

COMPUTER MOBILI PER LA GESTIONE DEI DATI DI SCAVO

1. INTRODUZIONE

In questo lavoro presentiamo un progetto dedicato al supporto in tempo reale all'attività di scavo sul sito e a organizzare il lavoro in collaborazione con ricercatori remoti utilizzando Internet. Allo scopo è stata realizzata in sede sperimentale (Poliochni-Grecia) una LAN wireless connessa ad una rete cablata di tipo tradizionale, entrambe operanti sul sito, ed una connessione alla rete Internet. La rete integra un'unità mobile (Telxon PTC) ad una rete locale cablata di tipo ethernet, tramite un Access Point Aironet 630 (Radiohub). La rete locale cablata è composta al minimo da un PC o una WorkStation con Windows NT e Lotus Notes Domino per la gestione di attività groupware. Essa prevede un collegamento a stazioni remote situate in università o musei ospitanti ricercatori interessati a cooperare alle operazioni di scavo dai computer remoti in tempo reale.

Gli archeologi sul campo possono utilizzare le unità mobili per effettuare l'acquisizione di dati alfanumerici, disegnare oggetti direttamente sullo schermo dell'unità mobile o inviare fotografie ed altri dati acquisiti tramite opportune interfacce (seriale, parallela, PCMCIA, ecc.) che connettono le unità mobili con apparecchiature di acquisizione dati.

L'utilizzo di sistemi di calcolo in un ambiente quale uno scavo archeologico pone diversi problemi, innanzitutto all'hardware: pioggia, polvere, temperature relativamente alte o basse mettono a dura prova le macchine tradizionalmente usate in laboratorio.

Per questo motivo, si possono trovare numerosi software in grado di assistere il lavoro archeologico in un laboratorio o in un museo, quali basi di dati in grado di catalogare i reperti, o programmi per analizzare fotografie aeree in modo da individuare nuove aree di scavo. In realtà quello che non è ancora comunemente disponibile è una collezione di strumenti software che assistano l'archeologo dall'inizio del lavoro di scavo fino alla pubblicazione dei risultati, e che siano in grado di ottimizzare le attività di comunicazione che causerebbero altrimenti considerevoli sprechi di tempo per mancanza del necessario coordinamento.

Ad esempio, le attività sul campo che possono servirsi del sistema che presentiamo sono:

- localizzare un reperto nel corso di uno scavo: coordinate bidimensionali, profondità, posizione relativa agli altri reperti;
- disegnare uno schizzo del reperto, annotandone colore, materiale, prime impressioni su possibili interpretazioni come utilizzo, periodo ecc.;

- comunicare il ritrovamento ai colleghi situati alla base, trasmettendo ogni informazione, compreso lo schizzo o una foto digitale, in tempo reale;
- consultare, in caso di necessità, una base dati relativa ai ritrovamenti pregressi.

Inoltre, in un momento successivo, che potrà anche essere al ritorno dal campo, quando si dovrà predisporre un rapporto sullo scavo, i dati raccolti si troveranno già memorizzati in forma digitale e saranno pronti per essere inclusi nei moduli ministeriali, o aggiunti alle basi dati esistenti.

Il sistema, che abbiamo chiamato RAMSES (Remote Archeological Mobile Support Enhanced System) consente quindi di risparmiare tempo sia durante il lavoro sul campo, che al termine della campagna, quando si tratta di analizzare il lavoro svolto.

È già disponibile un prototipo di RAMSES, che utilizza una rete di computer mobili basati su penna magnetica. Gli archeologi sullo scavo possono comunicare per mezzo di testi e disegni verso una stazione fissa, situata nei pressi, e da lì via Internet con qualsiasi altro sistema. L'idea nasce da una collaborazione internamente all'Università di Genova, tra ricercatori dei Dipartimenti di Archeologia (DARFICLET) e Informatica (DISI), inizialmente pensata per essere sperimentata, in collaborazione con la Scuola archeologica Italiana di Atene, sul sito di Poliochni nell'isola di Lemnos (Grecia). Il sistema, nell'estate del 1998, è stato collaudato in tale sito rilevando alcuni manufatti; è ovviamente anche possibile utilizzarlo in altre località di scavo (TINÉ *et al.* 1997).

Nel resto del lavoro si descrivono le caratteristiche della rete wireless presente sul sito; quindi si illustrano le funzionalità delle due componenti software, rispettivamente presenti sul computer mobile e sulla stazione fissa. Si esamina quindi in dettaglio la fase di comunicazione tra i due sistemi.

2. SISTEMI WIRELESS E BASATI SU PENNA PER ARCHEOLOGIA SUL CAMPO

I computer portatili (laptop) consentono di lavorare “a tavolino” in luoghi diversi (ad esempio, a casa e in ufficio) e per questo motivo consentono già adesso di trasferire potenzialità elaborative nei pressi di un'area di scavo. Un sistema come Syslat (SYSLAT 1995) è, infatti, già disponibile su tali configurazioni. Connessioni tramite telefono cellulare ad Internet sono possibili ma, anche con le più recenti GSM Dual Band ed Iridium, la banda di trasmissione risulta troppo stretta per un'interazione anche visuale (trasmissione di immagini e disegni).

L'uso di una rete di comunicazione in area di scavo richiede quindi un sistema wireless, cioè “senza fili” (è impossibile cablare uno scavo con cavi di corrente elettrica e telefonici, anche se sovente nei pressi dello scavo tali connessioni sono comunque disponibili), quale una connessione via radio. In

questo caso sorgono però problemi di costi, di ampiezza di banda e di affidabilità, che rendono inutilizzabile gran parte del software pensato per una rete cablata tradizionale: si pensi ad esempio a file system distribuiti, basi di dati, e applicativi client/server in generale. Si devono quindi riadattare le applicazioni esistenti all'uso su rete wireless, ma si possono anche progettare di nuove, come quella che abbiamo realizzato per i nuovi scenari applicativi.

Oltre alla connettività mobile, una rete sul luogo di scavo deve affrontare comunque anche il problema dell'operatività in un ambiente intrinsecamente "ostile", quale quello all'aria aperta. Il computer deve funzionare anche sotto la pioggia, con polvere sollevata dal vento, con temperature elevate o molto basse: sono situazioni che danneggerebbero ben presto un normale portatile. Non si trascuri inoltre la difficoltà d'utilizzo di una tastiera e un mouse o trackball stando in piedi o comunque non comodamente seduti. Infine, il peso del computer, principalmente dovuto alla batteria, può facilmente diventare eccessivo.

Questo secondo genere di problemi può essere risolto da un dispositivo dotato di penna magnetica in grado di "scrivere" su uno schermo a cristalli liquidi a prova d'urto. La penna può sostituire banalmente il mouse per selezionare da un menù, disegnare ecc.; inoltre, per riconoscere un testo manoscritto sono ormai disponibili diversi sistemi software. Un'introduzione a queste tecnologie è presentata in JERNEY 1994.

3. RETI WIRELESS ALL'APERTO

Vi sono già diverse tecnologie utilizzabili per lavorare in rete all'aperto. Possiamo fare riferimento, ad esempio, alle tecnologie cellulari, ai satelliti, o a sistemi basati su radiofrequenze. Si può quindi già parlare di "air-awareness" (TELXON CORPORATION), cioè è possibile essere sempre on-line e accedere a qualsiasi informazione dovunque ci si trovi. Lo scenario di milioni di utenti mobili della rete, già previsto qualche anno fa (IMIELINSKI, BADRINATH 1994), si sta velocemente realizzando. Per la nostra applicazione, sia i sistemi cellulari sia i sistemi per radiotrasmissioni a pacchetto si sono dimostrati inadeguati. Infatti, le possibilità di trasmissione di immagini fotografiche o disegni sono rese impossibili dalle basse capacità di memorizzazione e dalla ristrettezza della banda disponibile. Inoltre, al momento, le legislazioni vigenti nei vari stati si basano su standards differenti e rendono praticamente irrealizzabile un sistema, hardware e software, utilizzabile dovunque.

Tecnologie come Dual band GSM ed Iridium erano già previste quando il progetto partì, nel 1996, e sono diventate attualmente disponibili: tuttavia, la banda supportata non supera i 20 Kbps ed è quindi troppo ristretta. Le connessioni veloci via satellite non sono state prese in considerazione per la ristretta copertura delle aree archeologiche da parte di tali satelliti. Perciò,

abbiamo analizzato i dispositivi per comunicazione via radio, cercando fra di essi quelli che potessero essere operativi ovunque, senza bisogno di ottenere licenze specifiche per l'occupazione delle frequenze. Il sistema che abbiamo scelto è la tecnologia Frequency Hopping Spread Spectrum, che consente:

- comunicazioni ad alta velocità (fino a 2Mbps);
- collegamenti sufficientemente sicuri ed affidabili;
- basso consumo delle batterie;
- nessuna necessità di ripetitori entro circa 2 km di raggio dal trasmettitore;
- nessuna licenza richiesta, neppure per trasmissioni in aree militari.

In particolare, per la nostra applicazione si è ritenuto che la maggior parte delle aree di scavo potesse essere raggiunta senza ripetitori ausiliari, misurando meno di 2 km di raggio; questa limitazione è però compensata dall'elevata velocità di trasmissione raggiungibile, che consente la trasmissione d'informazioni "grafiche".

La Fig. 1 mostra lo scenario possibile in un'area di scavo. Si identificano tre tipi di sistemi: host fissi, sistemi di supporto alla mobilità (MSS) e computer mobili (MU). I sistemi MSS sono workstation con interfaccia radio verso i computer mobili ed eventualmente una seconda interfaccia (cablata o anche essa via radio) verso una rete geografica, tipicamente Internet. Una rete wireless, formata da una o più stazioni fisse e due o più computer mobili connessi in radiofrequenza, è sufficiente per la maggior parte degli scavi. I sistemi fissi possono essere installati in edifici vicini all'area di scavo, e si connettono ad Internet via cavo telefonico o eventualmente satellite.

Gli studiosi informatici di reti mobili hanno identificato diversi problemi tipici:

- localizzazione dell'utente: cosa succede ad un utente mobile che mentre opera in rete "passa" da una MSS ad un'altra adiacente?
- mancanza di connessione: cosa succede quando l'utente giunge in un'area non coperta dal segnale radio?
- localizzazione delle informazioni (AHSON, MAHGOUB 1998): i dati sono mantenuti sulla stazione fissa o sui computer mobili? Nel primo caso sono memorizzati una sola volta per tutti gli utenti, nel secondo caso vanno replicati.

Vediamo qui di seguito quali problemi si presentano e come si possono risolvere nella rete mobile sopra illustrata.

Posizionando opportunamente il sistema in modo che l'area di scavo sia interamente visibile, può bastare una sola MSS a coprire uno scavo. In questo modo si evitano i problemi di localizzazione degli utenti mobili, o comunque, se fossero necessarie più MSS, il loro numero limitato li risolverebbe rapidamente. Inoltre, gli utenti mobili si spostano nell'area di scavo a piedi, per cui eseguono transazioni in posizione relativamente fissa. Potrebbe invece sorgere il problema di mancanza temporanea di connessione (KISTLER,

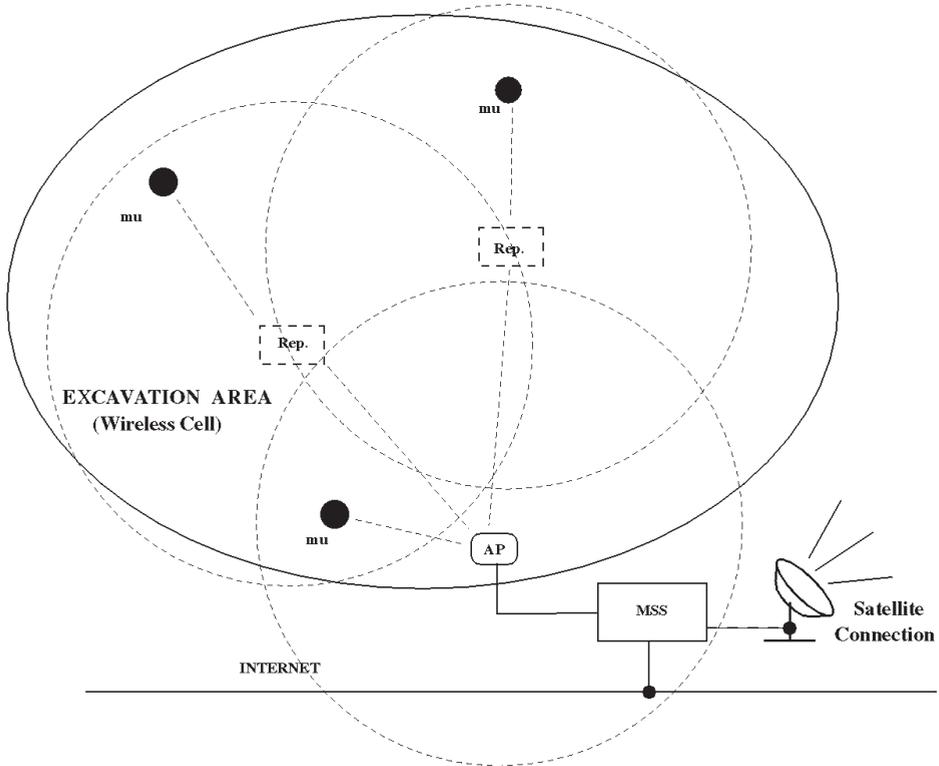


Fig. 1 – Un sito archeologico e la sua rete wireless.

SATYANARAYANAN 1992), se l'archeologo si sposta in una zona inaccessibile, ad esempio sottoterra.

Per ovviare a questo inconveniente, ogni MU ha una grande capacità di memorizzazione locale: può quindi consentire di lavorare sui dati presenti localmente. L'accesso a dati presenti sulla stazione fissa è relativamente poco frequente ed avviene solitamente su richiesta specifica dell'utente: in tal caso però si trasferisce una mole di dati considerevole. Il caso tipico è quello di un'acquisizione dati remota; ciò avviene collegando al computer mobile un dispositivo periferico apposito, quale ad esempio un GPS, una macchina fotografica digitale, un metal detector.

I dispositivi che abbiamo usato sono:

– come computer mobile un sistema Telxon PTC 1134, con sistema operativo Windows For Pen 3.11. Il software su tale sistema è stato sviluppato usando librerie grafiche e C++ (in versione 16-bit): le capacità di calcolo limitate hanno imposto di ottimizzarne le prestazioni, mantenendo comunque la com-

patibilità verso l'alto per estensioni sempre possibili su computer a 32 bit. Tale software è completamente operativo, i sistemi mobili comunicano in rete wireless sia con messaggi asincroni (tipo posta elettronica) sia emulando una memoria condivisa (directory e file condivisi);

- come sistema fisso PC Pentium e stazioni Alpha, con Windows NT e Lotus Notes per memorizzare informazioni condivise;
- come supporto di rete wireless ARLAN Aironet Access Point, tra le stazioni fisse ed i computer mobili, basati sul protocollo IEEE 802.1d Spanning Tree, ormai uno standard industriale.

4. ARCHEO: IL SOFTWARE SUL SISTEMA MOBILE

Per comprendere meglio le funzionalità di un computer mobile in area di scavo, esaminiamo la situazione classica. L'archeologo solitamente prende appunti su un taccuino, ovvero porta con sé carta e penna. Questi taccuini contengono così una registrazione fedele, sovente l'unica possibile, di ciò che avviene sullo scavo, man mano che esso procede. Da tali annotazioni si estraggono successivamente i dati che confluiscono nel rapporto di scavo; in altre parole, si copia dal taccuino una parte del suo contenuto e la si organizza in un documento rivolto alla comunità scientifica, all'ente finanziatore ecc.

Sia lo scavo sia i rapporti ufficiali sono organizzati secondo una gerarchia basata su informazioni "topografiche". L'unità più grande che si considera è il sito, un'area di dimensioni variabili, anche molto estese. Non potendo svolgere scavi in tutto il sito contemporaneamente, si selezionano aree in cui lo scavo è attivo, detti saggi. Se possibile, un saggio ha come oggetto una porzione del sito, come un edificio, che ha carattere unitario. A sua volta un saggio si può dividere in settori, la cui forma e dimensione è guidata dall'interpretazione che se ne dà, ad esempio una stanza entro un edificio, o semplicemente è una porzione conveniente dell'area di interesse. All'interno di un settore si identificano diverse unità stratigrafiche, ciascuna costituente l'unità elementare di informazione archeologica, e la base delle successive catalogazioni. Le unità stratigrafiche possono avere un volume positivo (es. un muro) o essere semplicemente un profilo o una sezione (es. un pavimento su cui si trovano alcuni reperti).

Attraverso un'interpretazione a posteriori, le unità stratigrafiche possono venire aggregate per formare una struttura detta contesto: ad esempio, un contesto potrebbe essere un piccolo edificio, composto dai quattro muri perimetrali. Altre relazioni che possono sussistere tra le unità stratigrafiche sono:

- spaziali: sopra, sotto, all'interno, e così via;
- di sequenza temporale, riferita all'epoca di scavo: un muro è stato scavato nella campagna 1996, un altro nel 1997;

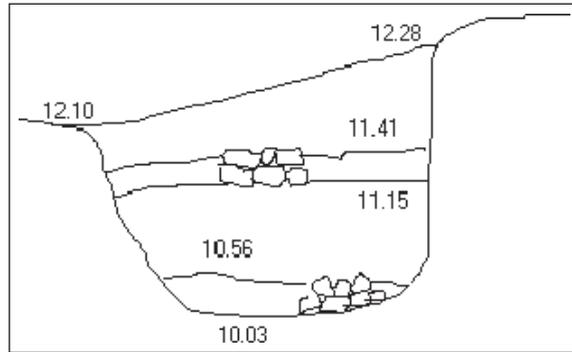


Fig. 2 – Una sezione di scavo.

– stratigrafiche, riferite all’epoca di origine: precedenti, successive, contemporanee.

Nella Fig. 2 mostriamo una tipica sezione di scavo, come potrebbe essere ricostruita da alcune unità stratigrafiche.

Un saggio è solitamente marcato da una griglia regolare, quadrata, di circa 2-3 metri di lato, che identifica l’area in cui scavare. Ogni riquadro nella griglia è considerato separatamente ed è quindi suddiviso in riquadri più piccoli, tipicamente di 30 cm di lato, marcati con cordicelle. In questo modo è relativamente semplice identificare con precisione la posizione dei reperti al livello corrente. Terminata l’ispezione del livello corrente, si rimuove uno strato di terreno, lo si setaccia, e quindi si ricostruisce la griglia al livello più basso. Si tiene però traccia del livello precedente marcandone la proiezione ortogonale sulle pareti verticali dello scavo: alla fine, troveremo così anche una griglia verticale e si potrà identificare la vicinanza tra reperti in uno spazio tridimensionale.

I reperti di ogni livello sono catalogati e raccolti separatamente (un contenitore per riquadro e livello della griglia più grossa). Per ogni reperto si considerano:

- informazioni spaziali: posizione nella griglia tridimensionale e dimensioni;
- ulteriori dettagli visivi (se necessari): tipicamente, la forma se insolita, facendone un disegno o una foto;
- classificazione: materiale, tracce di colore, stato di conservazione e simili;
- ulteriori dati (anche aggiunti successivamente): possibili interpretazioni quali origine, periodo, utilizzo.

Il software residente sul computer mobile deve quindi comprendere le funzionalità di un “taccuino elettronico” in modo da raccogliere informazioni testuali, visive e spaziali.

5. RACCOLTA DEI DATI: DISEGNI E TESTO

Diversi autori sostengono (RYAN, PASCOE, MORSE 1999) che il tratto caratteristico del software presente sui computer mobili è la possibilità di accedere ad informazioni dipendenti dal contesto geografico: in questo senso, nella nostra applicazione vengono generate informazioni relative ai reperti, alle unità stratigrafiche e così via, contestualizzate geograficamente in maniera ben precisa, come esposto in precedenza e a varie scale di riferimento.

In questa applicazione le informazioni spaziali si collegano evidentemente a quelle grafiche, che consistono nella creazione e visualizzazione di schizzi, posizionamento dei reperti nella griglia tridimensionale, relazioni spaziali tra reperti ed associazioni tra le informazioni grafiche e i testi descrittivi. Per questi motivi, il software progettato sul sistema mobile, Archeo (ANCONA *et al.* 1999), è stato realizzato a partire da uno strumento di disegno, arricchendone le funzionalità e trasformandolo in uno strumento per il disegno di oggetti. Non è infatti possibile tracciare disegni arbitrari sullo schermo, ma l'immagine dello stato dello scavo è pensata come un insieme di oggetti, disegnati sullo schermo tramite la penna magnetica, con l'ausilio delle griglie, e manipolabili successivamente ad uno ad uno.

Ad esempio, se si misura accuratamente la posizione del reperto, prendendo le distanze dai lati della griglia di scavo, il disegno può essere adattato automaticamente alle misure (es. ruotandolo, allungandolo, compiendo uno zoom) in modo da ottenere l'aspetto più possibile realistico. Se è collegata una macchina fotografica digitale, si può relazionare lo schizzo dell'oggetto ad una o più immagini digitali; si possono inoltre aggiungere, come vedremo più avanti, annotazioni testuali scegliendo da un dizionario predefinito di termini o inserendo testo libero. Il collegamento spaziale tra reperti è automaticamente gestito dalle relazioni geometriche definite nel disegno, mentre il collegamento tematico è specificato mediante le annotazioni testuali, che compaiono in un'apposita finestra dello schermo.

Andando più in dettaglio, per ogni saggio si possono visualizzare mappe o sezioni di scavo. In modo *mappa*, si possono tracciare oggetti sullo schermo, sia a mano libera sia mediante curve di interpolazione a partire da punti dati; i singoli oggetti sono i componenti di un'unità stratigrafica, che a sua volta può far parte di un contesto. La corrispondenza tra coordinate sullo schermo e misure sul terreno è immediata, mentre a richiesta si può avere la profondità. In modo *sezione* si visualizzano gli oggetti, tra quelli inseriti nelle precedenti unità stratigrafiche, che sono attraversati da una sezione data. Un esempio di schermata di Archeo è presentata in Fig. 3.

Non va però dimenticato che tra le funzioni del sistema mobile c'è anche la necessità di raccogliere informazioni come commenti testuali: a questo proposito la mancanza di una tastiera obbliga ad adottare due accorgimenti.

Innanzitutto ove possibile si evita all'utente di scrivere le informazioni (ad esempio quelle relative al materiale di cui è costituito il reperto), potendole invece selezionare da un menù contenente un dizionario predefinito di voci. Quando ciò non è possibile, si usa invece software in grado di riconoscere la scrittura manuale, come il sistema T9 (TEGIC), oppure si utilizza un sistema, come WordTree da noi stessi sviluppato (ANCONA, COMES 1998), che basandosi sulla frequenza relativa dei fonemi consente di velocizzare notevolmente la scrittura manuale con penna magnetica. Naturalmente l'uso di un'interfaccia vocale, al momento non ancora disponibile su tale apparecchiatura, consentirà in futuro di semplificare notevolmente questo tipo di interazioni uomo macchina.

L'uso di una penna magnetica come dispositivo di posizionamento, a differenza di un mouse a due o tre tasti, impone di riprogettare completamente le modalità di interazione tra utente e sistema rispetto a quanto abituale. Infatti una prima versione di Archeo era stata sviluppata su un normale PC e quindi trasferita sul sistema mobile; ma cercando di utilizzarla al di fuori del laboratorio si è verificata una notevole difficoltà. Infatti, per ogni finestra sullo schermo si possono generare quattro tipi di eventi:

- la penna tocca lo schermo;
- la penna si alza dalla superficie dello schermo;
- la penna tocca due volte in rapida successione lo schermo ("doppio click");
- la penna viene trascinata sullo schermo o in vicinanza dello schermo ("drag and drop").

Questi ultimi due eventi risultano decisamente più difficili da realizzare tenendo in mano il palmtop: capita infatti abbastanza sovente di non riuscire a dare il doppio click o a trascinare l'entità selezionata, o viceversa che una pressione ferma continua (nelle intenzioni dell'utente, che però compie piccoli movimenti) sia interpretata come doppio click o trascinamento.

Per questi motivi occorre minimizzare i casi in cui sia significativa (e potenzialmente pericolosa, provocando operazioni non reversibili) un'operazione di doppio click o di trascinamento, preferendo invece il semplice tocco dello schermo o di specifici bottoni su di esso per dare comandi. In Archeo, il doppio click nell'area di disegno è stato completamente eliminato proprio per questi motivi. Viceversa, il tracciamento di disegni con la penna risulta molto più preciso, semplice e naturale rispetto a quanto realizzabile con un mouse.

Gli strumenti a disposizione dell'archeologo, corrispondenti ad altrettanti pulsanti sulla finestra, sono (da sinistra a destra):

- Penna: lo strumento per il disegno a mano libera;
- Sezione: lo strumento per la visualizzazione di una sezione del disegno corrente;

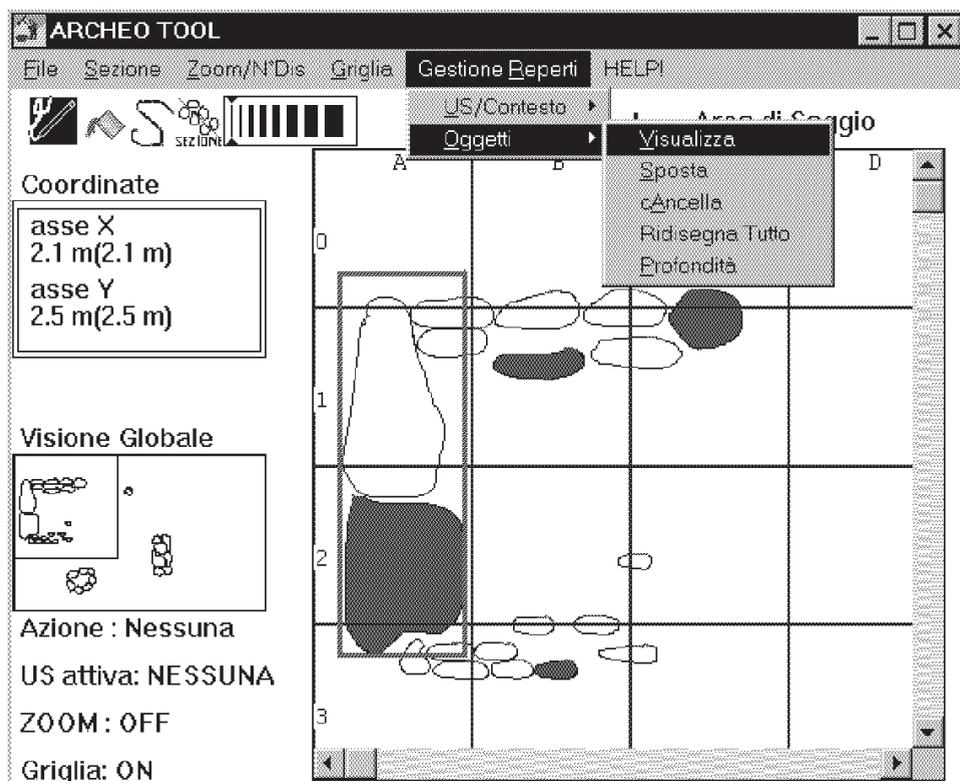


Fig. 3 – Archeo come strumento di disegno.

- Interpolazione: lo strumento per effettuare l'interpolazione tra più punti forniti dall'utente (mediante lo strumento coordinate);
- Coordinate: lo strumento che consente di dare le coordinate di un punto; esse possono essere date esplicitamente o implicitamente, toccando lo schermo;
- Apri/Chiudi oggetto: lo strumento che consente di iniziare e concludere un disegno di reperti.

Si è detto che Archeo è uno strumento di disegno per oggetti: innanzitutto occorre attivare il pulsante **Apri oggetto**, che apre una finestra testuale in cui inserire un nome (o numero progressivo) relativo a ciò che si intende disegnare. Attivando quindi il pulsante **Coordinate** il cursore si posiziona sull'area di disegno (nell'ultima posizione precedentemente occupata) e solo successivamente si può iniziare a disegnare da tale posizione. La fase di posizionamento e quella di disegno risultano perciò separate. Al termine del disegno, effettuato eventualmente con l'aiuto del menù di *zoom*, occorre infine

attivare il pulsante **Chiudi oggetto**: l'immagine disegnata verrà ridotta ad una icona e si potrà disegnare l'oggetto successivo. Questa organizzazione tiene conto della piccola dimensione dello schermo (un quadrato di sei pollici) entro cui l'area di disegno misura 416×416 pixel solamente: passando a disegnare un altro oggetto, può essere comodo semplificare ciò che si sta visualizzando.

Con l'aiuto del menù *Gestione Reperti*, è inoltre possibile manipolare gli oggetti chiusi "in toto", in particolare trascinare un oggetto in una posizione diversa, ad esempio dopo aver effettuato misurazioni più accurate. Mediante interpolazione si può anche correggere quanto disegnato. Per un disegno più preciso si può anche utilizzare il menù *Griglia*, che consente di visualizzare sullo schermo la griglia, come fisicamente tracciata sullo scavo.

I dati acquisiti tramite Archeo, sia visuali sia testuali, vengono infine scaricati nel sistema fisso e automaticamente inseriti nella base di oggetti relativa al sito che, come descritto nel prossimo paragrafo, può essere immediatamente resa visibile via Internet anche a colleghi non presenti sul luogo di scavo. Su tale stazione è quindi possibile, in tempo reale, il passaggio ad ulteriori analisi.

6. LA BASE DI OGGETTI ADE: ARCHAEOLOGICAL DATA ENVIRONMENT

ADE è un'applicazione che gestisce la base di oggetti relativa allo scavo installata sulla stazione fissa presente nei pressi dello scavo. Tutti i sistemi mobili presenti sul campo possono connettersi ad ADE per inviare o ricevere informazioni. Essenzialmente ADE ha il compito di:

- trasmettere ed acquisire dati via radio;
- memorizzare permanentemente i dati acquisiti dai computer mobili;
- connettere la stazione fissa ad altri sistemi remoti via rete geografica, agendo così come gateway verso Internet.

La natura cooperativa dell'attività di ADE ha suggerito di basare la sua realizzazione su uno strumento specializzato per applicazioni di workflow: Lotus Notes. Esso permette di definire collezioni di documenti eterogenei, di memorizzarli in una base di oggetti distribuita, anche geograficamente, e di operare da client connessi su rete a banda ristretta, come una connessione telefonica. Infine, consente di pubblicare automaticamente su Internet documenti e moduli, usando la tecnologia Domino come web server.

ADE è quindi una collezione di documenti Notes su cui operano Navigator, script e agenti. Gli script agiscono in funzione di eventi, quale il click di un pulsante in un modulo, generalmente causati da un utente. Gli agenti invece sono attivati automaticamente a scadenze prefissate, ad esempio ogni giorno.

I documenti di ADE sono ipertesti che comprendono annotazioni degli archeologi, disegni, immagini digitali, e numerose informazioni sui reperti. Questi dati possono essere inseriti collegandosi all'host fisso, o attraverso una comunicazione con il computer mobile (ricevendo così disegni, testo e quant'altro raccolto attraverso Archeo).

È stata posta una particolare cura affinché i documenti ADE fossero totalmente compatibili con la modulistica del Ministero dei Beni Culturali. Ciò consente un significativo miglioramento operativo, in quanto gli appunti presi quotidianamente sul taccuino non devono essere in un secondo tempo ricopiati sui documenti ufficiali, ma vi sono automaticamente inseriti in tempo reale ad ogni collegamento.

ADE ha caratteristiche innovative nei confronti di altri sistemi per la gestione di dati archeologici, dovuti all'approccio cooperativo implicito nella manipolazione delle informazioni da parte di un gruppo di lavoro. Infatti, Notes permette di mantenere copie multiple (repliche) anche parziali di ogni base di documenti, da memorizzarsi sui sistemi client. La consistenza in caso di accesso concorrente allo stesso documento è assicurata da Notes, il quale possiede al suo interno un meccanismo proprietario di sincronizzazione delle repliche, che permette ai client di lavorare anche in mancanza temporanea di connessione, quale potrebbe essere il caso della rete wireless sul sito. Similmente, un utente autorizzato potrebbe accedere, durante il periodo di scavo, alla situazione corrente di un particolare saggio da un qualsiasi laboratorio universitario, via Internet, esaminarla ed eventualmente integrare le informazioni con altre ivi reperibili, infine aggiornando la base di oggetti comune. Le repliche inoltre possono essere parziali: ad esempio, è immediata la possibilità di estrarre da ADE tutti i dati su reperti costituiti da un particolare materiale o appartenenti a un dato periodo, ed aggiornare quindi solo tali informazioni.

7. COMUNICAZIONE TRA ARCHEO E ADE

Abbiamo già osservato che il consumo delle batterie è elevato durante la fase di trasmissione, e che la potenza totale disponibile è limitata dal peso delle batterie stesse. Questo impone di progettare attentamente le interazioni da e per il computer mobile.

Sulla rete wireless viaggiano due tipi di informazioni:

- messaggi brevi (testi): e-mail, query remote;
- messaggi lunghi: sono essenzialmente di tipo visuale, quindi fotografie, disegni, mappe o gruppi di documenti ipertestuali in risposta a query.

Si può quindi pensare di gestirli in modo differente, rispettivamente con meccanismi di tipo sincrono o asincrono. Nel primo caso l'interazione

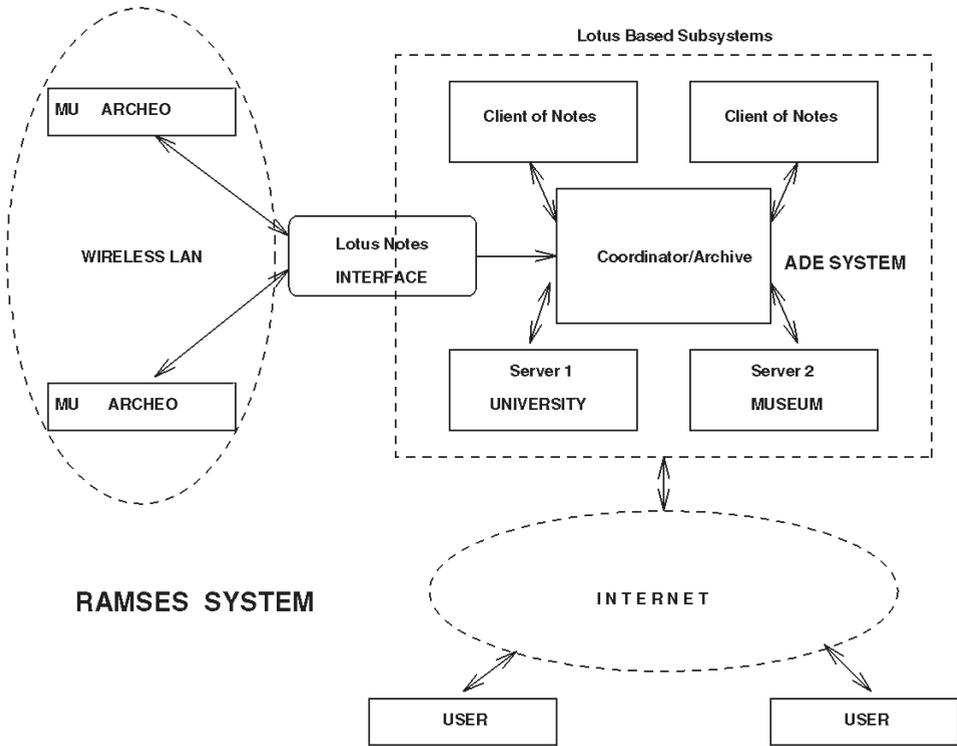


Fig. 4 – Comunicazione per/da ADE.

sarà di tipo client/server, nel secondo caso si potrà invece fare riferimento a un file system condiviso.

Osserviamo che il sistema computer mobile/stazione fissa è intrinsecamente asimmetrico, in quanto per problemi di consumo il computer mobile non può essere sempre “in ascolto” di eventuali messaggi in arrivo dal sistema fisso. Inoltre, non si può escludere che il computer mobile sia temporaneamente irraggiungibile, mentre la stazione fissa è sicuramente sempre disponibile all’ascolto. È quindi evidente che una comunicazione sincrona deve essere sempre iniziata dal computer mobile (client) verso la stazione fissa (server).

La Fig. 4 mostra lo schema di una possibile comunicazione verso e da ADE.

Il modello di condivisione di file possibile è quello di Windows NT, sistema operativo della stazione fissa e compatibile con quello della stazione mobile (Windows for Workgroup 3.11). In questo modo si ottimizza il trasfe-

rimento di grandi quantità di informazioni ovviando agli inconvenienti sopra citati:

- i file condivisi sono memorizzati fisicamente sul disco della stazione fissa, visibile dal filesystem del computer mobile, ma di capacità molto superiore;
- l'affidabilità e la disponibilità del filesystem della stazione fissa è decisamente superiore a quella del computer mobile;
- si può risolvere, grazie a Notes, il problema della coerenza degli aggiornamenti fatti da diversi computer mobili nello stesso momento;
- in ogni caso, se la stazione fissa non è raggiungibile, o se le batterie si stanno esaurendo rendendo inaffidabile una trasmissione, il disco del computer mobile può comunque memorizzare i dati acquisiti più di recente, almeno per il tempo necessario a ristabilire la connessione o sostituire le batterie.

In questo modo sia il trasferimento di grandi quantità di dati sia lo scambio di brevi messaggi sono gestiti in maniera ottimale. Gli unici ritardi nella comunicazione da/per il computer mobile sono dovuti ad inconvenienti tecnici come le batterie scariche o la caduta della rete wireless. Tutti gli scambi di informazioni sono controllati dall'utente, che può così prevenire l'esaurimento delle batterie; anche in questo caso comunque è possibile continuare a elaborare localmente senza perdere dati.

8. CONCLUSIONI

Abbiamo dimostrato in questo articolo come i computer mobili, integrati con opportune tecnologie per la comunicazione via radio come disponibile oggi su palmtop, possano essere usati dall'archeologo come valido supporto al lavoro sul campo. A questo fine sono stati esaminati diversi scenari applicativi, confrontando la situazione attuale con quella possibile in futuro.

L'aspetto maggiormente innovativo per l'archeologia sul campo derivante dallo scenario di comunicazione da noi proposto, è la possibilità di raggiungere un'autentica collaborazione fra colleghi, sia presenti che non sul luogo, riducendo notevolmente i costi di mobilità per la campagna di scavo. Considerazioni simili sono estensibili a diverse attività all'aperto, soprattutto dove condizioni di vita disagiate, quali deserti o foreste tropicali, consentono solo la presenza di persone giovani e quindi poco esperte. In ogni caso, la presenza di scienziati esperti può essere abbreviata con conseguente riduzione dei costi.

MASSIMO ANCONA, GABRIELLA DODERO, VITTORIA GIANUZZI
DISI - Dipartimento di Informatica e Scienze dell'Informazione
Università degli Studi di Genova

RINGRAZIAMENTI

Questa ricerca è stata effettuata grazie al finanziamento ottenuto dal CNR, tramite il Progetto Finalizzato "Beni Culturali". Gli autori ringraziano anche per l'attiva collaborazione diversi studenti del DISI di Genova che hanno sviluppato i vari componenti software di RAMSES. Maggiori dettagli sul Progetto sono disponibili sul sito WEB: http://www.disi.unige.it/person/DoderoG/pub_pfb.html.

BIBLIOGRAFIA

- AHSON S., MAHGOUB I. 1998, *Research issues in mobile computing*, in IEEE IPCCC'98, Phoenix (AZ), 209-215.
- ANCONA M., COMES D. 1998, *WordTree - A pen based software for editing short notes*, DISI-Technical Report, Genova.
- ANCONA M., DODERO G., GIANUZZI V., FIERRO C., TINÉ V., TRAVERSO A. 1999, *Mobile computing for real time support in archaeological excavations*, in L. DINGWALL, S. EXON, V. GAFFNEY, S. LAFLIN, M. VAN LEUSEN (eds.), *Archaeology in the Age of the Internet, CAA97 Proceedings*, BAR International Series 750, Oxford, 279.
- IMIELINSKI T., BADRINATH B.R. 1994, *Wireless computing*, «Communications of the ACM», 37,10, 19-28.
- JERNEY J. 1994, *Mobile insights: the bright future of pen computing*, «Pen-based Computing, The Journal of Stylus Systems», (electronic version).
- KISTLER J., SATYANARAYANAN M. 1992, *Disconnected operation in the coda file system*, «ACM Transactions on Computer Systems», 10, 1.
- RYAN N.S., PASCOE J., MORSE D. 1999, *Enhanced reality fieldwork: the context aware archaeological assistant*, in L. DINGWALL, S. EXON, V. GAFFNEY, S. LAFLIN, M. VAN LEUSEN (eds.), *Archaeology in the Age of the Internet, CAA97 Proceedings*, BAR International Series 750, Oxford, 279.
- SYSLAT 1995, *Aide à l'enregistrement de la documentation archéologique*, Centre de Documentation Archéologique de Gard, Nîmes.
- TEGIC COMMUNICATIONS INC., *T9 - The Ultimate Text Input Power Tool!*, http://www.t9.com/palmpilot_specs.stm#features.
- TELXON CORPORATION, *Beyond The Radio: Developing Complete Wireless System Solutions*, <http://www.telxon.com/pp-2.htm>
- TINÉ S. et al. 1997, *Poliochni 1991-1995. I nuovi dati*, Monographies, Scuola Archeologica Italiana di Atene, Roma, L'Erma di Bretschneider.

ABSTRACT

This paper describes a system for real-time field support to archaeological excavations, and for interaction with remote researchers, via the Internet. To this aim, a prototype system has already been field tested at the site of Poliochni in Greece. The system is composed by a wireless LAN, including one (two or more in the future) mobile unit (Telxon PTC), and a wired LAN, with at least one PC or Workstation running Windows NT and Lotus Notes Domino for groupware activities. The two LANs are connected by means of an Access Point Aironet 630 (Radio-hub). The system provides a communication link with remote workstations installed in Universities or Museums where researchers are interested in cooperating in real-time with field operators.

Archaeologists can use the mobile units to draw finds on the screen using a magnetic pen, to write related textual information and to send these sketches or digital snapshots to the fixed host by using suitable interfaces (serial, parallel, PCMCIA, and so on).

