

## **NaviNFC: una soluzione NFC per la navigazione *indoor***

Thomas Bolognesi, Antonella Frisiello, Antonio Lotito, Giovanni Spoto

ISMB – ISAST – Handheld and Usability Unit, Via P.C. Boggio 61, 10138 Torino, 0112276424, fax 0112276299  
{bolognesi,frisiello,lotito,spoto}@ismb.it

### **Riassunto**

Negli ultimi anni le innovazioni nel mondo delle telecomunicazioni mobili e dei terminali, insieme alla disponibilità di reti di nuova generazione, hanno favorito lo sviluppo di servizi e contenuti specificatamente pensati per la mobilità. Tra essi si possono annoverare i sistemi di navigazione, prevalentemente utilizzati in ambienti *outdoor* e che, oggi, si vorrebbero sfruttare per guidare le persone anche in ambienti *indoor* quali aeroporti, centri commerciali, ospedali.

I dispositivi mobili, più specificatamente *Smartphone* e *Tablet*, offrono caratteristiche tecniche e capacità computazionali comparabili a quelle dei *notebook* di qualche anno fa. Grazie a queste, possono supportare sempre più tecnologie: GPS, *Wi-Fi*, *Bluetooth* e oggi anche NFC (*Near Field Communication*).

Quest'ultima tecnologia, le cui prime specifiche risalgono al 2003, fornisce connettività *wireless* bidirezionale a corto raggio e, secondo Gartner, nel 2012 se ne verificherà un *boom* di diffusione. La principale applicazione, si prevede, sarà legata a pagamenti e servizi finanziari tramite il proprio terminale.

Il presente articolo ne propone un'applicazione alternativa e descrive NaviNFC, un servizio di navigazione *indoor* per terminali mobili sviluppato dall'unità *Handheld and Usability* di ISMB, centro di ricerca applicata alle tecnologie ICT.

NaviNFC consente di leggere *tag* (etichette) NFC, opportunamente posizionati in punti strategici dell'ambiente, per identificare, localizzare e visualizzare su una mappa la propria posizione corrente, la posizione di un *target* di interesse e il percorso ottimale per raggiungerlo. NaviNFC sfrutta la tecnologia NFC anche per trasferire sul dispositivo mobile, direttamente in loco, i supporti cartografici necessari per la navigazione, quali mappe planimetriche o strutture dati più complesse quali, ad esempio, le *Navteq Destination Maps*. Tale applicazione lascia spazio, inoltre, a più ampi scenari di utilizzo, che possono includere anche servizi di *GeoMarketing*.

Fondamentali per l'accettabilità di una soluzione pensata per la mobilità sono la *user experience* e la facilità d'uso, valutate dal punto di vista dell'utilizzatore. A tal fine, la strategia di interazione di NaviNFC supporta il *microtasking*, per minimizzare gli *input* richiesti all'utente e semplificare il più possibile la navigazione, sia nell'applicazione, sia nello spazio fisico rappresentato.

### **Abstract**

*In recent years, innovations in the world of mobile telecommunications and mobile devices, together with the availability of next generation networks, have contributed to the development of services and contents specifically designed for mobility. Such services include navigation systems, mostly used in outdoor environments and which, today, would be useful to adopt for guiding people in indoor environments such as airports, shopping malls, hospitals.*

*Today, mobile devices, such as Smartphones and Tablet, have technical and computational capabilities similar to those of notebooks available a few years ago. Therefore, they can support*

*more and more technologies: GPS, Wi-Fi, Bluetooth, and now also NFC (Near Field Communication).*

*NFC technology, whose specifications started in 2003, provides short-range wireless bidirectional connectivity and, according to Gartner, by 2012 it will see strong adoption. The main application is expected to be related to mobile payments and financial services through the user personal device.*

*This paper proposes an alternative application and describes NaviNFC, an indoor navigation service for mobile devices developed by the Handheld and Usability Unit of ISMB, applied research center on ICT.*

*Through NaviNFC it is possible read NFC tags, appropriately placed at strategic points in the environment, in order to identify, locate and view on a map the current location, the location of a target of interest and the optimal path to get there. NaviNFC uses NFC technology also to transfer into mobile device, directly on site, the necessary maps for the indoor navigation, such planimetric maps or more complex data structures like, for example, Navteq Destination Maps. This application can support, besides, wider scenarios, which can also include GeoMarketing services.*

*Basic features for designing a successful mobile service are the user experience and especially the easy of use. Therefore, NaviNFC supports microtasking to minimize user inputs and to simplify, as much as possible, both the navigation within the application, and the navigation into the physical space represented.*

## **1 Introduzione**

I sistemi di navigazione basati su GPS (*Global Positioning System*) sono diventati molto popolari negli ultimi anni, perché hanno permesso a un numero sempre crescente di persone di muoversi rapidamente in aree non conosciute. Tale successo può essere attribuito principalmente al basso costo dei terminali mobili, che ne ha permesso una distribuzione di massa. Tuttavia, l'approccio basato su GPS, per funzionare correttamente, ha la necessità di sfruttare un collegamento costante con il satellite e, per questo motivo, non può essere fruito in ambienti *indoor*, in quanto il segnale del satellite risulterebbe troppo debole per essere utilizzato. La forte necessità di muoversi in ambienti interni, quali musei, ospedali o aeroporti, ha portato alla nascita di differenti soluzioni che sfruttano nuovi sistemi di posizionamento. Tali soluzioni necessitano, generalmente, di un'infrastruttura permanente nell'ambiente in cui si deve operare, risultando quindi molto costose.

Esistono anche implementazioni alternative che non richiedono la presenza di un'infrastruttura fissa di localizzazione, tuttavia a oggi difficilmente sono state sviluppate e distribuite sul mercato, principalmente perché implicano di demandare la gestione della localizzazione alla componente mobile, che deve offrire buone *performance hardware e software* e avere peso e dimensioni ridotte per essere facilmente fruita in mobilità.

I miglioramenti tecnologici degli ultimi anni hanno favorito l'evoluzione degli *smartphone*, che bene rispondono ai suddetti requisiti. Infatti, la loro diffusione sta aumentando notevolmente a livello globale: secondo Gartner si è verificata nel solo 2010 una crescita del 96% rispetto alla diffusione nell'anno precedente (Gartner, 2010). In Italia, un'indagine (Nielsen, 2009) rileva che il 28% della popolazione possiede uno *smartphone*, oltre il doppio rispetto a Germania (12%) e Svezia (13%). Contemporaneamente, sono state ampliate le dotazioni *hardware*: a bordo di uno *smartphone* si possono ormai trovare GPS, *Wi-Fi*, *Bluetooth*, fotocamere, accelerometri, e ora anche NFC (*Near Field Communication*).

Quest'ultima tecnologia fornisce connettività *wireless* bidirezionale a corto raggio e si prevede che sarà sempre più diffusa, consentendo in prima battuta di effettuare pagamenti e accedere a servizi finanziari direttamente dal proprio terminale.

Il presente articolo ne propone un uso alternativo e descrive NaviNFC, un servizio innovativo di navigazione *indoor* per *smartphone* sviluppato nei laboratori ISMB, che impiega la tecnologia NFC come strumento di localizzazione *indoor*.

La conoscenza della posizione geografica dell'utente, ottenuta grazie alla lettura di *tag* NFC opportunamente posizionati, consente di implementare un sistema di navigazione affidabile e a basso costo. Tale sistema impiega una base di dati per la gestione dei supporti cartografici necessari alla navigazione, quali mappe planimetriche georeferenziate o strutture dati più complesse come, per esempio, le *Navteq Destination Maps* (NAVTEQ, 2011).

Il sistema di navigazione progettato è in grado di eseguire il *rendering* di una mappa, di indicare sullo schermo dello *smartphone* la posizione corrente dell'utente, la posizione di un *target* di interesse e il percorso ottimale dell'itinerario da seguire per raggiungerlo.

La soluzione realizzata, non necessitando di una infrastruttura per la localizzazione, è facilmente integrabile in un edificio e non richiede elevati costi di installazione e mantenimento.

Nel seguito dell'articolo sarà presentata una rassegna dei principali sistemi di navigazione *indoor*. A seguire sarà descritta la soluzione NaviNFC. Nell'ultima parte saranno infine evidenziati i risultati e i possibili sviluppi futuri della soluzione implementata.

## 2 Stato dell'arte dei sistemi di navigazione *indoor*

Gli ambienti *indoor* che richiedono o si prestano ad applicazioni di navigazione si caratterizzano per una complessità strutturale elevata, includono frequentemente diversi piani e possono essere molto articolati e difficili da percorrere, a tal punto da obbligare gli utenti a dover chiedere informazioni per orientarsi. I sistemi di navigazione *indoor* rappresentano una valida soluzione a questo problema e, a differenza delle *indoor maps applications*, che si limitano a visualizzare su una mappa la posizione dell'utente, calcolano anche il percorso minimo e forniscono le indicazioni per arrivare a un preciso punto di destinazione (Ruppel, Gschwandtner, 2009).

Nonostante i sistemi di navigazione *indoor* possano a prima vista sembrare più semplici dei sistemi *outdoor*, per esempio per le ridotte dimensioni delle aree interessate e la minore velocità di movimento degli utenti che vi si muovono a piedi, essi devono comunque operare in conformità a stretti requisiti e tenere conto della complessa topologia di un edificio. Infatti, i concetti applicabili comunemente ai sistemi per la navigazione *outdoor* non sono applicabili in ambienti *indoor*, dove gli utenti hanno maggiori possibilità di movimento. Inoltre è indispensabile un'accurata localizzazione dell'utente, per riuscire a fornire adeguate istruzioni che consentano di raggiungere la destinazione. Infine, il sistema di navigazione deve rispettare la *privacy* dell'utente, garantendo che tutti i dati correlati alla propria posizione siano sotto il controllo esclusivo dell'utente stesso (Ruppel, Gschwandtner, 2009).

Ad oggi esistono diverse soluzioni che consentono a un utente di essere guidato all'interno di edifici complessi; ognuna presenta vantaggi e problematiche, legate principalmente all'efficacia e al costo del sistema stesso.

I sistemi maggiormente diffusi sono naturalmente le tradizionali indicazioni statiche, fornite tramite segnaletica orizzontale o verticale. Al crescere delle informazioni la comunicazione perde tuttavia di efficacia e diventa complesso raggiungere la propria destinazione.

Un'evoluzione suggerita da Kray et al. (2008) prevede che la navigazione *indoor* sia supportata da *digital display* pubblici, sempre più diffusi in ambienti come aeroporti e centri fieristici.

Esistono anche sistemi di navigazione *indoor* che impiegano tecniche di *Dead Reckoning* e stimano la posizione corrente sulla base del calcolo degli spostamenti da un punto iniziale noto. Il calcolo si basa su direzione e velocità dell'utente acquisite tramite sensori inerziali in uno specifico intervallo di tempo. I recenti sensori MEMS (*Micro-Electro-Mechanical System*) hanno reso possibile l'impiego dei sistemi inerziali di navigazione su dispositivi mobili (Lukianto, Sternberg, 2011), tuttavia questa tecnica di localizzazione dipende dalla precisione dei sensori adottati e, su percorsi lunghi, può facilmente portare a errori.

Attualmente sono molto diffusi i sistemi di posizionamento su base satellitare GPS che, se da un lato hanno il vantaggio di non richiedere una costosa infrastruttura, dall'altro non sono in grado di operare efficientemente in ambienti interni, principalmente per problemi di ricezione del segnale e per la maggiore precisione richiesta dai sistemi di navigazione *indoor*; sono disponibili tecnologie che consentono di migliorare la ricezione del segnale *indoor*, ma hanno costi elevati.

La localizzazione di un utente può avvenire anche impiegando la rete cellulare, che tuttavia non fornisce un'informazione sufficientemente accurata per consentire la navigazione in ambienti chiusi e circoscritti.

Sono da segnalare anche i sistemi di navigazione *Sound-based*, che impiegano gli ultrasuoni per misurare la distanza fra trasmettitore e ricevitore; un noto esempio di tale tecnica è rappresentato dall'*Active Bat System*, che richiede la presenza di ricevitori a ultrasuoni installati nell'edificio, visibili dal trasmettitore indossato dall'utente. Mediante tecniche di triangolazione, il sistema offre un'altissima precisione a fronte, tuttavia, di una densa infrastruttura (Hazas, Hopper, 2006).

Esistono anche diverse tecniche di localizzazione che impiegano onde elettromagnetiche, che includono sistemi a infrarossi e sistemi basati su onde radio ad alta frequenza come *Wi-Fi*, *Bluetooth*, *Ultra Wideband*, *ZigBee*. Tipicamente i sistemi a infrarossi (es. *Active Badge System*) operano analogamente ai sistemi *Sound-based*: l'utente indossa un *badge* che emette segnali infrarossi, che vengono ricevuti dai sensori presenti nell'ambiente circostante. La precisione della localizzazione dipende strettamente dal numero di sensori che compongono l'infrastruttura. I sistemi che impiegano onde radio, generalmente, localizzano l'utente misurando l'intensità del segnale ricevuto (*Received Signal Strength Indicator*) dai nodi presenti in un'infrastruttura, oppure tramite tecniche che consentono il rilevamento di prossimità, quali per esempio la lettura di etichette RFID (*Radio Frequency IDentification*).

Sono da considerare, infine, anche i sistemi ottici, nei quali il sistema di navigazione compie operazioni di analisi su immagini acquisite dal *device* dell'utente. In questa categoria rientra il sistema descritto da Ravi et al. (2006), che determina la posizione dell'utente basandosi sulle immagini catturate da uno *smartphone* indossato dallo stesso e inviate periodicamente a un *web server* centrale; le immagini sono quindi confrontate con quelle presenti nel *database* centrale e la posizione corrente è restituita. Il sistema offre una buona affidabilità (probabilità di successo pari all'80%) e ha un basso costo, ma richiede una fase iniziale di acquisizione delle immagini dell'ambiente *indoor*.

Rientrano nella stessa categoria anche i sistemi che impiegano il *device* dell'utente per eseguire il riconoscimento di codici QR (*Quick Response*), codici a barre bidimensionali che la maggior parte dei telefoni di ultima generazione è in grado di decodificare. Il sistema prevede che ciascuna etichetta sia associata a una nota e univoca posizione e che l'utente debba solo leggere un'etichetta per essere in grado di effettuare un *fix* della propria posizione. In questo caso, la precisione del sistema dipende dal numero di etichette distribuite nell'ambiente *indoor* (Mulloni et al., 2009).

### **3 La soluzione NaviNFC**

#### **Funzionamento della soluzione**

La soluzione implementata nei laboratori ISMB consente agli utenti di navigare in ambienti *indoor* tramite rapide e intuitive operazioni, impiegando uno *smartphone* dotato di tecnologia NFC.

All'ingresso dell'edificio, se NaviNFC non è già presente sul telefono, l'utente può eseguirne l'installazione mediante la tecnologia NFC sfruttando una connessione *peer-to-peer* stabilita fra lo *smartphone* e un apposito lettore NFC collegato a un PC.

Tramite la stessa modalità *peer-to-peer*, si gestiscono anche gli eventuali aggiornamenti di mappe e informazioni di navigazione.

Dopo questi passi, compiuti all'ingresso dell'edificio, l'utente è già in grado di utilizzare l'applicazione NaviNFC per: cercare una destinazione e ottenere l'itinerario da percorrere (come

accade in luoghi come aeroporti o ospedali), oppure esplorare genericamente l'ambiente e riceverne informazioni (come avviene in musei o centri commerciali).

Per calcolare il percorso ottimale da suggerire all'utente, l'applicazione necessita naturalmente di un punto di partenza e di un punto di destinazione.

Il sistema chiederà all'utente di localizzarsi, avvicinando il proprio *smartphone* alla prima etichetta NFC disponibile, che sarà considerata il punto di partenza. Tale punto potrà corrispondere all'ingresso o a una qualsiasi etichetta NFC presente nell'edificio.

L'utente potrà inserire il punto di destinazione desiderato, e il sistema calcolerà e visualizzerà su una mappa il percorso ottimale per raggiungerlo a partire dal primo *tag* letto.

Muovendosi all'interno dell'edificio l'utente potrà leggere, sempre avvicinando il proprio *smartphone*, le etichette NFC collocate in punti opportuni (corridoi, incroci, porte). Questi rappresentano dei *check point*, dove è possibile rilevare la propria posizione durante la visita. A fronte della lettura di un *check point*, il sistema segnalerà sulla mappa la posizione corrente, comunicherà eventuali informazioni associate al punto rilevato e, nel caso in cui il punto letto non appartenga al percorso determinato in precedenza, ricalcolerà automaticamente il percorso ottimale, impiegando la posizione corrente come nuovo punto di partenza.

### Architettura della soluzione

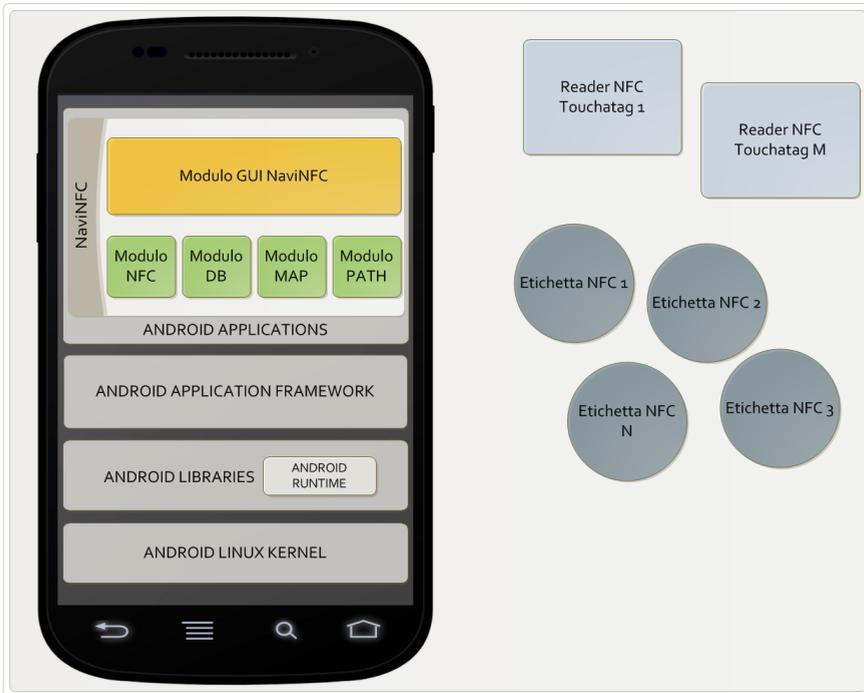


Figura 1 – Moduli della soluzione NaviNFC.

Come indicato in Figura 1, attualmente la soluzione è stata sviluppata solo per *smartphone* Android ed è composta di cinque moduli principali che eseguono *task* specifici: il modulo NFC, il modulo DB, il modulo MAP, il modulo PATH e il modulo GUI NaviNFC. Sono inoltre presenti anche moduli esterni per la gestione dei *reader* Touchatag (Touchatag, 2011), tramite i quali, nella fase iniziale, l'applicazione e le mappe sono trasferite sullo *smartphone*.

Il modulo GUI NaviNFC visualizza e gestisce l'interfaccia grafica dell'applicazione. Consente all'utente di visualizzare, ricavandola dai moduli MAP e DB, la mappa dell'edificio ed eventualmente di inserire un punto di destinazione che desidera raggiungere. Dopodiché, a fronte della lettura di un'etichetta, interviene il modulo NFC, che legge e decodifica l'informazione contenuta nell'etichetta stessa e provvede a inviarla al modulo DB, dal quale si risale alle coordinate del punto letto. Date le coordinate del punto letto e del punto di destinazione, il modulo PATH può quindi calcolare il percorso ottimale fra i due punti. Ottenuto il percorso ottimale, il modulo MAP è in grado di generare la mappa dell'edificio, il percorso da seguire ed eventuali *marker* utili all'utente. L'itinerario è infine visualizzato nel modulo GUI NaviNFC.

La piattaforma *open source* Android, uno *stack software* per dispositivi mobili, è stata selezionata per lo sviluppo dell'applicazione di navigazione descritta nell'articolo per due motivazioni: in primo luogo, ad oggi, pochi produttori hanno introdotto, per il mercato europeo, *smartphone* che integrano la tecnologia NFC. In secondo luogo, i rapporti sulle vendite degli *smartphone* rilevano una forte espansione per il sistema operativo Android, che sta conquistando sempre più ampie aree di mercato. Secondo un *report* pubblicato dalla società di ricerche di mercato Gartner, Android diventerà il più diffuso sistema operativo per *smartphone* entro la fine del 2011 e rappresenterà la metà del mercato mondiale nel 2012 (Gartner, 2011).

Android include un sistema operativo, uno strato *middleware* e un livello applicazioni. Fornisce inoltre agli sviluppatori l'Android SDK (*Software Development Kit*), che offre gli strumenti e le API (*Application Programming Interface*) necessarie per scrivere applicazioni per la piattaforma, mediante il linguaggio di programmazione Java. Tali applicazioni sono eseguite tramite la Dalvik *Virtual Machine*, una Java *virtual machine* ottimizzata per dispositivi mobili. Android comprende: un *Application Framework* che consente il riutilizzo delle componenti; un *Browser* integrato basato su WebKit; librerie per la gestione di grafica bidimensionale e tridimensionale; *database* relazionale SQLite per la memorizzazione dei dati; supporto per i più diffusi formati audio, video e immagine.

A seguire saranno descritti, in dettaglio, i moduli del sistema e l'interazione fra i moduli stessi.

### **Modulo NFC**

Il modulo NFC gestisce le comunicazioni che avvengono tramite NFC (*Near Field Communication*), una tecnologia di comunicazione *wireless* a corto raggio che consente a due dispositivi a distanza ravvicinata (inferiore ai quattro cm) di scambiarsi informazioni con velocità di trasmissione compresa fra 106 kbps e 424 kbps (NFC Forum, 2011).

Il protocollo NFC, sviluppato congiuntamente da Sony e Philips nel 2003, adotta una sola frequenza operativa (13,56 MHz) e supporta le seguenti tre modalità di funzionamento: *Reader/Writer mode*, *Peer-to-Peer mode*, *Card Emulation mode*. Nella prima modalità il dispositivo NFC è in grado di leggere *tag* NFC, tipicamente etichette passive; alcune tipologie di *tag* consentono anche l'operazione di scrittura. Nella seconda modalità due *device* possono scambiare informazioni attraverso una connessione *Peer-to-Peer*. Infine, nella *Card Emulation mode* il device NFC è considerato da un lettore esterno al pari di una tradizionale *contactless smart card*, permettendo ad esempio di eseguire pagamenti e accedere a servizi finanziari direttamente dal proprio terminale, senza dover modificare l'infrastruttura esistente.

Secondo Gartner, nel 2012 la tecnologia NFC dovrebbe andare incontro a un aumento di diffusione ed è segnalata come una delle *Top 10 Consumer Mobile Applications*, in quanto si ritiene possa incrementare la fidelizzazione degli utenti nei confronti dei fornitori di servizi e, contemporaneamente, avere un enorme impatto sui modelli di business degli operatori (Gartner, 2009). Queste previsioni sembrerebbero trovare un'iniziale conferma in *Google Wallet*, un sistema di pagamento che sfrutta i chip NFC, già implementati in alcuni telefoni (compreso il modello

Nexus S adottato nell'applicazione di navigazione *indoor* descritta nel presente articolo), al fine di effettuare pagamenti in esercizi convenzionati (Google, 2011).

Il modulo NFC sviluppato da ISMB gestisce le modalità *Peer-to-Peer* e *Reader*.

La modalità *Peer-to-Peer* è sfruttata nella fase iniziale, qualora l'utente debba scaricare l'applicazione NaviNFC o le mappe dell'edificio da percorrere. Il trasferimento dei *file* necessari avviene tramite la connessione stabilita fra lo *smartphone* dell'utente e un *reader* NFC, attraverso cui avviene il *push* dei dati (l'applicazione NaviNFC e la mappa dell'edificio) verso lo *smartphone*. Le operazioni di gestione della mappa, memorizzata sulla *external storage directory* dello *smartphone*, sono invece a carico del modulo MAP.

La modalità *Reader* è impiegata quando l'utente avvicina il proprio *smartphone* ad una etichetta NFC per eseguire il *check*: il modulo NFC ne rileva la lettura e, se l'etichetta appartiene alla tipologia gestita dall'applicazione, inoltra un messaggio, in cui è incapsulata l'informazione contenuta nell'etichetta, ad un servizio in esecuzione in *background*.

Poiché ogni etichetta possiede un identificativo univoco, il servizio è in grado di risalire all'esatta informazione di posizione e a eventuali dati addizionali attinenti al punto letto (personale presente in un ufficio, servizi offerti...). Tale operazione è effettuata interrogando il modulo DB, che costituisce il *content provider* di NaviNFC.

### **Modulo DB**

La soluzione NaviNFC adotta due funzionalità di Android per il salvataggio permanente dei dati: *SQLite Database* ed *External Storage*. La prima permette di utilizzare *database embedded* SQLite. SQLite è una libreria *software* che implementa un *Database Management System* transazionale, *self-contained* e che non richiede una fase di configurazione (SQLite, 2011). La seconda fornisce un'area di memoria condivisa, in cui è possibile salvare, in modo permanente, dei dati; tale area può essere rimovibile (per esempio una *SD card*) o interna.

Il modulo DB gestisce il *database* SQLite contenente la tabella con gli identificativi delle etichette NFC, le relative coordinate e gli eventuali dati aggiuntivi. Mantiene inoltre una tabella con il collegamento alla *external storage directory* dello *smartphone* in cui è memorizzata la mappa dell'edificio.

### **Modulo MAP**

Il modulo MAP gestisce la mappa georeferenziata dell'edificio e tutte le informazioni visualizzate sulla mappa stessa, quali *marker* significativi (punto di partenza, punto di destinazione, punti di check...) e percorso da seguire. La georeferenziazione dei *tag* è stata abilitata dall'esperienza progressa acquisita nel corso del progetto ERSEC (ERSEC, 2011).

La mappa è costituita da un file MBTiles.

MBTiles è una specifica per memorizzare i dati di mappe *tiled* in database SQLite, progettata per essere in grado di gestire anche milioni d'immagini *tile* in un unico file (MBTiles, 2011). Il formato semplifica e velocizza il trasferimento delle immagini *tile*, caratteristica molto utile in ambiente *mobile*. Inoltre, poiché i *file* MBTiles sono *self-contained*, possono essere usati anche *offline*, senza una connessione Internet.

NaviNFC adotta il formato MBTiles, oltre alle caratteristiche sopra citate, anche perché Android supporta in maniera nativa la libreria SQLite, e questo semplifica l'accesso alle tabelle del *database* migliorando le prestazioni.

Per visualizzare i file MBTiles, NaviNFC impiega la libreria OsmDroid, un *tool* sviluppato per interagire con i dati di OpenStreetMap, ma in grado di gestire anche *file* in formato MBTiles (osmdroid, 2011). Tramite osmdroid sono anche aggiunti sulla mappa due diversi *layer*, contenenti

rispettivamente i *marker* (punto di partenza, punto di destinazione, punti di check...) e il percorso suggerito all'utente.

Per ottenere il file MBTiles sono stati effettuati, a priori, i seguenti passi, a partire dalla mappa georeferenziata dei laboratori ISMB, disponibile in formato DXF.

La mappa in formato Autocad DXF (Autodesk, 2011) è elaborata tramite il *software* ArcGIS (ESRI, 2011), e trasformata in *shapefile*. Shapefile è un formato vettoriale per sistemi informativi geografici, sviluppato da ESRI, ampiamente utilizzato nei sistemi GIS (*Geographic Information System*) e permette di gestire dati geometrici (punti, linee e poligoni) insieme alle relative informazioni (ESRI, 1998).

Come ultimo passo è stato impiegato il *software* TileMill che consente di esportare i *file shapefile*, appena ottenuti, in un *file* MBTiles (TileMill, 2011).

### **Modulo PATH**

Il modulo PATH è responsabile, nota la posizione corrente dell'utente, dell'elaborazione del percorso ottimale per raggiungere la destinazione e dell'invio di tale percorso al modulo MAP, il quale potrà visualizzarlo sulla mappa dell'edificio.

La logica con cui viene calcolato l'itinerario è essenziale in un sistema di navigazione *indoor*, in quanto il tragitto deve essere percorso a piedi e, preferibilmente, nel minor tempo possibile. A differenza dei tradizionali sistemi di navigazione stradale è, inoltre, necessario considerare informazioni specifiche dei percorsi pedonali, come sottopassaggi, scale, ascensori.

Per calcolare il percorso, la soluzione adotta un algoritmo per la ricerca del cammino minimo, il quale opera su un grafo. L'algoritmo richiede una fase iniziale di conversione della mappa dell'edificio, il cui risultato è una struttura a grafo che indica tutti i cammini percorribili. Stanze, incroci, scale, e ascensori rappresentano i nodi del grafo, mentre i corridoi costituiscono gli archi.

In NaviNFC, a ciascun nodo sono associate delle coordinate e ogni arco rappresenta un tratto di percorso che l'utente può seguire per attraversare due nodi adiacenti. Un utente può muoversi da un nodo a un altro solo se questi sono collegati da un arco. A ogni arco è associato un costo di percorrenza che corrisponde al prodotto della distanza tra i due nodi e la velocità ipotizzata di percorrenza; la distanza tra i due nodi è ricavata tramite il calcolo della distanza euclidea tra le sue coordinate. Per nodi particolari, quali scale e ascensori, è possibile adottare criteri differenti e attribuire, quindi, all'arco un costo speciale. Elementi più complessi, quali le curve, sono rappresentati come insieme di singoli archi.

L'algoritmo per la ricerca del percorso minimo adottato in NaviNFC è il noto algoritmo di Dijkstra, che calcola efficientemente il percorso di minor costo da un nodo (la sorgente) a tutti gli altri nodi del grafo. La complessità computazionale dell'algoritmo, nel caso peggiore, è  $O(n^2)$ , dove  $n$  è il numero totale dei nodi nel grafo.

### **Modulo GUI NaviNFC**

Il modulo GUI NaviNFC interagisce con tutti gli altri moduli della soluzione e fornisce all'utente l'interfaccia, di cui è riportata una schermata in Figura 2, per navigare nell'ambiente *indoor*. L'interfaccia NaviNFC adotta componenti Android *standard* per la gestione della *User Interface*, quali: *Layout* (per organizzare l'architettura dell'interfaccia grafica), *Widgets* (*Button*, *ListView*, *TextView* per l'inserimento dei dati), *Options Menu* (per gestire i menu a scomparsa), *Dialog* (finestre *AlertDialog* e *ProgressDialog*, per fornire *feedback* all'utente). Tali elementi sono stati organizzati per garantire usabilità e accessibilità della soluzione implementata.

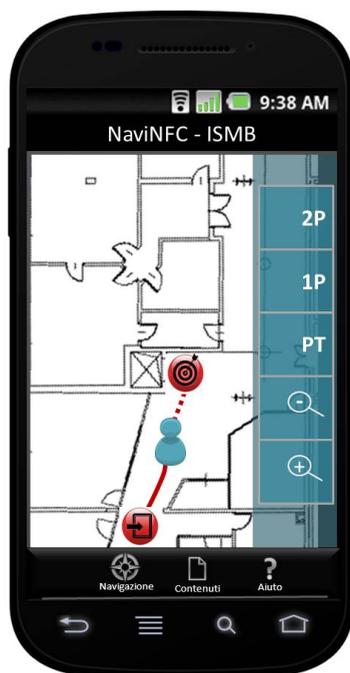


Figura 2 – Interfaccia della soluzione NaviNFC.

In un'applicazione progettata per la mobilità è fondamentale considerare la *user experience* e la facilità d'uso, in quanto i dispositivi mobili presentano specificatamente problemi tecnici, ambientali e sociali relativi all'usabilità (Gorlenko, Merrick, 2003). Alcuni problemi tecnici, quali durata delle batterie e velocità di connessione alla rete, sono stati parzialmente risolti a livello industriale, mentre la dimensione limitata dello schermo continua a essere critica: l'usabilità dei sistemi di navigazione su dispositivi mobili dipende pesantemente dall'interazione con la mappa, dalla visualizzazione delle informazioni presentate e dall'interazione con il dispositivo stesso. Fra i problemi ambientali rientrano condizioni di contesto, come luminosità, temperatura e mobilità dell'utente, mentre i problemi sociali riguardano principalmente l'accettabilità della soluzione e la *privacy* dell'utente.

Oltre agli aspetti connessi ai dispositivi mobili, sussistono inoltre problemi specifici dei sistemi di navigazione, riconducibili, principalmente, a una non immediata comprensione della rappresentazione dell'ambiente e a una rapida frammentazione dell'attenzione dell'utente.

A fronte delle problematiche sopra riportate, NaviNFC è progettata in modo tale che l'interfaccia grafica permetta all'utente di costruirsi un modello mentale dello spazio, una conoscenza funzionale agli scopi che si propone e che, con la massima semplicità, lo supporti nella pianificazione di attività e spostamenti.

L'interfaccia grafica di NaviNFC si organizza intorno alla visualizzazione della mappa, a partire dalla quale l'utente ha la possibilità di avere una visione di insieme dello spazio. Per questo l'area dello schermo dedicata alla mappa è la più ampia possibile. Per ottenere un'immediata comprensione della mappa, NaviNFC adotta un *layout* grafico semplificato e visualizza solo i *landmarks* opportuni, offrendo una mappa autoesplicativa e non saturata di punti di riferimento. La

mappa è visualizzata in 2D, la modalità di visualizzazione maggiormente diffusa e familiare all'utente (Rukzio et al., 2006), e supporta le operazioni di *zoom* e *pan*.

Le principali operazioni sono gestite tramite *menu* a scomparsa, in cui sono organizzate le funzioni per indicare il punto di partenza e aggiornare la propria posizione (avvicinando lo *smartphone* all'etichetta NFC più vicina) o scegliere una destinazione alla quale essere guidato. L'input della destinazione può avvenire in diversi modi: con l'immissione di testo, la scelta da una lista o la selezione *touch* direttamente sulla mappa. Per minimizzare gli *input* richiesti all'utente e semplificare, il più possibile, la navigazione sia nell'applicazione, sia nello spazio fisico rappresentato, NaviNFC supporta il *microtasking*, assistendo l'utente nell'esecuzione di brevi *task* semplici e guidati.

L'interfaccia grafica del sistema non si limita allo schermo dello *smartphone*: una parte importante del *design* riguarda la corrispondenza tra gli elementi grafici utilizzati dal programma e gli elementi del contesto reale rappresentato e, in particolare, le etichette NFC: poter ritrovare facilmente elementi di riferimento dell'ambiente reale sulla mappa, rende l'applicazione affidabile nella percezione dell'utente e garantisce una più veloce interazione.

La facilità d'uso della soluzione deriva anche dall'essenzialità dell'interazione: all'utente non sono richieste credenziali, né operazioni di *pairing*. Sono esclusi in questo modo anche eventuali problemi di *privacy*, poiché l'utente non invia alcun dato: le comunicazioni avvengono solo dalle etichette NFC allo *smartphone* dell'utente, e coinvolgono solo le informazioni presenti nei *tag* NFC.

#### **4 Conclusioni e sviluppi futuri**

L'articolo ha illustrato NaviNFC un servizio di navigazione *indoor* per terminali mobili sviluppato nei laboratori ISMB.

Le principali caratteristiche che lo differenziano da altre soluzioni di navigazione *indoor* sono il costo contenuto e l'alta efficienza. Il sistema non richiede, infatti, l'installazione di un'onerosa infrastruttura, impiegando solo un insieme di etichette NFC passive (poco costose in quanto prive di batterie interne) e *smartphone* Android (già presenti sul mercato). L'utilizzo del protocollo NFC e la memorizzazione dell'intera mappa dell'edificio sullo *smartphone* dell'utente garantiscono inoltre rapidi tempi di risposta.

L'uso della tecnologia NFC nell'applicazione implica il ruolo attivo dell'utente in movimento, in quanto è sufficiente la lettura a distanza ravvicinata delle etichette per effettuare il *check* della propria posizione. Tale vincolo assicura d'altra parte un'alta precisione e stabilisce, senza incertezza, la posizione dell'utente, senza impiegarne dati personali e rispettandone la *privacy*.

L'applicazione descritta è stata sviluppata e validata tecnicamente presso i laboratori di ricerca di ISMB. Sono in programma sessioni di valutazione con il coinvolgimento di utenti reali, in contesti applicativi reali.

NaviNFC si presenta come una soluzione semplice e flessibile, adattabile a diversi contesti d'uso, che prevedano oltre a compiti di *wayfinding*, la consultazione o la ricezione di contenuti personalizzati e geolocalizzati. La tecnologia NFC può essere, infatti, adottata per veicolare messaggi e informazioni, anche commerciali. Il vantaggio proviene, oltre che dal posizionamento nello spazio dell'utente, anche dalla possibilità di sfruttare l'interazione con l'ambiente reale: i *tag* possono essere parte di *smart poster*, *totem* o di intelligenti *package* di prodotto. L'idea alla base di NaviNFC può quindi essere impiegata in servizi innovativi come il *proximity marketing* e il *geomarketing*, dove la profilazione commerciale dei potenziali clienti si basa sulla loro posizione e il comportamento nello spazio.

Infine, la flessibilità della soluzione consente di includere anche modalità tipiche dei *social network*, dove i contenuti generati dagli utenti, le preferenze, le reti sociali possono essere usate per suggerire e personalizzare percorsi, informazioni, offerte.

## **Bibliografia**

Autodesk (2011), "AutoCAD Services & Support – DXF Reference", consultato 31 agosto 2011, disponibile all'indirizzo

<http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/item?linkID=10809853&id=12272454&siteID=123112>

ERSEC (2011), "ERSEC project - Enhanced Road Safety by integrating Egnos-Galileo data with on-board Control system", consultato 31 agosto 2011, disponibile all'indirizzo

<http://www.ersecproject.eu/>

ESRI (2011), "ArcGIS - Mapping and Spatial Analysis for Understanding Our World", consultato 31 agosto 2011, disponibile all'indirizzo <http://www.esri.com/software/arcgis/index.html>

Gartner (2011), "Gartner Says Android to Command Nearly Half of Worldwide Smartphone Operating System Market by Year-End 2012", consultato 31 agosto 2011, disponibile all'indirizzo <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1622614>

Google (2011), "Google Wallet - make your phone your wallet", consultato 31 agosto 2011, disponibile all'indirizzo <http://www.google.com/wallet/>

Lukianto C, Sternberg H. (2011) "Overview of Current Indoor Navigation Techniques and Implementation Studies", TS09A - Alternatives and Backups to GNSS

MBTiles (2011), "MBTiles Specification", consultato 31 agosto 2011, disponibile all'indirizzo <http://mbtiles.org>

NAVTEQ (2011), "NAVTEQ Destination Maps to enable orientation, guidance and routing for interior spaces", consultato 31 agosto 2011, disponibile all'indirizzo

<http://press.navteq.com/index.php?s=4260&item=30551>

NFC Forum (2011), "NFC Forum", consultato 31 agosto 2011, disponibile all'indirizzo <http://www.nfc-forum.org>

osmdroid (2011), "osmdroid - OpenStreetMap-Tools for Android - Google Project Hosting ", consultato 31 agosto 2011, disponibile all'indirizzo <http://code.google.com/p/osmdroid/>

SQLite (2011), "SQLite Home Page", consultato 31 agosto 2011, disponibile all'indirizzo <http://www.sqlite.org/>

TileMill (2011), "TileMill - A modern map design studio", consultato 31 agosto 2011, disponibile all'indirizzo <http://tilemill.com/pages/index.html>

Touchatag (2011), "Touchatag Developer Network", consultato 31 agosto 2011, disponibile all'indirizzo <http://www.touchatag.com/developer/docs/index>

Gartner (2010), "Gartner Says Worldwide Mobile Phone Sales Grew 35 Percent in Third Quarter 2010; Smartphone Sales Increased 96 Percent", consultato 31 agosto 2011, disponibile all'indirizzo <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1466313>

Gartner (2009), "Gartner Identifies the Top 10 Consumer Mobile Applications for 2012", consultato 31 agosto 2011, disponibile all'indirizzo <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1230413>

Mulloni A, Wagner D, Barakonyi I, Schmalstieg D. (2009) "Indoor Positioning and Navigation with Camera Phones", IEEE Pervasive Computing, 8(2):22–31

- Nielsen (2009), "With Smartphone Adoption on the Rise, Opportunity for Marketers is Calling", consultato 31 agosto 2011, disponibile all'indirizzo [http://blog.nielsen.com/nielsenwire/online\\_mobile/with-smartphone-adoption-on-the-rise-opportunity-for-marketers-is-calling/](http://blog.nielsen.com/nielsenwire/online_mobile/with-smartphone-adoption-on-the-rise-opportunity-for-marketers-is-calling/)
- Ruppel P, Gschwandtner F. (2009) "Spontaneous and Privacy-friendly Mobile Indoor Routing and Navigation", Proc. GI Jahrestagung, 2574-2583
- Kray C, Harrison M, Wagner J. (2008) "Towards a location model for indoor navigation support through public displays and mobile devices", MIRW 2008
- Hazas M, Hopper H. (2006)"Broadband Ultrasonic Location System for Improved Indoor Positioning", IEEE TRANSACTIONS ON MOBILE COMPUTING, 5:536-546
- Ravi N, Shankar P, Frankel A, Elgammal A, Iftode L. (2006) "Indoor Localization Using Camera Phones", Seventh IEEE Workshop on Mobile Computing Systems & Applications (WMCSA'06)
- Rukzio E, Müller M, Hardy R, "Design, Implementation and Evaluation of a Novel Public Display for Pedestrian Navigation: The Rotating Compass", In Proceedings of CHI'09, ACM Press 2006, 113-122.
- Gorlenko L, Merrick R. (2003) "No wires attached: Usability challenges in the connected mobile world", IBM Systems Journal, 42, 639-651
- ESRI (1998), "ESRI Shapefile Technical Description", consultato 31 agosto 2011, disponibile all'indirizzo <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>