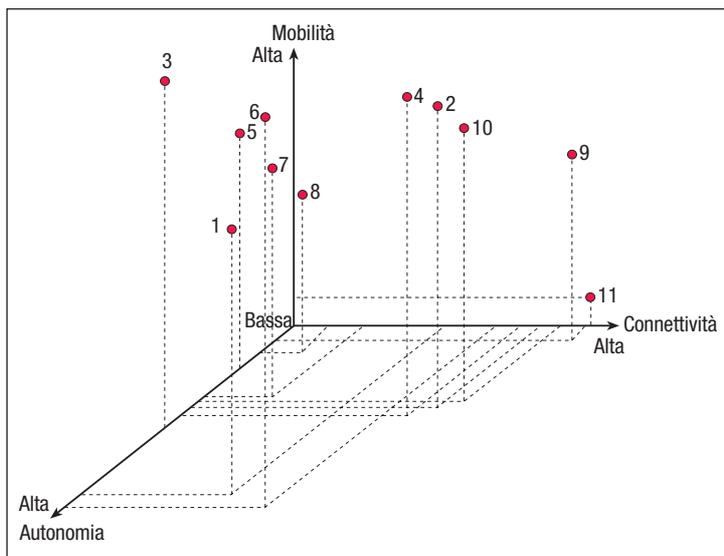
Il concetto di *mobile computing* comprende ormai fasce di prodotti molto ampie: una macchina fotografica digitale, un lettore MP3, una unità diagnostica portatile, un navigatore satellitare, un telefono cellulare, una apparecchiatura cardiologica portatile ecc., sono tutti esempi di dispositivi che incorporano o sono di fatto dei computer, disponendo tutti di un processore, di memoria, di dispositivi di input/output. Inoltre, la mobilità deriva dalla disponibilità (al contrario dei tradizionali computer da tavolo) di una fonte autonoma di energia che garantisce autonomia rispetto alla rete elettrica. Questa diffusione degli apparati di elaborazione in prodotti di consumo è solo agli inizi: potenzialmente ogni apparato di una certa complessità potrebbe essere equipaggiato di hardware e di software adeguati al compito e alle circostanze. Se un tale apparato fosse per una qualche ragione mobile, esso rientrerebbe a pieno titolo nell'universo del *mobile computing*.

Un altro elemento che caratterizza il *mobile computing* è la connettività. La capacità di compiere elaborazioni mentre l'apparato è in movimento rende possibile la comunicazione con altri dispositivi, sia fissi che in movimento nello spazio. L'avvento di Internet, lo sviluppo delle telecomunicazioni, la convergenza in atto tra multimedialità, reti e calcolo, e (recentemente) l'avvento della tecnologia *wireless* (senza fili), tutti questi fattori hanno determinato una capacità di connessione dei dispositivi mobili senza il legame fisico rappresentato dalle tecnologie guidate, ovvero i cavi. Ormai, *mobile computing* assume anche il significato di *always connected*, sempre connesso. La connettività senza fili è ovviamente un patrimonio dell'uomo moderno dai tempi della TV e della radio, dove la semplice antenna bastava a ricevere il segnale. La telefonia ha poi raggiunto il terreno della mobilità, grazie alla diffusione delle reti cellulari. In questi ultimi tempi i dispositivi di

calcolo hanno cominciato a poter essere utilizzati in condizioni "nomadiche" (una persona, un dispositivo, tanti luoghi), superando così il vincolo del passato costituito dalla necessità di un cavo di comunicazione per connettersi alla rete. Fatta eccezione per tecniche sofisticate e non certo di massa, l'elaborazione dei computer è sempre stata condizionata, per la sua trasmissione, dalla disponibilità di mezzi guidati (cavi coassiali, dop-pini, fibre ottiche). Ora la libertà dal *wired* (cablato), ovvero dai cavi di collegamento, crea una attenzione verso il settore *wireless* forse eccessiva, con adozioni di queste tecnologie spesso scorrette e soprattutto poco sicure, come dimostrano i frequenti casi di installazioni *wireless* non criptate che danno spazio a fenomeni come il *wardriving*, ovvero quelle attività che consistono nell'intercettare reti *wireless*, in automobile o a piedi con un computer portatile, per sfruttare il collegamento o per catturare dati riservati [3].

Già oggi è ben chiaro che anche nel settore *wireless*, sia pur con uno/due ordini di grandezza in meno rispetto al settore della connettività fissa, si assiste ad una impetuosa crescita dell'offerta di larghezza di banda. La rivoluzione del *wireless* prepara il possibile lancio di standard come *MobileFi* (*Mobile Fidelity*), secondo lo standard IEEE 802.20, oppure di *WiMax*, basato sullo standard 802.16 approvato nel giugno del 2004.

*MobileFi* è un sistema radiomobile basato interamente su protocollo IP (*Internet Protocol*), offre una velocità di trasmissione di almeno 1 Mbit al secondo per utente a piena mobilità (fino a 250 km/h). *MobileFi* si espande verso le *Wide Area Networks* (WAN) ed è proposto per soddisfare i bisogni del mercato "automotive" (rete tra i navigatori delle automobili per il controllo del traffico) in concorrenza con i sistemi cellulari a larga banda, *UMTS* e loro estensioni, per aumentare la capacità il sistema *Hsdpa* (*High Speed Downlink Packet Access*) incrementa la capacità del canale downlink UMTS da 2 a 10 Mbit/s e oltre, fino a 30 Mbit/s. *MobileFi* completa verso l'alta mobilità e le lunghe distanze la famiglia di tecnologie secondo lo standard IEEE 802, che comprende anche le PAN (*Personal Area Networks*), e cioè le reti a breve distanza (qualche metro) che con-



**FIGURA 1**

Lo spazio tecnologico del mobile computing

	Mobilità	Connettività	Autonomia
1 Robot	Media	Media	Alta
2 Palmari	Alta	Alta	Media
3 Lettore MP3	Alta	Nulla	Media
4 Telefono Cellulare	Alta	Alta	Media
5 Macchina fotografica digitale	Alta	Nulla	Bassa
6 GPS (Global Positioning System)	Alta	Alta	Alta
7 Apparecchiature Medicali	Media	Bassa	Media
8 Strumentazione per la diagnostica	Media	Bassa	Bassa
9 Notebook	Alta	Alta	Bassa
10 TabletPC	Alta	Alta	Media
11 PC	Bassa	Alta	Nulla

**TABELLA 1**  
Dispositivi mobili principali rispetto alle tre variabili Mobilità, Autonomia, Connettività

sentono l'interazione tra gli oggetti intelligenti che circondano le persone (standard *BlueTooth*, il rivoluzionario *UltraWideBand* (UWB) e l'innovativo *ZigBee*). *WiMAX* (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) rappresenta un complemento dell'attuale tecnologia *WiFi*, e può essere collegato alle altre reti locali (LAN) e alle reti WAN al fine di fornire incanalamenti comuni. *WiMAX* viene considerata come una tecnologia di rete di area metropolitana (MAN, *Me-*

*tropolitan Area Network*) *wireless*, finalizzata alla connessione ad Internet dei punti di accesso ad alta velocità, ponendosi sostanzialmente come concorrente delle connessioni DSL che oggi coprono il cosiddetto "ultimo miglio". Infatti, lo standard IEEE 802.16 raggiunge una estensione di area di servizio lineare fino a 50 km, anche in presenza di mancanza di contatto visivo. Questo costituirà elemento fondamentale per raggiungere aree non altrimenti cablabili con il collegamento a banda larga o alternativo al rame e alla fibra ottica. *WiMAX* supporta velocità di trasmissione molto elevate rispetto agli standard attuali, raggiungendo i 70 Mbits al secondo, secondo la proposta dello standard.

Volendo schematizzare questo universo di dispositivi piuttosto articolato, potremmo individuare tre dimensioni degli apparati mobili:

- la prima dimensione riguarda la *mobilità* dell'apparato di elaborazione, ovvero la possibilità dell'apparato di effettuare elaborazioni mentre è in movimento nello spazio fisico;
- la seconda riguarda l'*autonomia*, ovvero la possibilità che l'apparato possa essere autonomo rispetto alla rete elettrica;
- la terza dimensione riguarda la *connettività*, ovvero la capacità dell'apparato mobile di connettersi con altri apparati sia fissi che in movimento.

Queste tre dimensioni possono essere rappresentate in un diagramma in cui disporre le tecnologie e gli apparati su tre assi cartesiani: mobilità, autonomia e connettività. Nella figura 1 sono rappresentati alcuni fra i dispositivi mobili maggiormente conosciuti, rispetto alle tre variabili indicate. Ogni variabile assume valori compresi fra "assente" e "pieno", secondo valutazioni indicative rappresentate nella tabella 1.

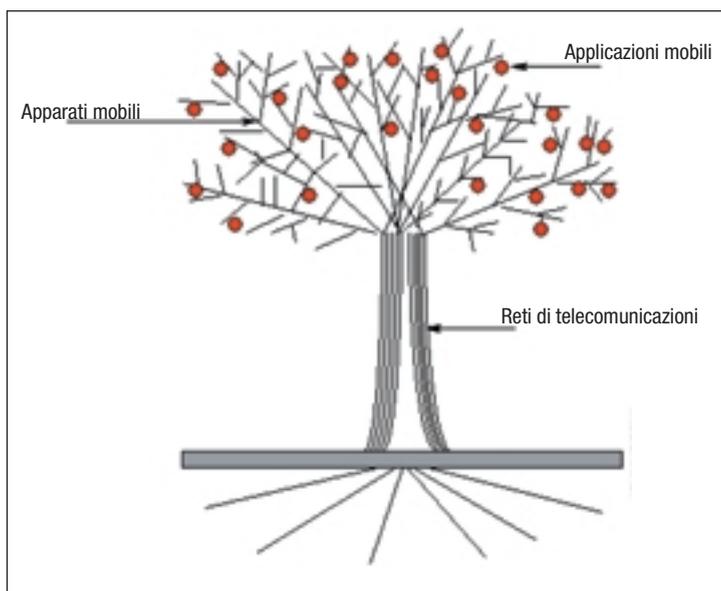
L'espressione *mobile computing* contemplerebbe, a ben vedere, solo l'elemento mobilità, non necessariamente la connettività e la comunicazione con altri dispositivi. Va quindi considerato che le tecnologie mobili devono molte delle proprie potenzialità e del successo odierno non solo alla "nomadicità" con esse consentite, quanto alla capacità di connettersi a reti di telecomunicazioni, e quindi di essere primariamente degli strumenti di comunicazione. Questa circostanza comporta una fitta rete di apparati fissi, come ad

esempio i rilevatori geostazionari, che usano tecnologie mobili (*GSM*, *GPS*), oppure le celle e i ripetitori per le applicazioni di telefonia mobile. Tutte queste attrezzature, senza le quali non ci sarebbe connettività e quindi solo una relativa mobilità per i riceventi, sono saldamente ancorate alle loro posizioni. Ne consegue che un'esauriva descrizione del campo dovrebbe comprendere anche una descrizione esauriente di questi aspetti del mobile, ovvero delle tecnologie su cui possono contare gli apparati mobili per poter essere connessi durante il movimento. Nella discussione sul mobile bisognerà quindi considerare differenti livelli di argomentazione. L'universo mobile è costituito da un insieme di tecnologie tra loro integrate in maniera sinergica.

Il livello più basso è quello delle *tecnologie abilitanti*, ovvero quelle tecnologie di base che consentono, per esempio, la miniaturizzazione degli apparati (più piccolo vuol dire più facile da trasportare), l'autonomia rispetto alle fonti energetiche fisse, la disponibilità di schermi sufficientemente luminosi ecc..

Il livello successivo è quello delle *reti di telecomunicazioni*: questo livello contiene sia la relazione degli apparati mobili con la rete internet, sia la possibile relazione degli apparati mobili con una pluralità di reti private. Inoltre, esiste una pletera di tecnologie accessorie ormai consolidate nel mondo delle telecomunicazioni, di cui il mondo mobile (viste le sue limitazioni oggettive) trae beneficio: per esempio, la possibilità di trasmettere e ricevere dati di differenti natura (multimedialità), l'ottimizzazione della larghezza di banda attraverso gli algoritmi di compressione, la gestione della continuità del servizio a fronte della mobilità ecc..

Il terzo livello di indagine riguarda la struttura tecnologica degli *apparati mobili* che, come si è detto, travalica di molto il concetto di computer. Infine, abbiamo il livello *delle applicazioni*, un campo strettamente legato all'evoluzione tecnologica dei dispositivi mobili e contemporaneamente all'evoluzione dei sistemi informativi in generale. Va detto che il campo delle applicazioni mobile sta crescendo molto, in direzioni assolutamente variegata. Da quanto emerge dallo studio pubblicato di recente dal Primo Osservatorio sul *mobile business* in Italia [4], il settore delle applicazioni



mobile ha ormai abbracciato un po' tutte le aree di applicazioni nei sistemi informativi, dalla gestione della forza vendita basata su reti cellulari alle applicazioni di *mobile-to-mobile* legate al tele-controllo, al tele-rilevamento e alla tele-lettura, dal monitoraggio della gestione del magazzino attraverso dispositivi mobili al mondo delle applicazioni legate alla nuova tecnologia RFDI (*Radio Frequency Identification*), dalle applicazioni CRM (*Customer Relationship Management*) all'idea del supporto al lavoro quotidiano dell'utente nell'ambito del proprio ufficio (*wireless office*), dalla gestione delle flotte di automezzi ai rapporti con la catena dei fornitori. Altrettanto interessante risulta essere l'ormai raggiunta piena integrazione tra le applicazioni mobile e le applicazioni tradizionalmente facenti parte del sistema informativo. La possibilità di poter visionare la posta elettronica sul proprio computer o su un cellulare, connettendosi allo stesso server di posta, oppure quella di poter utilizzare un applicativo gestionale dal proprio posto di lavoro o da un palmare, rappresentano chiari esempi di questa convergenza e di questa avvenuta integrazione. Nella figura 2 è mostrata una rappresentazione ideografica del campo.

È quindi evidente la complessità, la pervasività e l'ineluttabilità dei cambiamenti introdotti nella nostra era dal concetto di "mobile". Non è semplice prevedere gli effetti di questi cambiamenti sulla nostra società e sul nostro

**FIGURA 2**

*Lo spazio semantico del mobile computing*

modo di vivere, in quanto la capacità di elaborare in movimento si sposa con una diffusione dei processi di elaborazione in apparati sempre nuovi. L'universo potenzialmente risultante è quindi enormemente differente da tutto ciò a cui siamo, in quanto specie, abituati. Può essere utile qui riflettere brevemente sulla dimensione storica del fenomeno.

La capacità distintiva degli umani di rappresentare il proprio ambiente esterno e interno è cominciata 2.000.000 di anni fa (ancor prima della nascita dell'*homo sapiens sapiens*) con le modificazioni biologiche che hanno portato allo sviluppo della laringe (possibilità di fonazione articolata) e della corteccia cerebrale. L'acquisizione del linguaggio, così come oggi lo intendiamo, è di circa 300.000 anni fa, e segna la prima tappa epocale della civilizzazione. È la nascita della cultura: per la prima volta le conoscenze apprese possono essere accumulate e trasmesse. Ma le culture orali producono tecnicamente un certo tipo di pensiero, che potremmo definire mitico/eroico, dalla forma che il pensiero deve assumere per poter ricordare e quindi trasmettere le rappresentazioni del mondo. All'incirca nel 3000 A.C. la nascita della scrittura segna un nuovo cambiamento epocale. Ora le rappresentazioni del mondo possono essere fissate su un supporto e trasmesse da una generazione ad un'altra senza che esista la necessità di un contatto diretto tra gli autori della rappresentazione e i loro lettori. Anche questa innovazione tecnologica ha mutato radicalmente il pensiero, che smette di essere mitico/eroico per diventare un pensiero logico/razionale. Un modo diverso di comprendere il mondo è ora possibile; ad esempio la scrittura rende possibile la nascita della matematica (impensabile in una società senza scrittura). Per quanto altre innovazioni tecnologiche abbiano contrassegnato la storia successiva (stampa, radio, televisione) nessuna di esse è dal punto di vista della civilizzazione, una tappa epocale. Certamente ognuna di esse ha avuto effetti importanti sullo sviluppo dei fatti del mondo, ma non ne ha mutato radicalmente il presupposto di fondo. Bisognerà aspettare la seconda metà del 1900 per la successiva tappa epocale, ovvero la nascita della elaborazione automatica. Ora le rappresentazioni sono elaborabili su un processore

artificiale oltre che raccontate, scritte, duplicate, fotografate, filmate, riprese mediante strumenti artificiali/naturali. È questa capacità di elaborazione che permette anche la comunicazione tra artefatti e quindi l'universo della comunicazione elettronica che cominciamo ad intravedere oggi. A noi che osserviamo il fenomeno essendone coinvolti come utenti, consumatori di tecnologie, comuni cittadini o esperti delle sue diverse sfaccettature, può essere utile considerare da questa prospettiva il fenomeno delle TIC (*Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione*). Ritornando infatti al *mobile computing*, esso appare in questa prospettiva come il dispiegarsi delle potenzialità insite nella elaborazione su processori artificiali. Tutto ciò avrà effetti profondi sul modo di pensare della specie anche se per ora non possiamo prevedere appieno la natura di questi effetti.

Da quanto detto, risulta chiaro come l'universo del *mobile computing* in tutta la sua estensione semantica è difficilmente sintetizzabile in un contributo singolo: lo spazio necessario supererebbe di gran lunga quello disponibile. Affronteremo quindi questa rassegna limitandoci agli aspetti innovativi che riguardano gli utilizzatori di apparati mobili, ovvero le conseguenze che il mondo mobile ha sugli utenti finali, con alcuni esempi di ambiti applicativi relativi all'uso di questi apparati. Pur con questa restrizione, l'estensione del lavoro rimarrebbe comunque molto ampia. Concentreremo quindi la nostra attenzione su una porzione di tali applicazioni, ovvero quelle che a nostro giudizio rappresentano esempi significativi di come il mondo del *mobile computing* stia cambiando il rapporto tra gli utenti finali e le tecnologie della computazione.

Il lavoro è organizzato come segue: il paragrafo 2 presenta una (necessariamente) breve rassegna delle applicazioni mobile. Il paragrafo 3 prende in considerazione le caratteristiche degli agenti software che nel campo del *mobile computing* contribuiscono all'elaborazione di informazioni *context sensitive*. Il paragrafo 4 presenta un settore in grande evidenza per il mondo mobile, ovvero il *mobile learning*, ampliando la nostra rassegna sugli ambiti applicativi *mobile* ritenuti interessanti per questa trattazione. Il paragrafo 5 presenta come approcci per la localizzazione

e personalizzazione delle informazioni basati su tecniche di profilatura dell'utente e rappresentazione ontologica del dominio applicativo possano essere utilizzati nel contesto del *mobile computing* per agevolare gli utenti nella ricerca di documenti. Alcune considerazioni finali concludono il lavoro.

## 2. L'UNIVERSO DELLE APPLICAZIONI MOBILI

Telefoni cellulari, computer portatili e Web stanno rapidamente diventando il sistema più utilizzato per essere sempre in stretto contatto con le idee e le attività che contano per noi. L'hardware e il software che si nascondono dietro questi processi non diventeranno mai invisibili, ma saranno sempre meno intrusivi, consentendo di focalizzare la nostra attenzione sui contenuti informativi veicolati. Ci stiamo servendo di questi nuovi strumenti di calcolo portatili per interagire con gli altri in modi che nessuno aveva previsto e non sarà facile separarci da tali strumenti. Al di là dell'aspetto puramente tecnologico, il successo del *mobile computing* è strettamente legato alla disponibilità di applicazioni per gli utenti finali. È noto, infatti, come il carburante per lo sviluppo di una nuova tecnologia sia rappresentato dal miglioramento delle condizioni di lavoro/vita/svago che l'utente trae dall'utilizzo di quelle tecnologie. La disponibilità di applicazioni da svolgere in mobilità o, anche solo in condizioni nomadiche costituisce quindi un fattore cruciale per questo settore: di recente, una serie di migrazioni tecnologiche ha consentito di migrare applicazioni tipicamente riservate al mondo dei computer verso gli apparati mobili. In generale, la progettazione e lo sviluppo di sistemi intelligenti nelle applicazioni informatiche odierne prevede la possibilità di fornire parte o tutti i servizi previsti anche su piattaforme mobili. Il *mobile computing* apre spazi di sviluppo praticamente in tutti i campi dove i computer possono essere utilizzati. È quindi del tutto prevedibile che in futuro qualunque sistema informatico prevederà come default la possibilità di interagire con utenti in movimento.

La possibilità di elaborare mentre i sistemi sono in movimento influenza maggiormente alcuni campi applicativi rispetto ad altri. A

ben vedere però, questo è dovuto soltanto ad una immaturità tecnologica: in linea di principio, tutti i sistemi informatici hanno degli utenti e questi ultimi hanno interesse a spostarsi nello spazio fisico senza rinunciare a interagire con sistemi di cui sono appunto utenti. Inoltre, molti oggetti di uso comune (macchine fotografiche, stampanti, cellulari ecc.) sono di fatto apparati di elaborazione. Tali apparati possono comunicare direttamente tra loro senza la mediazione di un computer general purpose. Esempi già disponibili sul mercato sono le macchine fotografiche digitali che si connettono direttamente alla stampante, oppure i pagamenti effettuati con il telefono cellulare verso distributori automatici di vario genere. Se consideriamo inoltre apparati con un alto grado di autonomia (robot capaci di muoversi autonomamente in uno spazio e di connettersi a sistemi di comunicazione), l'universo delle applicazioni ipotizzabili diviene talmente vasto da rendere difficile prevederne l'evoluzione, se non nelle sue linee essenziali. Queste prospettive vanno quindi ben oltre il classico slogan *anywhere, anytime, anyplace*. In linea di principio, agenti hardware o software potrebbero essere ovunque, liberi di muoversi nello spazio e di effettuare operazioni di elaborazione per nostro conto. In effetti, le sonde semoventi che negli anni scorsi sono state fatte atterrare su pianeti del sistema solare sono esempi di questa classe di robot. *Anywhere, anytime, anyplace* risulta quindi uno slogan riduttivo, perché non solo gli utenti possono muoversi nello spazio teoricamente (almeno per ora) anche i loro agenti robotizzati potrebbero perlustrare lo spazio in modo parallelo. Questo ragionamento porta a fare luce su un altro settore in grande espansione nel mondo del *mobile computing*, ovvero quello degli "agenti", di cui parleremo nella prossima sezione. Già oggi, per esempio, possiamo equipaggiare la nostra abitazione di campagna e il nostro appartamento in città con telecamera, e controllare il tutto dal nostro cellulare. Sicché mentre l'utente è in movimento, può controllare la situazione in due spazi fisici remoti. In altri termini, possiamo avere contemporaneamente la percezione di tre luoghi fisici diversi di cui due virtualizzati.

Anche la “domotica”, quindi, viene ad avere molti punti di contatto con il mondo del *mobile computing*: si veda, per esempio, [5] per una rassegna delle architetture *home-oriented* che consentono mobilità rispetto alla locazione fisica di dispositivi, adattatori, servizi e componenti chiave.

Come ogni innovazione tecnologica che estenda la capacità di comunicare e percepire, la mobilità continuerà ad avere in misura progressivamente crescente, effetti culturali, sociali, economici e giuridici difficilmente prevedibili. Un esempio concreto è rappresentato da un settore apparentemente lontano dal mondo tecnologico. Le questioni giuridiche connesse alla mobilità sono balzate alla ribalta quando ci si è chiesti, ai sensi della nuova normativa sul trattamento dei dati personali (D.lg. 196/2003), quali fossero le conseguenze relative all’uso delle telecamere dei cellulari in termini di *privacy*. Non è quindi difficile immaginare quali e quante questioni giuridiche si genererebbero se un robot che si comporti come un *avatar* (personaggio sintetico di mondi virtuali) andasse a spasso per una città trasmettendo al proprio utente immagini e suoni di vario genere. Citando ancora esempi di problemi legati alla disponibilità di informazioni sullo spazio e alla mobilità delle persone, si pensi alle recenti vicende legate al motore di ricerca Google™ e al suo servizio Google Earth. Il *mobile computing* e gli agenti consentono quindi di configurare ipotesi paradossali in cui il soggetto blocca la propria mobilità a favore di agenti software che suppliscono alla sua staticità con la *propria* mobilità, rendendo, di fatto, l’utente mobile solo virtualmente.

Analizzando il recente mercato del *mobile computing*, i campi applicativi maggiormente esplorati riguardano alcune aree quali:

- *mobile commerce*, area questa vastissima che comprende sia gli aspetti tecnologici, sia la creazione di modelli di business e prodotti specifici per il mobile-commerce;
- servizi di *location-based* con conseguente personalizzazione del servizio;
- *front-end* mobili per applicazioni aziendali tradizionali;
- *mobile health*, ovvero le applicazioni mobile applicate alla medicina e a tutte le sue componenti;

□ servizi legati all’apprendimento mediato da computer in situazioni nomadiche (*mobile learning*).

Sull’onda del miraggio dell’*e-commerce*, a fine anni ‘90 si cominciò a parlare di *mobile commerce*, prospettiva particolarmente interessante vista la crisi dell’*e-commerce* dovuta principalmente alla mancanza di dispositivi trasportabili e sicuri per effettuare micropagamenti. In questo caso, l’apparecchio mobile era rappresentato dal telefono cellulare, il quale poteva fornire con le sue capacità di calcolo adeguata potenza per gli algoritmi di crittografia e per la gestione della comunicazione sicura. Altrettanto esplorato il *mobile banking*, con un interesse prevalentemente monodirezionale, in consultazione di estratti conto, posizioni contabili oppure come strumento di ricezione di SMS a fronte di eventi sul proprio portafoglio. Ancora poco esplorata, in questo settore, la possibilità di passare ad effettuare operazioni o disposizioni attraverso l’apparecchio mobile.

I servizi di localizzazione e personalizzazione delle informazioni utilizzano tecniche di profilatura dell’utente assieme ad una rappresentazione ontologica del dominio applicativo; essi rispondono all’esigenza di agevolare gli utenti nella ricerca (anche *online*) di documenti, sia riducendo i tempi delle ricerche, sia razionalizzando i criteri della ricerca in relazione agli interessi degli utenti. Le tecnologie utilizzate per implementare tali servizi devono essere adeguate a gestire sia una struttura di attività sempre più distribuita logicamente e fisicamente, sia una tecnologia che diventa sempre più pervasiva e onnipresente nell’ambiente in cui gli utenti operano. Fra le tendenze più importanti, e forse inattese, nel campo delle applicazioni facciamo riferimento all’avvento del Web come piattaforma per il software sociale, e le relative estensioni nel mondo mobile. La lista delle applicazioni sociali è già impressionante. I primi esempi riguardano la messaggistica testuale verso telefoni e cercapersone, per arrivare ai servizi telefonici basati sulla commutazione di pacchetto, incluse le nuove reti *Voice Over IP* (VOIP), oppure all’area della gestione sociale della conoscenza, rappresentata in parte da siti di interconnettività sociale come

Friendster (<http://www.friendster.com/>), LinkedIn (<https://www.linkedin.com/>) o Ecademy (<http://www.ecademy.com/>). Si assiste cioè alla trasformazione dell'originario Web costituito da documenti statici in una raccolta di pagine che rappresentano interfacce aperte su piattaforme applicative. Questi servizi stanno moltiplicandosi così in fretta perché possono essere realizzati con l'aiuto di strumenti di programmazione e linguaggi condivisi e standardizzati, sviluppati per lo più nell'ambito della comunità dell'*open source*. Il settore degli agenti software intelligenti ha trovato nuova linfa proprio nel *mobile computing*: avendo un dispositivo con limitate capacità di calcolo e di connessione, l'idea di un agente al quale affidare una ricerca ed ottenere la segnalazione dei risultati sul dispositivo mobile è un campo di sperimentazione piuttosto affermato.

Anche per quanto riguarda i software tradizionali di comunicazione, le estensioni nel mobile sono ormai presenti in tutti i prodotti: gli ambienti di sviluppo dispongono di specifici *framework / template* per lo sviluppo di applicazioni per dispositivi mobili, oppure prevedono la trasportabilità delle applicazioni *desktop* verso mondi *mobile*. I requisiti precedentemente individuati come importanti nei campi applicativi esplorati (località, percezione, personalizzazione, comunicazione ecc.) sono tipicamente soddisfatti da modelli basati sugli "agenti". Il prossimo paragrafo analizza caratteristiche, limiti e possibilità di tale approccio.

L'ambito applicativo gestionale, ovvero quello legato alla gestione dei sistemi informativi aziendali, rappresenta il settore dove si è assistito al maggior sviluppo di applicazioni nel mondo mobile. In questo ambito, sostanzialmente si assiste alla creazione di estensioni delle parti più significative del sistema per l'utenza mobile in modo tale che gli utenti lontani dalla sede aziendale possano accedere al sistema informativo. Volendo presentare alcune tra le applicazioni di maggior successo che vedono il dispositivo mobile come strumento di accesso, possiamo elencare le seguenti macro-categorie applicative:

**a.** gestione posta elettronica, agenda, contatti, ovvero il dispositivo mobile come *per-*

*sonal organizer* connesso con il sistema informativo aziendale;

**b.** accesso al sistema di contabilità / ERP (*Enterprise Resource Planning*) / CRM (*Customer Relationship Management*) aziendale;

**c.** gestione ordini e ciclo passivo da remoto, specialmente per rappresentanti, agenti di commercio ecc.;

**d.** gestione vendite dettaglio / magazzino / ristorazione: particolarmente in evidenza il settore dell'impiego dei dispositivi mobili come terminali per la raccolta delle ordinazioni nei locali al pubblico;

**e.** controllo remoto apparecchiature, dalla diagnostica alla videosorveglianza.

L'ambito applicativo mobile legato alla medicina è principalmente strutturato da un lato sulla mobilità del medico, considerandolo come utente che necessita (al pari di altri utenti) di accedere alle informazioni contenute nel proprio sistema informativo mentre si trova lontano da esso (per esempio, consultazione di cartelle cliniche), dall'altro ci si interessa di mobilità in merito a tutto il problema della diagnostica remotizzata, o comunque effettuata con apparecchiature non fisse. Per certi versi, la mobilità diagnostica rappresenta (con le dovute proporzioni) un passaggio epocale che ha qualche similitudine con quello affine della portabilità dei computer. Immaginare di effettuare diagnosi computerizzate "sul campo", e quindi di portare le proprie apparecchiature medicali elettroniche con sé invece che dover portare il paziente presso la struttura dove l'apparecchiatura si trova, ha punti di contatto con la possibilità per l'utente di portarsi appresso il computer, invece che doversi muovere verso il luogo dove il computer si trova.

Per concludere questa rapida rassegna di alcuni dei settori applicativi mobile emergenti nell'ambito della ricerca applicativa, va detto che l'attenzione fino ad oggi è stata maggiormente dedicata agli aspetti prettamente tecnologici, legati all'hardware di dispositivo e di rete che consente la mobilità. Analizzando le riviste e le conferenze del settore, si nota una grande attenzione allo sviluppo delle infrastrutture di rete e di gestione delle reti mobili, allo sviluppo di protocolli, alla sicurezza, alla velocizzazione e miniaturizzazione dei dispositivi (si pensi all'attenzione dedicata dagli RFID e dalle

nanotecnologie), ai sensori, alle reti e ai relativi protocolli, alla gestione degli errori, alle reti veicolari, alle tecnologie per la fornitura di elettricità, alle tecnologie per i dispositivi di input/output, ai problemi di routing ecc..

Una attenzione minore è stata invece dedicata ai servizi (o almeno non sembra emergere la consapevolezza che essi vadano per certi versi riprogettati), al software, alle piattaforme di sviluppo, ma soprattutto ai modelli di sviluppo nel settore investito dall'ondata mobile. Citiamo due esempi significativi:

□ Nell'ambito del *mobile commerce*, i dispositivi sono tecnologicamente pronti per effettuare transazioni economiche, ma manca un'analisi raffinata sulla psicologia del consumatore, che ancora è restio a virtualizzare il proprio rapporto con il bene acquistato e/o con le conseguenti modalità di pagamento. In questo caso, le carenze sembrano essere prevalentemente strutturali del sistema economico/finanziario, legato alla sicurezza necessaria per effettuare transazioni economiche da dispositivi mobili.

□ Nell'ambito dell'*e-learning*, grande attenzione è tuttora dedicata all'idea di *mobile learning*, ma poco si è ancora fatto per capire se questo modello di apprendimento può essere efficace, e in quali forme. In questo caso, neanche la tecnologia è del tutto pronta, soprattutto in termini di dispositivi di input/output. Ripareremo di questo tema nel paragrafo 4.

### 3. IL PARADIGMA AD AGENTI PER IL SUPPORTO AL MOBILE COMPUTING

In questi ultimi anni numerosi sono gli esempi applicativi pratici dell'uso di un nuovo paradigma di sviluppo software denominato *Programmazione Orientata agli Agenti*. Tale paradigma nasce dalla fusione di alcuni concetti dell'intelligenza artificiale con la tecnologia degli oggetti distribuiti. Il paradigma ad agenti prevede la realizzazione di un'applicazione software come collezione di componenti, gli agenti appunto, autonome, proattive e comunicative. Le caratteristiche principali che permettono di descrivere un agente sono: la sua architettura, i ruoli che esso ricopre e le ontologie che esso conosce.

□ L'architettura determina il modo in cui l'agente pianifica le proprie strategie; essa è strettamente correlata al grado di autonomia, di reattività e di proattività dell'agente. Il modello architetturale di una applicazione realizzata con tecnologia ad agenti è intrinsecamente *peer-to-peer*, in quanto ogni agente è potenzialmente in grado di iniziare una comunicazione con ogni altro agente del sistema.

□ I ruoli determinano il tipo di interazione possibile fra gli agenti; determinano allora quali messaggi l'agente è in grado di ricevere e quali può trasmettere, nonché l'ordine con cui gestirli.

□ Infine, le ontologie servono a strutturare e rappresentare la conoscenza di ogni agente. In un contesto multi-agente è necessario gestire in maniera opportuna le possibili diverse ontologie, sia per il funzionamento del singolo agente che per lo scambio di informazioni fra gli agenti.

Individuare classi di agenti (cioè agenti che ricoprono gli stessi ruoli, hanno la stessa architettura e condividono le stesse ontologie) può essere di aiuto per la corretta analisi, ed il successivo sviluppo, di un'architettura ad agenti. I recenti domini applicativi in cui la tecnologia degli agenti mobili ha mostrato la sua efficacia vanno dalla gestione integrata di reti, di sistemi e di servizi, al supporto al *mobile computing*, dal commercio elettronico, al reperimento intelligente e pianificato di informazioni sul Web. La caratteristiche del paradigma ad agenti risultano infatti tali da fornire soluzioni appropriate in conseguenza della capacità degli agenti di migrare localmente verso la risorsa su cui operare e della loro asincronicità rispetto all'utente. Si può quindi dimostrare utile per realizzare interazioni remote robuste su reti non affidabili come quelle wireless e per ridurre il traffico sulla rete rispetto a una modalità rigida di tipo client/server. Analizziamo alcuni casi in cui un modello ad agenti mobili può essere efficientemente adottato.

□ Un'applicazione client/server in cui il client ha un numero limitato di interazioni con l'utente, mentre deve eseguire un numero elevato di interazioni con il server. In questo caso, il client potrebbe essere modellato come un *agente mobile* che si sposta nel nodo server, esegue localmente le interazioni e restituisce il risulta-

to, riducendo il carico della rete e quindi la latenza (le interazioni diventano locali).

□ Un'applicazione che deve periodicamente monitorare lo stato di un insieme di risorse remote. L'applicazione potrebbe essere un *agente mobile* che si sposta direttamente sui nodi dove si trovano le risorse e le interroga localmente restituendo gli eventi di interesse al gestore. La ricerca delle informazioni sul Web ricade in questa tipologia di applicazione; gli agenti potrebbero per esempio monitorare la pubblicazione on line di articoli scientifici in maniera asincrona ed autonoma alla ricerca di quelli di possibile interesse per l'utente. Inoltre, anziché esplorare Internet da un unico sito centralizzato, gli agenti potrebbero muoversi attivamente attraverso i vari siti www, riducendo il traffico di rete e gestendone la ripartizione del carico computazionale.

□ Un'applicazione per la gestione di una segreteria automatica che interroghi ciclicamente i membri di un gruppo di lavoro per fissare la data di un incontro.

Nello scenario degli agenti mobili non devono essere sottovalutati gli aspetti legati all'interoperabilità e quelli relativi alla sicurezza. Le specifiche per l'interoperabilità tra agenti realizzati da produttori diversi e con tecnologie diverse sono gestite a livello internazionale da FIPA (*Foundation for Intelligent Physical Agents*) (<http://www.fipa.org>), che definisce un linguaggio di comunicazione tra gli agenti detto ACL (*Agent Communication Language*) e le modalità di interazione fra gli agenti, senza entrare nello specifico della struttura interna di un agente.

I numerosi vantaggi descritti possono essere ottenuti, per esempio, nei casi applicativi sopra citati, campi in cui la tecnologia ad agenti mobili si preannuncia efficace; molto lavoro deve però ancora essere fatto per verificare queste possibilità in altri ambienti operativi. Uno dei maggiori ostacoli all'ampia diffusione del paradigma ad agenti è legato agli aspetti della sicurezza concernenti gli sviluppatori, gli amministratori e le informazioni in oggetto. Molti meccanismi di sicurezza sono stati proposti per affrontare i rischi di tipo agente/agente, agente/piattaforma e piattaforma/agente. Spesso però introducono vincoli nelle performance che possono anche annullare i benefici dell'utilizzo di agenti mobili. In particolare, un agente

software migra da un host ad un altro trasferendo codice, dati e informazioni relative al suo stato che gli permettono di recuperare l'esecuzione dal punto in cui essa era prima di lasciare l'host precedente. Durante la sua navigazione nella rete, l'agente è esposto ad attacchi e può essere fonte di attacchi verso altri. Alcuni fra i problemi che devono essere risolti riguardano la protezione dell'host verso agenti ostili e la protezione dell'agente verso host ostili [6]. Meccanismi tipo quelli di controllo degli accessi, protezione tramite password, e sand boxes permettono di risolvere il primo problema; il secondo appare più difficile. L'ambiente di esecuzione (*host*) ha generalmente il controllo pieno sul programma che si sta eseguendo, quindi per proteggere un agente mobile da *host* malintenzionati si deve ricorrere a *tamper-proof hardware*. Per esempio, Yee propone un approccio che usa coprocessore sicuro che esegue le elaborazioni critiche e memorizza le informazioni critiche in un registro sicuro. Altri approcci sono presenti [7].

#### 4. MOBILE COMPUTING PER E-LEARNING

La diffusione di dispositivi mobili nella società e nel mercato è ormai un dato di fatto che comporta una serie di conseguenze pratiche sulle organizzazioni e sugli individui assai rilevante. Anche il mondo della formazione, nelle sue varie espressioni, non è esente da queste conseguenze: molti individui, operatori di settore, ricercatori e organizzazioni stanno considerando i dispositivi mobili come strumenti potenzialmente utili per l'apprendimento e l'addestramento. I vantaggi di questo approccio alla formazione sono ovvi, per quanto abbiamo detto fino ad ora. La "edu-ubiquità", come potremmo definirla, rappresenta un aspetto allettante, soprattutto nel settore della formazione situata (*situated-learning*) e, in generale, nei contesti lavorativi. Contemporaneamente, l'applicazione di queste tecnologie all'apprendimento non è esente da aspetti problematici.

Questo campo di applicazione specifico per il *mobile computing* è ormai conosciuto come *mobile learning* [8]. La definizione di *mobile learning* è piuttosto semplice: la specializzazione dell'*e-learning* che si occupa del-

l'utilizzo di apparecchiature mobili (telefoni cellulari, *smartphones*, *Personal Digital Assistant* (PDA), *TabletPC* ecc.) nell'ambito dell'attività didattica. Ally [9] definisce come *mobile learning*, o *m-learning*, la distribuzione di materiale didattico elettronico su apparecchiature mobili per consentirne l'accesso da qualsiasi luogo in qualsiasi momento (*anytime-anywhere*). Va comunque tenuto conto che una generalizzazione completa non è (ancora) possibile: il panorama tecnologico dei dispositivi mobili è ancora troppo eterogeneo e in continua evoluzione, per poter configurare una visione unica della disciplina. Passiamo infatti da dispositivi cellulari dotati solamente di interfaccia WAP (*Wireless Application Protocol*, ovvero lo standard di comunicazione che permette la visualizzazione di contenuti multimediali su dispositivi portatili), a telefoni cellulari con accesso ad Internet, fino a PDA o a sub-notebook, senza contare la quantità di dispositivi ibridi che coniugano aspetti di *entertainment* con telefonia e computer.

Il *mobile learning* ha visto, come settore scientifico e come ormai accade da tempo per le discipline legate alle evoluzioni della tecnologia, l'avvento sul mercato delle prime soluzioni riguardanti specialmente i dispositivi palmari ancora *prima* che il mondo scientifico si fosse occupato a fondo della tematica, soprattutto in merito agli aspetti di fruizione di contenuti didattici "mobili" e ai modelli di apprendimento legati a questo settore. Abbiamo assistito inizialmente ad una diffusione di prodotti formativi per i *Personal Digital Assistants* (PDA), nella forma prevalente di materiali didattici semplicemente adattati dalla rispettiva versione per PC, e dall'altro allo studio di aspetti legati principalmente all'elettronica e alle telecomunicazioni. Sui due problemi (a nostro giudizio) centrali, ovvero contenuti specifici per il mondo mobile e modelli di apprendimento "mobile", esistono ancora alcuni punti interrogativi, ed una certa carenza di esperienze e analisi da parte del mondo scientifico. È probabile che pochi si siano ancora avventurati in sperimentazioni approfondite e originali, intendendo con questo termine esperienze che non siano derivazioni di ambienti didattici computerizzati provenienti dalle tradizio-

nali esperienze e-learning, *Computer Based Training* (CBT), *Web-Based Training* (WBT) e via dicendo. Questo ritardo può avere una serie di motivazioni:

- i costi di sperimentazione, legati alla disponibilità presso l'utenza di dispositivi adeguati alla fruizione di contenuti didattici mobili;
- i costi di connessione, particolarmente elevati a tutt'oggi per contenuti multimediali (specialmente se visti dalla prospettiva di uno studente);
- la presenza di oggettive limitazioni hardware, non ancora completamente risolte. Principalmente, come vedremo, trattasi di disponibilità di strumenti di input e di output adeguati. Si può comunque notare che la ricerca nell'ambito del *mobile learning* è particolarmente estesa, anche se molto orientata agli aspetti hardware: per esempio, l'*Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE, l'organismo americano che emette le specifiche IEEE) pubblica una rivista prestigiosa solo in questo ambito, *IEEE Transaction on Mobile Computing*. Troviamo lavori che spaziano dagli ambiti legati alle tecnologie mobili e alle periferiche hardware, fino alle teorie dell'apprendimento mediato da strumentazioni mobili passando per il mondo delle telecomunicazioni, la miniaturizzazione e gli aspetti legati ad onde, frequenze e campi. Per dare una idea della vastità dei temi, riportiamo nella tabella 2 la fusione degli argomenti principali di tre recenti conferenze mondiali (*World conference on m-learning -MLearn 2004, 2005* e la prossima 2006) sul tema del *mobile learning*. Come si può notare, il settore riflette praticamente tutti i temi tipici dell'*e-learning*, con l'aggiunta di alcuni aspetti maggiormente legati al rapporto tra tecnologia mobile e apprendimento.

Il *mobile learning*, come si faceva cenno, è però affetto da alcuni problemi strutturali, legati a doppio filo a quanto in realtà tutto il settore del *mobile computing* presenta, ma che l'apprendimento legato all'uso di questi dispositivi per certi versi amplifica. Ne presentiamo di seguito una sintesi:

- Per elaborare elementi multimediali, molto efficaci nella formazione mobile, è necessaria potenza di elaborazione: dopo fasi in cui le applicazioni multimediali erano limitate da questo fattore, la situazione sta rapidamente

ML 2004	ML 2005	ML 2006
○ Accessibility and mobility	• From pilot projects to mainstream implementation: strategies for the large-scale deployment of m-Learning	• Building and implementing m-Learning strategies in educational institutions, corporations and government
○ Ambient intelligence	• Mobile technology to support open and distance learning (ODL)	• Case studies in m-Learning
○ Ambient learning	• M-Learning and mobile technology applications in teaching and learning	• Cost effective management of m-Learning processes
○ Intermittently connected learners	• Mobile technology for student and learning support	• Creating interactive and collaborative m-Learning environments
○ Blended learning	• Mobile technology for educator and teaching support	• Emerging hardware and software for m-Learning
○ Contextual learning	• Assessment techniques and practices in m-Learning	• Evaluation in m-Learning
○ Informal and lifelong learning	• Design and development of learning material for m-Learning	• Implementing m-Learning
○ Development of content/teaching materials	• Informal and lifelong learning with the aid of mobile technology	• Informal learning using mobile devices
○ Development of international standards	• Challenges for m-Learning in developing countries	• Instructional design for m-Learning
○ Innovation in concept, design and pedagogy	• Building and implementing m-Learning Strategies in Educational Institutions, Companies and Public Sector Organisations	• Intelligent agents for learning
○ Learning management systems	• Effective and efficient management of m-Learning processes	• Learning objects and metadata for m-Learning
○ Researching/evaluating mobile learning	• M-Learning management systems (mLMSs)	• Mass personalization and socialization
○ Situated collaborative learning	• Creating interactive and collaborative m-Learning environments	• M-Learning and mTraining
○ Supporting and engaging the mobile learner	• Future trends in m-Learning technology, including the impact of emerging technologies	• m-Learning in developing countries
○ Architecture of Context Aware Learning Technology Systems	• Emerging hardware and software for m-Learning	• m-Learning management systems (mLMSs)
○ Mobile spaces for learning communities	• Mass individualisation	• m-Learning: the next generation
○ Learning methodologies	• Improving the quality of m-Learning through evaluation; including mobile assessment and certification	• m-Learning: theory and pedagogy
○ Instructional design theories	• M-Learning as a tool for social change	• Open and distance learning (ODL) using mobile devices
○ Ad hoc networks for organisational learning	• Ambient intelligence and ambient learning	• Quality in m-Learning
○ Learning objects and metadata for mobile learning	• Innovation in learning theory and pedagogy	• Social implications of m-Learning
○ Mobile learning applications	• Learning objects and metadata for m-Learning	• Student support in m-Learning

**TABELLA 2***Temi delle conferenze mondiali su m-learning*

0

cambiando. Ormai la convergenza tra telefonia, contenuti, informatica e telecomunicazioni trova il suo punto d'incontro proprio in questo settore, ed è per questo che troviamo grandi investimenti da parte dei costruttori hardware verso i prodotti mobili. La soluzione di questi problemi passa anche per la miniaturizzazione, forse l'aspetto più evidente del progresso tecnologico in atto. È comunque chiaro che la miniaturizzazione nel settore del *mobile learning* non può spingersi molto in là, pena incidere sull'ergonomia dell'apparecchio mobile. È indubbio che potremmo avere dispositivi mobili più piccoli (si pensi alle nano-tecnologie, agli RFID ecc.), ma oltre certi limiti ergonomici non è possibile spingersi.

1

0

□ Un altro aspetto cruciale delle tecnologie mobili è la durata delle batterie. Questo elemento rappresenta la contropartita principale della miniaturizzazione: è importante una riduzione consistente di potenza assorbita dal dispositivo, e quindi una maggiore durata delle batterie. Le migliori pile all'idruro di nickel-metallo, agli ioni di litio e al polimero di ioni di litio riescono a garantire una autonomia ad un computer portatile per un massimo di otto-dieci ore, e ad un telefonino per cinque ore di conversazione continua. In questo settore, notizie incoraggianti vengono comunque dal campo della chimica, dove la continua evoluzione nelle capacità di accumulo della carica elettrica fa intravedere un futuro più appetibile per la mobilità. Le pile di combustibile compatte potrebbero quadruplicare i tempi citati, ma non verranno distribuite in massa prima del 2010.

1

0

□ Le limitazioni hardware relative ai dispositivi di I/O. Questo tema rappresenta forse il freno più importante per l'evoluzione del mercato, soprattutto proprio nel settore del *mobile learning*. Le limitazioni riguardano sia i dispositivi di input che di output.

1

0

Per il versante dell'input, alla cronica e ovvia carenza di spazio per tastiere *full-size* si sono accompagnate nel tempo soluzioni di vario tipo. Innanzitutto, soluzioni software come la compilazione intelligente di parole (come lo standard T9), oppure la visualizzazione di tastiere sullo schermo da utilizzare con penne o stilo. Abbiamo poi una notevole inventiva nel campo dei dispositivi di input esterni, che vanno dalla tradizionale tastiera *full-size* (ma-

gari pieghevole), alle più recenti tastiere olografiche nelle quali, come in un normale ologramma, l'immagine di una tastiera reale viene incisa su una pellicola di plastica. Quando la pellicola è attraversata dalla luce, l'immagine della tastiera viene proiettata verso l'esterno, dando l'illusione di avere di fronte un oggetto tridimensionale e quindi "reale". Nell'ambito di soluzioni già disponibili su larga scala, troviamo le tastiere "virtuali" create da semplici proiezioni laser in luce rossa su un piano. Tutte queste soluzioni presentano aspetti positivi e negativi piuttosto evidenti, dall'ingombro del trasporto alla non sempre perfetta applicabilità delle soluzioni di proiezione in presenza di utenti mobili per la necessità di avere a disposizione un piano su cui proiettare la tastiera. Qualche successo stanno riscuotendo dispositivi che integrano nativamente tastiere *full-qwerty*, quindi tutti i tasti necessari già disponibili senza aggiunte, estensioni o emulazioni, anche se questa certo non è una soluzione soddisfacente per chi ha necessità di usare a lungo una tastiera. Forse l'input vocale potrà costituire una ragionevole alternativa ai tradizionali strumenti di input, ma questo è legato alla potenza di calcolo del dispositivo stesso e allo sviluppo di algoritmi di *voice recognition* compatibili con le caratteristiche dei dispositivi mobili (ambienti dal rumore di fondo intrinsecamente non controllabile).

Per il versante dell'output, la disponibilità di schermi piccoli rappresenta una grossa limitazione alla fruizione dei contenuti, ma qui la situazione sta cambiando: il mercato comincia ad accettare dispositivi poco ingombranti, o perlomeno la miniaturizzazione dell'apparato mobile si è fermata di fronte a limiti oggettivi. In apparecchiature mobili attuali, cominciano a diffondersi schermi molto luminosi, retroilluminati, con contrasti elevati per visibilità in situazioni di luce difficili, che raggiungono la risoluzione di 640x480 pixel, ovvero la risoluzione VGA che tanto ha contribuito all'avvio delle applicazioni grafiche nel mondo PC. Una risoluzione VGA su uno schermo di pochi pollici rappresenta un ottimo compromesso tra un moderno schermo di computer e gli attuali schermi dei telefoni cellulari in quali è praticamente impossibile la fruizione di contenuti multimediali. Si può

quindi affermare che le capacità differenti e condizionanti una applicazione estesa del *mobile learning* derivano dalle diverse disponibilità di schermi, e dalla capacità di utilizzo di strumenti di input come tastiere o stilo, con relativi programmi di riconoscimento della scrittura a mano. L'ambito dell'apprendimento su dispositivi mobili è infatti molto legato alla qualità e alle performance di questi dispositivi di input / output.

□ La progettazione dell'interfaccia uomo/macchina. Quest'ultima è ancora scadevole. Ciò è dovuto ad un mix tra esigenze legate alla telefonia e la disponibilità di un dispositivo con caratteristiche e software tipici di un computer. Il rapporto tra l'anima "telefono" e quella "computer" di un dispositivo mobile è ancora tutto da chiarire, e gli apparecchi ibridi (come le varie *Phone Edition* di certi PDA) non sempre brillano di usabilità per l'utenza finale: spesso una delle due anime è privilegiata rispetto all'altra. La progettazione dell'interfaccia risente di altri limiti importanti, legati al punto precedentemente affrontato di disponibilità o meno di certe risoluzioni per gli schermi da un lato, e di dispositivi di input adeguati dall'altro. Con schermi VGA e tastiere *full-qwerty*, la progettazione dell'interfaccia è completamente diversa rispetto all'attuale panorama offerto dagli apparecchi mobili.

□ I problemi relativi alla connessione alla rete. Si tratta di problemi che riguardano i costi e le modalità di tariffazione, la garanzia di qualità e continuità di servizio (*Quality Of Service*, QOS), la gestione delle infrastrutture, la larghezza di banda disponibile, la relativa copertura ecc.. Molto si sta facendo per la parte più tecnologica di questa classe di problemi, ma altrettanta strada resta da fare, soprattutto se vista in un'ottica di *mobile learning*: si pensi solo al versante delle tariffe per la formazione di utenti mobili che volessero fruire di contenuti multimediali. È evidente che, ad oggi, questo tipo di servizio è quasi utopistico non tanto per questioni tecnologiche (o per lo meno, non come causa primaria), ma principalmente per problemi di sostenibilità dei relativi costi. Una istituzione accademica, per esempio, potrebbe attuare delle sperimentazioni di questi servizi su piccoli numeri di utenti, ma nel momento in cui

si dovesse estendere la sperimentazione all'intera utenza dell'Ateneo, le modalità di tariffazione risulterebbero insostenibili per i singoli utenti o per l'Ateneo stesso (qualora si facesse carico dell'intero traffico di rete necessario per erogare contenuti multimediali su mobile). Esistono limitate sperimentazioni in questo senso, spesso però legate a finanziamenti provenienti da progetti europei o a sponsorizzazioni non estendibili su scala nazionale. Se poi passiamo alla formazione primaria e secondaria, la situazione attuale del mercato delle telecomunicazioni mobili non permette di immaginare a breve una diffusione del *mobile learning* in questi ambiti. Un altro problema significativo nel *mobile learning* riguarda la produzione di materiali didattici specificamente progettati e costruiti per questi dispositivi. Da molti studiosi viene rilevata una carenza cronica di progettazione dei cosiddetti *learning objects* specifici per l'ambito mobile [10]. I formatori tendenzialmente dovrebbero progettare materiali didattici non più soltanto per i tradizionali computer, ma adeguare la loro progettazione assecondando o adattando la propria didattica alle oggettive limitazioni di tali dispositivi. La progettazione di materiali didattici per dispositivi mobili è quindi solo in parte assimilabile alle tecniche note nel mondo della formazione a distanza o assistita/mediata da computer. Per i motivi già citati legati ai dispositivi di input / output, alle condizioni ambientali, ai fattori di tempo e di copertura di connessione, la progettazione e realizzazione di materiali didattici mobili dovrebbe seguire le specificità di questa disciplina. Si pensi soltanto alla produzione di testi, alla scelta delle modalità di esposizione dei concetti, alla frammentazione dei contenuti nei *chunk* di un prodotto didattico multimediale. I testi, i ritmi della lezione, gli spazi, le immagini, la frammentazione dei contenuti, in generale i contenuti stessi andrebbero quindi pensati specificamente per il mondo mobile, in modo diverso da quanto accade per l'*e-learning* tradizionale. È ancora frequente l'errore da parte dei docenti di "riciclare" su dispositivi mobili il materiale didattico preparato per schermi normali. Oltre a ciò, normalmente i materiali didattici sono sviluppati in *chunks* che mal si adattano al *mobile learning*.

Un altro filone di ricerca applicata in merito alla questione dei materiali didattici mobile si è orientato alla creazione di strumenti di conversione/ adattamento di materiali didattici pensati per dispositivi computerizzati standard verso dispositivi mobili. Il discorso si fa ovviamente diverso nel caso in cui il *learning object* sia in formato web/puro testo e se sia strutturato in un qualche standard (per esempio, *Sharable Content Object Reference Model* (SCORM)) [11], oppure (come spesso accade) se il contenuto didattico originale sia in un formato proprietario (PowerPoint, PDF, Tex ecc.). La strada seguita è comunque quella di una comunicazione client/server tra dispositivo e piattaforma di gestione dell'*e-learning* (*Learning Management System*), dove il device informa il server in merito alle proprie caratteristiche hardware. In questo senso, esistono alcune esperienze riguardo il *Resource Description Framework* (RDF), in particolare il *Composite Capabilities/Preferences Profile* [12], che è promosso dal W3C come standard di comunicazione per poter scambiare caratteristiche delle apparecchiature e preferenze utente. Gaedke et al. [13] hanno proposto un approccio per automatizzare la conversione del contenuto Web in formato mobile, mentre Castellanos et al. [14] propongono uno schema generale di comunicazione per consentire a dispositivi come i PDA e i telefoni cellulari di scaricare risorse da librerie digitali (*Digital Libraries*, DL). Per quanto riguarda contenuti in formato proprietario, viene proposto [15] un sistema adattativo per i contenuti in grado di decidere la versione ottimale di contenuto per la presentazione e la migliore strategia per derivare quella versione, attraverso un prototipo per l'adattamento di documentazione in formato PDF. Sicuramente, la strada dell'integrazione tra contenuti sviluppati per il mondo desktop e dispositivi mobili passa per il linguaggio XML, ora che anche i dispositivi mobili iniziano a disporre di potenze di calcolo tali da elaborare in tempi ragionevoli lunghi *stream* testuali. In particolare, per i contenuti multimediali [16], l'integrazione con SMIL [17], uno standard XML *content-oriented* ormai giunto alla versione 2.0, consente di prevedere sviluppi interessanti, soprattutto in considera-

zione della futura conversione dei formati proprietari (Microsoft Office innanzitutto) verso il mondo degli standard aperti basati su XML. Rimane comunque evidente la necessità, per i dispositivi mobili, di:

- aumentare la potenza di calcolo al fine di garantire performance adeguate alla visione di contenuti multimediali,
- avere in dotazione tecnologie *wireless* ad alta velocità, al fine di scaricare velocemente tali contenuti che diventano sempre più ingombranti,
- disporre di sufficiente memoria per l'archiviazione di questi materiali.

Esistono molte sperimentazioni con gli SMS [18, 19, 20] con la consultazione di pagine *web mobile*, oppure con l'integrazione tra messaggistica disponibile sul dispositivo mobile e sistema centrale.

Un altro settore dove le tecnologie mobile e sistemi di *e-learning* si incontrano è sul fronte della valutazione: quiz e test si prestano bene alle limitazioni dei dispositivi mobili e soprattutto alla loro caratteristica principale, ovvero *anytime anywhere*. La possibilità per il discente di autovalutarsi nelle situazioni spazio-temporali più disparate rappresenta un elemento di sicuro impatto per questi dispositivi.

Esistono anche strette connessioni tra il tema dell'apprendere in condizioni nomadiche e la localizzazione del soggetto attraverso il *Global Positioning System* (GPS) o altre tecniche satellitari o *wireless*. Questo aspetto, definito *situated learning*, ha delle prospettive molto interessanti soprattutto per il mondo lavorativo. L'esempio tipico riguarda il lavoratore posto di fronte ad un intervento di assistenza di un macchinario, quando necessita di un apprendimento "in loco" in quanto non dispone di tutte le informazioni necessarie per riconoscere il contesto, il cliente o il macchinario, e la disponibilità di un server da cui scaricare materiale informativo atto a risolvere la situazione. Se si vuole estendere il concetto, è evidente che anche le sempre più frequenti esperienze di visite turistiche guidate con dispositivi mobili *context-aware* può rappresentare una forma di apprendimento estendibile a molti contesti.

Per concludere questa panoramica, non possiamo dimenticare come esistano problemi

specifici legati ai modelli formativi mobili, ovvero come cambia la didattica e l'apprendimento a causa dell'utilizzo di questi strumenti, e alle modalità fisiche con cui i soggetti (docenti e discenti) erogano e acquisiscono formazione [21]. Si apprende usando dispositivi mobili? Quale tipo di apprendimento si verifica? Esistono modelli di apprendimento diversi? [22, 23, 24]. Sicuramente le tecnologie mobili costituiscono una grande occasione per lo sviluppo di nuovi scenari formativi, e i problemi legati specificamente agli aspetti hardware e alle prestazioni saranno sicuramente superati nel prossimo futuro. Parte degli interrogativi rimangono invece sulla definizione del modello cognitivo legato al *mobile learning* da un lato, e a certi aspetti connessi con il bisogno "antropologico" di comunicazione degli esseri umani legato alla formazione a distanza in generale, ma sicuramente acuito dalla mobilità del fruitore del servizio.

## 5. LOCALIZZAZIONE E PRESENTAZIONE DI INFORMAZIONI NEL MOBILE COMPUTING

Nell'area dei sistemi per il reperimento e l'accesso all'informazione riveste un ruolo strategico l'analisi, la progettazione e la realizzazione di strumenti innovativi ed efficaci per l'accesso e la distribuzione personalizzata dell'informazione attraverso le reti mobili. Mediante tali strumenti è possibile portare all'attenzione degli utenti informazioni selezionate, il cui interesse è assicurato da processi automatici in grado di valutare quando e quanto un'informazione corrisponde agli effettivi bisogni informativi dell'utente, minimizzando così la quantità di informazione inutile cui ciascun utente viene esposto. Quando poi il dispositivo utilizzato è di tipo mobile, le limitazioni della rete e dei dispositivi giocano un ruolo importante. In particolare, in base anche alle caratteristiche del dispositivo, serve adattare opportunamente l'interfaccia, a livello grafico e di contenuti, con corrispondente cambiamento della quantità di informazione presentata. Proveremo a fare una rapida sintesi delle applicazioni che si stanno sviluppando in questa direzione, con la consapevolezza che tale sintesi sarà certamente riduttiva e limitata.

La georeferenziazione del soggetto, dell'apparato mobile o di entrambi, ovvero la localizzazione del soggetto o del dispositivo apre prospettive di sviluppo di applicazioni molto interessanti, anche se solleva questioni in merito alla privacy dell'individuo e al rapporto tra informazione georeferenziata e sicurezza / trattamento dell'informazione stessa. Volendo analizzare la localizzazione per quanto di positivo propone, possiamo partire dagli ambiti legati all'*e-government*, ovvero al rapporto tra cittadino e amministrazione pubblica mediato attraverso le ICT. Si assiste con sempre maggiore frequenza ad esperienze di *mobile-government* (*m-government*), ovvero servizi che vengono erogati dalle amministrazioni pubbliche ai cittadini attraverso strumenti di *mobile computing*.

Tra i tanti esempi, citiamo il portale *mobile-city.org*, creato dalla città di Brema, per fornire servizi ed applicazioni mobili a cittadini, piccole-medie imprese e sanità pubblica. Lo scopo è quello di sperimentare vari modelli di business e di servizi su dispositivi mobili (PDA e telefoni cellulari). Sempre in questo ambito, troviamo varie esperienze di *m-government* orientate all'acquisto di biglietti per fruire di servizi pubblici di vario genere attraverso il cellulare, come per esempio quanto avviato dal comune di Francoforte o da Vienna e altre città austriache. In Olanda, la localizzazione e il mondo del *m-government* si incontrano nell'ambito delle piattaforme per i servizi per la Polizia, dove georeferenziazione e localizzazione del singolo agente attraverso *smartphone* consente l'accesso ai servizi di consultazione di mappe, gestione e trasmissione dei verbali, multe, rilievi ecc.. Va certamente ricordata una delle esperienze pilota in questo ambito, ovvero il progetto NOMAD (<http://www.projectnomad.org.uk/>), progetto per lo sviluppo dei servizi di *m-government* il cui obiettivo è quello di intervenire sulla produttività dei dipendenti pubblici che si trovano in situazioni di mobilità, cercando di incrementare la loro efficienza. Con il motto *Efficiency on the Move*, troviamo sperimentazioni sui senior manager pubblici (gestione posta elettronica su dispositivi mobili), l'invio da parte di pubblici ufficiali di dati ed immagini relativi ad incidenti ed infrazioni stradali, il supporto agli ispettori pubblici, una serie di iniziative che puntano alla flessibilità

del rapporto di lavoro attraverso il telelavoro. Nelle Filippine, Paese che ha detenuto di recente il record mondiale di utilizzo di SMS e di penetrazione dei dispositivi mobile rispetto ad Internet ([http://www.ndu.edu/irmc/elearning/newletters/newletters\\_pdf/itto6o3.pdf](http://www.ndu.edu/irmc/elearning/newletters/newletters_pdf/itto6o3.pdf)), sono stati di recente avviati progetti di *m-government* che spaziano dalle esperienze di *citizen participation* (segnalazione via SMS di qualsiasi problema di ordine pubblico o di infrazione; servizio che ha avuto successo al punto che nei primi sei mesi di sperimentazione sono state ricevute in media ben 29.000 messaggi giornalieri), al progetto che mira a ridurre drasticamente, attraverso i dispositivi mobili, i tempi di riscossione e pagamento di tasse, tributi, dazi doganali ecc.. Esistono poi, anche in Italia, esperienze di *mobile government* che, sfruttando la localizzazione e la mobilità, consentono di fornire servizi di utilità pubblica di *alerting* (esempio, in presenza di calamità), informazioni meteorologiche e sulle condizioni del traffico, *reminder* di scadenze fiscali e tributarie, avvisi di entrata in vigore di normative ecc..

Grande successo stanno ottenendo tutti i dispositivi basati sul sistema satellitare GPS. Dai palmari ai sistemi antifurto, da impianti singoli per i PC all'abbinamento con sistemi di navigazione stradale da usare sui veicoli, i dispositivi GPS stanno aggiungendo alla mobilità, intesa come libertà di movimento nello spazio, un nuovo elemento solo apparentemente banale, ovvero la precisione di localizzazione nello spazio del dispositivo e del soggetto qualora egli lo detenga. Elemento chiave di queste applicazioni risultano essere le mappe digitalizzate, ormai dotate di livelli di precisione interessanti, e di interi team di operatori che provvedono al loro aggiornamento, qualora il servizio di georeferenziazione si traduca in guide stradali. Quindi non solo il soggetto è mobile, ma sa anche dove si trova esattamente, dove sta andando e dove può andare. L'arricchimento dei navigatori satellitari con cartine georeferenziate sempre più precise e aggiornate, con caratteristiche sempre più sofisticate e ricche di informazioni, crea una forte attenzione del mercato (consumer, prevalentemente) verso questo settore, e di conseguenza un fiorire di applicazioni nei settori più disparati.

Esistono o sono in fase avanzata di sperimentazione (per esempio, in Provincia di Trento) sistemi di trasporto pubblico in cui l'acquisto dei biglietti avviene via internet e cellulari. Il biglietto viene inviato sul cellulare del passeggero ed il pagamento viene ottenuto attraverso un addebito diretto allo stesso prezzo del sistema cartaceo. Il mezzo di trasporto è costantemente georeferenziato attraverso connessioni GPS: la sua posizione viene sfruttata dal sistema informativo di controllo del traffico nel trasporto pubblico, che comunica in tempo reale le caratteristiche, la posizione, i tempi di arrivo del mezzo ai cittadini che attendono alla fermata. Inoltre, grazie alla mobilità e alla connettività del mezzo di trasporto, informazioni sia di pagamenti effettuati, sia di diagnostica del mezzo, sia comunicazioni vocali tra personale a bordo e centro di controllo garantiscono, grazie alle tecnologie *mobile*, una totale integrazione tra mezzo in movimento e sistema informativo.

La gestione delle flotte in tempo reale grazie alle tecnologie *mobile* rappresenta una preziosa opportunità non solo per il mondo del trasporto pubblico, ma anche e soprattutto nel mondo della logistica, dove è importante effettuare il tracking esatto, per esempio, del pacco spedito, del cargo in navigazione, del prodotto attualmente in viaggio, del container nel porto ecc.. Le esperienze delle grandi compagnie di autotrasporto, oppure i sistemi di tracciamento del pacco adottato dai corrieri internazionali, sono solo alcuni esempi del potenziale che questo settore potrà esprimere nell'immediato futuro. Si consideri, pur nelle polemiche nate dalla loro adozione, anche il potenziale di strumenti di identificazione molto compatti e facilmente installabili come gli RFID. Queste tecnologie, grazie alla loro ridotta dimensione e quindi alla loro mobilità, aprono scenari di identificazione/autenticazione/autorizzazione molto interessanti: si va dalle Smart Card ai problemi di *ticketing*, alla etichettatura di prodotti o animali, alla gestione dell'identificazione dei capi nelle lavanderie, alla gestione della catena di produzione (dove è il prodotto che si identifica rispetto al nastro trasportatore), a strumenti di sicurezza legati a dispositivi anti-rapina, all'identificazione di veicoli per il pagamento di

pedaggi, fino alla gestione degli accessi delle persone agli spazi.

Un'altra classe di applicazioni correlata alla localizzazione e alla presentazione di informazioni all'utente è rappresentata dalle applicazioni gestionali nell'ambito medico. L'azienda sanitaria può implementare un sistema informativo per la gestione dei dati clinici che utilizza dispositivi di comunicazione mobile all'interno di un processo di cura dei pazienti non localizzati in ospedale. Anche i medici stessi, nella mobilità ristretta di un reparto ospedaliero, possono trarre vantaggio dai dispositivi mobili per la consultazione del sistema informativo, la scheda del paziente che hanno di fronte, i dati degli esami effettuati in tempo reale. Da *mobile health* (o *m-health*) a *mobile care*, ovvero personale infermieristico e paramedico (in ospedale o presso l'abitazione del paziente) in grado di accedere attraverso dispositivo mobile a tutte le informazioni cliniche, acquisendo on-line i dati del paziente. Le tecnologie mobile in questo settore si possono spingere fino alla creazione di una piattaforma distribuita di *mobile-procurement*, per accelerare i tempi di approvvigionamento dei farmaci.

Molto apprezzato e diffuso, anche se con dispositivi non sempre tecnologicamente avanzati, risulta essere l'ambito delle applicazioni turistiche correlate con il mondo del *mobile computing*. In questo contesto va precisata la possibilità di implementare nuovi servizi per i dispositivi mobili che integrano un chip per la ricezione del GPS, cioè quei servizi in cui la localizzazione automatica della posizione dell'utente può essere utile per privilegiare la presentazione di contenuti correlati spazialmente e/o logicamente al luogo in cui ci si trova. Per esempio, potremmo leggere la recensione di un ristorante mentre gli passiamo accanto, o visitare un monumento leggendo fotografie e commenti lasciati da altri e prelevati dalla Rete.

Esistono ormai molte esperienze di guide multimediali evolute, utilizzate nell'ambito dei musei, esposizioni, fiere ecc., dove il servizio di localizzazione dell'utente si rapporta con la presentazione di informazioni relative al luogo dove l'utente si trova fisicamente. Di fronte ad un quadro, per esempio, riceverò sul dispositivo mobile una scheda relativa al-

l'opera, commenti sulla stessa di diversi critici, dettagli, biografia dell'autore ecc.. L'ulteriore possibile integrazione di mappe territoriali permetterebbe la generazione di percorsi e di itinerari personalizzati sia in base alla posizione in cui si trova l'utente, che alle sue caratteristiche.

Sempre nell'ambito turistico, troviamo applicazioni che forniscono informazioni (tipicamente sulla disponibilità ricettiva) dell'area in cui si trovano utenti georeferenziati (sistemazioni, eventi, attrazioni ecc.), filtrando i contenuti sulla base delle caratteristiche dell'utente, del dispositivo utilizzato e del contesto di interazione.

L'idea di utilizzare un approccio semantico per la rappresentazione del dominio applicativo su dispositivi mobili anche nel caso di informazioni georeferenziate è frutto di studi e di investimenti di risorse da parte di una larga fetta della comunità scientifica ed imprenditoriale. Se pensiamo al world wide web, da tempo ci si è mossi per adeguare il mondo delle tecnologie a disposizione degli sviluppatori verso il *mobile computing*. Il W3C ha da qualche anno illustrato l'architettura su cui si dovrebbe basare questa nuova generazione del web. Essenzialmente sono stati individuati tre livelli ai quali corrispondono tre nuovi standard indicati come "*Recommendation*": XML, RDF e OWL.

XML mantiene tutte le potenzialità espositive dell'HTML ma consente di definire nuovi *tag* con cui delineare la semantica delle risorse contenute all'interno della pagina.

Il *Resource Description Framework* (RDF) è la struttura ideata e proposta dal W3C per la descrizione delle informazioni all'interno dei metadati. RDF si basa sul linguaggio XML e fornisce un modello per la creazione di dichiarazioni *risorsa-proprietà-valore* con cui definire la risorsa in maniera che un software apposito possa riconoscerla. RDF, inoltre, essendo essenzialmente codice XML, può essere incorporato direttamente all'interno di qualsiasi risorsa; XMP di Adobe™ è, ad esempio, uno strumento che consente di aggiungere metadati basati su RDF alla maggior parte dei formati di file supportati dalle applicazioni che Adobe sviluppa. I valori delle proprietà possono, inoltre, essere a loro volta risorse, creando così meccanismi di de-

finizioni a cascata che agevolano il riuso del codice e l'integrazione dei dati. Le proprietà e le risorse utilizzate all'interno di RDF devono essere univoche per essere comprese senza ambiguità da applicazioni software. I meccanismi appena illustrati permettono però agli autori una forte personalizzazione della semantica; da un lato questo è necessario per mantenere la scalabilità e l'indipendenza del web, dall'altro rappresenta però un problema per quanto concerne l'interoperabilità dei sistemi. Manca una base di conoscenza comune a cui le applicazioni software possano fare riferimento. In questo contesto si inserisce OWL e più in generale a livello delle ontologie. All'interno di un'ontologia vengono definiti i concetti e le relazioni che intercorrono fra essi, appartenenti ad un determinato dominio, modellandoli in maniera *machine-understandable*. Per garantire l'unicità del significato di una risorsa si rende quindi necessario fare riferimento, all'interno dei metadati, ad una o più ontologie. Per standardizzare anche questa caratteristica del semantic web è stato proposto dal W3C OWL. OWL permette di definire, istanziare ed estendere ontologie ottimizzate per il web fornendo tutta una serie di *features* e di vincoli.

Se opportunamente arricchiti con strumenti e meccanismi, gli agenti software sono in grado di interoperare fra loro utilizzando gli aspetti semantici dei dati, cioè di produrre e consumare servizi ed informazioni semanticamente annotate. Lo scenario in cui ci si trova a dover lavorare per integrare i sistemi multiagenti con le tecniche del Semantic Web è spesso caratterizzato da differenti tecniche di modellazione della conoscenza del dominio e da differenti necessità. Da una parte, i più recenti sviluppi nei linguaggi standard legati alle ontologie, dall'altra, la popolarità di Java per lo sviluppo di sistemi multiagente portano alla necessità di avere una rappresentazione delle informazioni più in linea con il modello object-oriented. Per esempio, in [25] viene proposto un approccio alla gestione delle ontologie a due livelli: il primo, incluso in ogni singolo agente, fornisce un supporto distribuito per importare ontologie OWL come una gerarchia di classi *object-oriented*, e uno o più agenti dedicati, chiamati *ontology servers*, che forniscono

una gestione più espressiva ed efficace, poiché centralizzata, delle ontologie condivise agli agenti del sistema.

Recentemente, l'integrazione dei sistemi multiagente e delle tecniche legate al web semantico trovano applicazione negli ambienti intelligenti per l'apprendimento; un esempio interessante si trova in [26]. Uno dei vantaggi, derivante dal disporre di agenti in grado di comprendere il significato delle nostre richieste, è quello della selezione delle informazioni. In effetti, il problema principale dell'organizzazione attuale delle informazioni non è quello del reperimento di materiale bensì della sua selezione. Il Web Semantico offre un supporto agli agenti autonomi per identificare il dominio ontologico di riferimento, in modo da poter filtrare tutte le informazioni non inerenti a tale dominio. I motori di ricerca tradizionali trarrebbero da questa organizzazione enormi vantaggi, in quanto potrebbero indicizzare le risorse in base al loro reale contenuto, e non più sulla base di parole chiave le cui problematiche e limiti sono già stati descritti. Tutte le risorse che ora non sono direttamente reperibili, in quanto costituenti il Web profondo, potrebbero finalmente comunicare tra loro, creando una vera e propria interconnessione tra risorse molteplici; offrendo la possibilità agli utenti di navigare non tra le risorse (le foglie) ma tra i concetti (i rami).

Tramite l'uso degli agenti è possibile velocemente e facilmente fare accesso a specifici dati non strutturati da intranet e siti web, anche protetti da password, inserendo informazioni al nostro posto, ricercando termini, cliccando su link, così come automaticamente visitare siti e restituire risultati in real time. Gli utenti possono per esempio personalizzare la sottoscrizione ad un sito di *news* scegliendo quanto spesso ricevere i dati e tramite quale mezzo. Le informazioni possono essere posizionate in fogli elettronici o database, oppure pubblicate tipo *newsletter*. I dati possono essere spediti organizzando liste di posta elettronica.

Estrarre informazioni da un documento significa dover eseguire sul testo una quantità di operazioni atte alla individuazione, selezione e "disambiguazione" dei termini. Alcune delle parole contenute all'interno di un documento

possono essere considerate come non indispensabili; per dare un senso a quello che si legge si possono eliminare alcune forme grammaticali, come ad esempio articoli e preposizioni. Per esempio, si possono prendere in considerazione solo i nomi ed i verbi, termini che più di tutti gli altri determinano il senso di uno scritto. Gli strumenti per il *Natural Language Processing*, le ontologie e le tecniche di *word sense disambiguation* opportunamente integrate permettono di costruire sistemi ad agenti orientati alla localizzazione e personalizzazione nel reperimento di informazioni.

La necessità di determinare il grado di similarità semantica fra due concetti è un problema che ha occupato un numero sempre maggiore di ricercatori in linguistica computazionale. Questo tipo di misurazioni vengono utilizzate in una numerosa quantità di applicazioni, dal *text summarization* all'*information extraction and retrieval*. Ricerche recenti prendono in considerazione due tipi di misurazioni per il calcolo della similarità fra due concetti: la *semantic distance* in cui si calcola la distanza fra due concetti all'interno di una rete lessicale e la *semantic relatedness*, un approccio più generale perché fra due entità vengono considerate non solo la loro somiglianza di significato ma anche altri tipi di relazioni come la meronimia o l'antonimia. In [27] vengono proposte tecniche ed algoritmi per il calcolo della similarità ed il modello utilizzato per la rappresentazione dei documenti che considera i concetti espressi e non i semplici termini contenuti in una risorsa testuale e le relazioni che intercorrono fra essi.

## 6. CONCLUSIONI E DIREZIONI FUTURE

In questo lavoro abbiamo cercato di dimostrare come il *mobile computing* modifichi radicalmente, in virtù della capacità di eseguire elaborazioni su apparati in movimento, la percezione utente dei processi di elaborazione e di comunicazione. Il concetto di "mobile" è davvero molto vasto e abbraccia ambiti tra loro diversi ma spesso accomunati, a volte impropriamente: si può parlare infatti di "nomadicità", ovvero la possibilità di collegarsi da fermo con un terminale alla rete nelle aree coperte da segnale opportuno (come per esem-

pio, nell'ambito del WiFi o del futuro WiMAX), ma si può estendere il concetto anche alla "portabilità" (impiego di un terminale ma nell'ambito di soggetti fermi o in movimento a bassa velocità, come i pedoni). Infine, il concetto di "mobilità" nella sua accezione più specifica si aggancia alla vera mobilità del soggetto, indipendentemente dalla velocità con cui il soggetto si sposta (almeno nei limiti attuali della tecnologia, ovvero 250 km/h).

Nell'articolo sono state evidenziate le molteplici applicazioni che si aprono nell'ambito dei sistemi informativi, ma soprattutto nell'ambito del quotidiano vivere dei soggetti e del loro modo di interagire/comunicare con altri soggetti. Ormai gli utenti sono molto attenti alle evoluzioni in questo settore, spesso però soltanto qualora esistano vantaggi evidenti non solo per il proprio lavoro, ma anche e soprattutto per la propria vita quotidiana: si pensi solo alle implicazioni del *mobile computing* sui servizi sanitari, sull'istruzione, sul contatto multimediale con persone lontane, sul sistema dei pagamenti di beni/servizi e via dicendo, da cui ben si comprende come alcuni studiosi abbiano addirittura coniato il termine *mobile life* proprio ad indicare la pervasività delle tecnologie mobili nel nostro vivere quotidiano.

Nell'ambito di questo panorama variegato, ci siamo concentrati sugli aspetti legati a due tra le molte applicazioni che attraggono l'attenzione degli operatori e degli utenti per il prossimo futuro: da un lato la possibilità di utilizzare i dispositivi mobili per attività legate all'apprendimento (*mobile learning*), e dall'altro alle applicazioni legate alla localizzazione e alla presentazione contestualizzata di informazioni. Sono due tra i molti esempi di direzioni future nello sviluppo di questo settore, molto legato alla tecnologia e ai suoi avanzamenti, ma altrettanto condizionato dalla reale utilità di queste tecnologie nell'ambito lavorativo, personale, sociale.

## Riferimenti

- [1] Satyanarayanan M.: Pervasive computing: vision and challenges. *IEEE Personal Communications*, Vol. 8, n. 4, April 2001, p. 10-17.
- [2] Weiser M.: *The computer for the 21st century*. Scientific American, September 1991.

- [3] Geier J.: *Wireless LANs Implementing High Performance IEEE 802.11 Networks* (2-nd ed.). Indiana: Sams Publishing, 2002.
- [4] *Mobile Business: un'opportunità per un sistema di imprese in profonda trasformazione*. Primo Osservatorio sul Mobile Business in Italia, 2005, Assinform - School of Management Politecnico di Milano.
- [5] Lucenius J., Suomalainen J., Ventola P.: *Implementing Mobile Access to Heterogeneous Home Environment, HOIT 2003*. The Networked Home and the Home of the Future Conference, April 6-8, 2003, Newport Beach, CA (USA).
- [6] Sander T., Tschudin C.: *Protecting Mobile Agents Against Malicious Hosts*. In: Vigna G., editor, *Mobile Agent Security*, 1988, p. 44-60. Springer-Verlag: Heidelberg, Germany.
- [7] Lee H., Foss J., Harrison S.: *The Use of Encrypted Functions for Mobile Agent Security*. Proceedings of the 37-th Hawaii International Conference on System Sciences, 2004.
- [8] Waycott J.: *An Investigation into the Use of Mobile Computing Devices as Tools for Supporting Learning and Workplace Activities*. 5-th Human Centred Technology Postgraduate Workshop (HCT-2001), Brighton, UK, September 2001, available online at <http://www.cogs.susx.ac.uk/lab/hct/hctw2001/papers/waycott.pdf>
- [9] Ally M.: *Using learning theories to design instruction for mobile learning devices*. Proceedings of the Mobile Learning 2004 International Conference, Rome, 2004.
- [10] Sharples M., Corlett D., Westmancott, O.: The Design and Implementation of a Mobile Learning Resource. *Personal Ubiquitous Comput.* Vol. 6, n. 3, (Jan. 2002), p. 220-234. DOI= <http://dx.doi.org/10.1007/s007790200021>
- [11] Wang T., Chang H., Sie Y., Chan K., Tzou M., Shih T. K.: *Reading SCORM compliant multimedia courses using heterogeneous pervasive devices*. In Proceedings of the 13-th Annual ACM international Conference on Multimedia (Hilton, Singapore, November 06 - 11, 2005). MULTIMEDIA '05. ACM Press, New York, NY, 806-807. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1101149.1101325>
- [12] CC/PP: At <http://www.w3.org/Mobile/CCPP/>, 25 June 2005.
- [13] Gaedke M., Beigl M., Gellersen H-W, Segor C.: *Web Content Delivery to Heterogeneous Mobile Platforms*. University of Karlsruhe, At <http://www.teco.edu/~gaedke/paper/1998-lncs1552.pdf>, June 12, 2005.
- [14] Castellanos N., Sanchez J.A.: PoPS: Mobile Access to Digital Library Resources. *JCDL*, Vol. 01, 2003, p. 184.
- [15] Lum W-Y & F.C.M. Lau: *A Context-Aware Decision Engine for Content Adaptation*. IEEE Pervasive Computing, July-September 2002, p. 41-49.
- [16] Rodrigo Arias., Grete Pasch, Matthias Reichenbach: *XML saves the day: Porting a Rich-Media Collection to a Mobile Platform in Three Weeks Flat*. M-learn 2005, 4-th World Conference on Mobile Learning, 25 - 28 October 2005, Cape Town, South Africa.
- [17] Ayars Jeff, et al.: editors. 2005. Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL 2.0) - [Second Edition]. Available at: [www.w3.org/TR/smil20/](http://www.w3.org/TR/smil20/)
- [18] Garner I., Francis J., Wales K.: *An Evaluation of the Implementation of a Short Messaging System (SMS) to Support Undergraduate Students*. Proceedings of the European Workshop on Mobile and Contextual Learning, p. 15-18, Birmingham, UK, June 2002.
- [19] Stone A., Briggs J., Smith C.: *SMS and Interactivity - Some Results from the Field, and its Implications on Effective Uses of Mobile Technologies in Education*. Proc. of IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE 2002), p. 147-151, Växjö, Sweden, August 2002
- [20] Colazzo L., Molinari A., Ronchetti M.: *Integrating Mobile Devices in a multi-platform Learning Management System using web services*. In Proc ED-MEDIA 2005-World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, Montreal, Canada, 29 jun-2 jul 2005.
- [21] Divitini M., Haugalokken O.K., Norevik P.: *Improving communication through mobile technologies: Which possibilities?*. Proc. of IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE 2002), p. 86-90, Växjö, Sweden, August 2002.
- [22] Kukulka-Hulme A.: *Cognitive, Ergonomic and Affective Aspects of PDA Use for Learning*. Proceedings of the European Workshop on Mobile and Contextual Learning, p. 32-33, Birmingham, UK, June 2002.
- [23] Andronico A., Carbonaro A., Colazzo L., Molinari A.: *Personalization Services for Learning Management Systems in Mobile Settings*. Special issue on the Theme "Adaptivity in Web and Mobile Learning Services", International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning, Vol. 14 - Issue 4/5 - 2004, p. 353-369 (ISSN 1560-4624).
- [24] Traxler J.: *Evaluating m-learning*. Proceedings of the European Workshop on Mobile and Contextual Learning, p. 63-64, Birmingham, UK, June 2002
- [25] Tomaiuolo M., Turci P., Bergenti F., Poggi A.: *An Ontology Support for Semantic Aware Agents*. 7-th International Workshop on Agent-Oriented Information Systems (AOIS), The Netherlands, 2005.

- [26] Huang W., Eze E., Webster D.: *Integrating Semantics of Multi-Media Resources and Processes in e-Learning*. To appear in ACM/Springer Journal on Multimedia Systems, Special Issue on Educational Multimedia Systems, 2005.
- [27] Carbonaro A., Ferrini R.: *Considering semantic abilities to improve a Web-Based Distance Learning System*. ACM International Workshop on Combining Intelligent and Adaptive Hypermedia Methods/Techniques in Web-based Education Systems, 2005.

ANTONELLA CARBONARO è professore associato di Informatica presso il Dipartimento di Scienze dell'Informazione dell'Università di Bologna. Nel 1992 ottiene la laurea in Informatica e nel 1997 termina il dottorato di ricerca su Sistemi Artificiali Intelligenti presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Ancona. Dal 1997 al 1999 riceve una borsa di ricerca sul tema Intelligenza Artificiale. I suoi interessi di ricerca riguardano la personalizzazione ed i servizi basati sul contenuto nel campo del data e knowledge mining e degli ambienti di apprendimento, ad esempio, per recuperare, filtrare e classificare automaticamente contenuti digitali.  
E-mail: carbonar@csr.unibo.it

LUIGI COLAZZO è professore di Database Management e Multimedia alla Facoltà di Economia dell'Università di Trento. I suoi interessi scientifici e di ricerca sono nell'area dei sistemi per il recupero dell'informazione, delle architetture software per il Data Base Knowledge Discovery e dei sistemi per il supporto alla cooperazione (CSCW). Dal 1989 il suo lavoro è orientato all'uso di sistemi Web ipermediali per il supporto alle attività didattiche. E' membro di diverse associazioni quali IEEE, ACM, AACE, e AICA.  
E-mail colazzo@cs.unitn.it

ANDREA MOLINARI è consulente aziendale e docente universitario a contratto nell'ambito dell'Information & Communication Technology. Svolge attività didattica presso la Facoltà di Ingegneria e la Facoltà di Economia dell'Università di Trento, e presso la facoltà di Computer Science della Libera Università di Bolzano. Si occupa di ricerca nell'ambito delle tecnologie informatiche avanzate applicate ai sistemi informativi aziendali, in particolare nel settore delle applicazioni Internet e dell'e-learning. Dal 1988 si occupa di multimedialità e ipermedia, con varie collaborazioni a livello nazionale ed internazionale. Relatore in varie conferenze e tavole rotonde sul tema, ha approfondito maggiormente gli aspetti legati all'utilizzo delle nuove tecnologie nell'ambito dell'e-learning. Dal 2002 si occupa di sperimentazioni nell'ambito del mobile learning, in particolare occupandosi di far evolvere un tradizionale Learning Management System verso un sistema per la gestione di comunità virtuali di apprendimento.  
E-mail amolinar@cs.unitn.it