

i-Tour: un client 3D per dispositivi portatili a supporto della mobilità urbana sostenibile

Giuseppe Conti, Daniele Magliocchetti, Federico Devigili, Raffaele De Amicis

Fondazione Graphitech, Via Alla Cascata 56C, Trento 38123, Italy
Tel. +39 0461 283394, Fax +39 0461 283398

Abstract

i-Tour "intelligent Transport system for Optimized URban trips" è un progetto finanziato dalla Commissione Europea attraverso il settimo Programma Quadro il cui scopo è realizzare un'infrastruttura aperta ed interoperabile per la messa in esercizio, da parte degli operatori di trasporto pubblico, di servizi web compatibili con gli standard OGC al fine fornire ai cittadini servizi di mobilità intelligente multi-modale. In particolare il progetto ha sviluppato un software client per dispositivi mobili (Smartphone) la cui interfaccia è 3D progettata per sostenere e suggerire, attraverso interfacce di semplice utilizzo, l'uso di diverse forme di trasporto (autobus, auto, ferrovia, tram, ecc), tenendo in considerazione le preferenze degli utenti, nonché informazioni in tempo reale sulle condizioni del traffico, delle condizioni meteorologiche, dello stato delle diverse reti di trasporto pubblico utilizzate dall'utente. Inoltre, attraverso il client 3D, i-Tour promuove un nuovo approccio alla raccolta di dati basato sul crowdsourcing e su un sistema di raccomandazione che fornisce indicazioni su possibili scelte di viaggio sulla base delle informazioni fornite dalla comunità degli utenti del sistema. Il client, realizzato per la piattaforma Android, supporta numerosi standard OGC tra cui WMS, WFS; nonché OpenLS per quanto riguarda le funzionalità di instradamento dell'utente. I dati provenienti dai servizi OGC possono essere visualizzati in 3D ed in Realtà Aumentata, proiettando, al di sopra delle immagini catturate dalla telecamera dello Smartphone, i dati provenienti dai servizi dell'infrastruttura server. Il client i-Tour è stato progettato per promuovere l'uso del trasporto pubblico, favorendo scelte di trasporto sostenibile e prevedendo meccanismi premiali per gli utenti che scelgono soluzioni di viaggio basate sull'utilizzo della rete di trasporto pubblico.

Abstract

i-Tour "intelligent Transport System Optimized for Urban trips" is a project funded by the European Commission through the Seventh Framework Programme which aims to create open and interoperable infrastructure for the commissioning, by operators of public transport, Web services compatible with the OGC to provide citizens with services for intelligent multi-modal mobility. In particular, the project has developed a software client for mobile devices (Smartphones), whose 3D interface is designed to support and recommend, through easy to use interfaces, the use of different forms of transport (bus, car, train, trams, etc.), taking into account user preferences, and real-time information on traffic conditions, weather conditions, state of the various public transport networks used by the user. In addition, through the 3D client, i-tour is promoting a new approach to data collection based on crowdsourcing and a recommendation system that provides information on possible travel choices based on information provided by the community of users of the system. The client, designed for the Android platform, supports multiple standards including OGC WMS, WFS, and OpenLS regarding the routing capabilities of the user. The data from the OGC services can be viewed in 3D and Augmented Reality, projecting, beyond the images captured by camera Smartphone, the data from the server infrastructure services. The i-Tour client was designed to promote the use of public transport, promoting sustainable transport choices and providing incentive schemes for users who choose sustainable travel solutions based on the use of public transport.

Introduzione

Le amministrazioni locali, i governi e le istituzioni internazionali, come la Comunità Europea, stanno prestando un crescente impegno per migliorare la mobilità personale attraverso l'utilizzo di mezzi di trasporto pubblici in ambiente urbano. Migliorare la mobilità delle persone attraverso la promozione dell'utilizzo dei mezzi pubblici ha numerosi vantaggi in termini di riduzione del consumo di energia, la quantità di sostanze inquinanti nell'aria, di ridurre il traffico cittadino e aumentare la sicurezza stradale. Ridurre il trasporto su strada privati porta numerosi benefici, non solo alla qualità della vita dei cittadini e alla sanità pubblica, ma anche all'efficienza dell'intero sistema urbano con conseguenti, sostanziali, benefici economici a livello sociale. Basandosi su questo concetto, questo articolo, presenta un software per l'assistenza alla mobilità personale (Personal Mobility Assistant), cioè un'applicazione per smartphone e tablet che promuove l'utilizzo dei mezzi pubblici aiutando l'utente nell'identificare la migliore soluzione di viaggio calcolata su una rete di trasporti multimodale attraverso un'interfaccia semplice ed intuitiva che si adatta in modo intelligente alle preferenze dell'utente ed al contesto di utilizzo dell'applicazione. Particolare attenzione è stata volta al rispetto degli standard OGC; gli scambi di informazione tra server e client avvengono -quando possibile- attraverso gli standard OGC. Il client realizzato per la piattaforma Android supporta infatti gli standard WMS, WFS e OpenLS (Open Location service). Per soddisfare le esigenze di progetto si sta inoltre sviluppando un'estensione dello standard OpenLS.

Motivazioni

Il trasporto privato ha un enorme impatto negativo sia in termini economici che ambientali. Come descritto da Rodrigue et al. [3], il trasporto ha un effetto diretto sul cambiamento climatico, la biodiversità della specie, il rumore ambientale, la qualità dell'aria, la qualità dei terreni e delle falde acquifere. Solo in Europa il trasporto di persone e merci, è responsabile, secondo l'Agenzia per l'ambiente Europea (EEA), di quasi un terzo dei consumi di energia e di più di un quinto delle emissioni di CO₂. Secondo i dati di Eurostat, l'ufficio statistico della Comunità Europea, su nove dei 32 stati membri dell'EEA più dell'85% dei trasporti personali è portato a termine con l'utilizzo di automobili private. Il risultante numero di veicoli su strada risulta estremamente elevato anche a causa del basso livello di occupazione medio, che, nel 2007, è stato di 1,8 passeggeri nei paesi dell'est Europa e 1,54 in quelli occidentali. Il problema è destinato a peggiorare dato che, secondo i modelli di previsione per il 2050 di IEA/SMP (International Energy Agency / Sustainable Mobility Project), la richiesta di trasporto in termini di numero di chilometri percorsi crescerà in continuazione. Infatti, più di metà degli stati membri dell'EEA hanno registrato un incremento del trasporto basato su automobile ed un incremento nel numero di automobili possedute di circa il 2% annuo, che ha portato nel 2009 ad una media del 42% di possessori di auto tra i paesi Europei. Il livello di innalzamento del numero di auto è strettamente legato al livello economico dei paesi. In paesi come l'Italia, la Germania, la Francia, l'Inghilterra e la Spagna il numero di auto presenti sul territorio negli ultimi anni si è ridotto. Mentre in paesi con economie emergenti, come la Lituania, l'utilizzo di auto per il trasporto personale è raddoppiato nell'ultima decade. Sfortunatamente l'aumento generalizzato della richiesta di trasporto su terra corrisponde ad una riduzione di utilizzo dei mezzi pubblici, come treni e bus. Infatti, come annunciato dall'EEA, "L'aumento del 20% della domanda tra il 1995 ed il 2008 rende estremamente difficile stabilizzare o ridurre l'impatto ambientale degli autotrasporti" [1].

In città come Londra, Parigi e Roma, l'impatto del trasporto su strada ha gravi conseguenze in termini di livelli di inquinamento; queste città hanno i peggiori livelli di qualità dell'aria nell'UE. Secondo l'EEA [4], l'autotrasporto è di gran lunga il più inquinante mezzo di trasporto rispetto ai chilometri percorsi, superando altri mezzi, a seconda dei parametri di valutazione, di più di un ordine di grandezza. Infatti, l'autotrasporto è il principale responsabile di emissioni di **NO_x**, il secondo per le emissioni di **PM_{2.5}** ed altri gas come il CO ed il terzo per le emissioni di **PM₁₀**. I

miglioramenti ottenuti con lo sviluppo di motori e carburanti più efficienti è parzialmente contrastato dall'aumento dei veicoli su strada.

Gli autotrasporti sono anche responsabili di numerosi decessi. E' stato stimato che gli incidenti stradali hanno causato nel 2004 1.2 milioni di morti in tutto il mondo, la maggior parte dei quali, il 90%, nei paesi a basso PIL. Secondo l'Istituto Canadese per l'Informazione sulla Salute, le collisioni tra veicoli sono la sesta causa di morte negli USA e sono responsabili per il 48% dei feriti gravi in Canada. Dati simili sono riportati in Europa. Secondo l'Eurostat, nell'EEA32 il numero annuale di morti causati dagli autotrasporti era vicino a 42,000 nel 2007 rispetto a meno di 90 morti causate dalla somma di trasporto su rotaia e voli aerei. Uno studio datato 2004 dell'EEA [2] mostra che, anche se la consapevolezza degli effetti e le implicazioni dell'autotrasporto personale, nella popolazione Europea, è significativo; il comportamento degli individui che sostengono di esserne a conoscenza è spesso non eco-sostenibile. Il fattore cruciale per rendere i comportamenti delle persone più eco-sostenibile è rendere i trasporti pubblici più allettanti all'utente finale. Questo concetto è a cuore del problema che il software, i-Tour, finanziato dalla Comunità Europea, presentato in questo articolo, cerca di risolvere.

Il progetto i-Tour

Il progetto i-Tour - "Intelligent Transport System for Optimised Urban Trips" è volto a sviluppare un'infrastruttura intelligente per assistere la navigazione personale attraverso una rete di trasporto multimodale. I client sono stati specificatamente sviluppati per favorire l'utilizzo dei mezzi pubblici. Per facilitare l'accesso alle informazioni di viaggio contestualizzate il sistema i-Tour prende in prestito metodologie tipiche dell'intelligenza ambientale per offrire un'interazione più naturale con il sistema centrale. Inoltre il client, per incoraggiare l'utilizzo dei mezzi pubblici, propone una serie di incentivi agli utenti finali sotto forma di "Serious Games" ed un sistema di premi basato sul comportamento sostenibile degli utenti, premiando gli utenti in grado di viaggiare minimizzando l'impatto ambientale e l'impatto sulla viabilità urbana optando per i mezzi pubblici piuttosto che quelli privati.

Il progetto i-Tour si avvale di una serie di soluzioni tecnologiche innovative. La visualizzazione delle rotte e delle tratte avviene attraverso diverse interfacce; la classica mappa bidimensionale è stata ampliata con una vista globale 3D interattiva ed un'ulteriore vista in prima persona in realtà aumentata che permette di analizzare le aree circostanti e accedere alle informazioni relative. Tali viste fanno uso delle classiche metafore di interazione, icone e linee rappresentano punti di interesse e percorsi suggeriti; informazioni addizionali sono disponibili in menu contestuali. Ma non manca l'interfaccia a gesti in grado di assistere l'utente quando un'interfaccia comune risulti di difficile utilizzo. L'utente è in grado in ogni momento di passare dalla vista bidimensionale alla vista tridimensionale semplicemente inclinando il dispositivo mobile; se l'utente porta il dispositivo in posizione verticale l'applicazione passa alla vista in realtà aumentata attivando la telecamera integrata e disegnando in sovrapposizione i punti d'interesse e le indicazioni stradali.

Una vista addizionale basata su un grafico radiale bidimensionale permette di visualizzare percorsi multipli simultaneamente; quando l'utente seleziona una destinazione di viaggio, in base alle preferenze impostate, il grafico visualizza, se sono disponibili, soluzioni multiple. Al centro del grafico radiale si trova il punto rappresentante la posizione attuale dell'utente. I punti più esterni rappresentano nodi di scambio in posizioni differenti, la distanza dal centro di ogni punto può rappresentare informazioni differenti. La più classica può essere la distanza in tempo dal punto centrale, ma se l'utente preferisce minimizzare lo spazio percorso il grafico si baserà su questa caratteristica dei nodi di scambio; altre possibili caratteristiche possono essere la qualità del servizio oppure la quantità di **CO₂** emessa da quella particolare soluzione di viaggio. I collegamenti tra i vari nodi di scambio rappresentano le possibili scelte che l'utente può intraprendere durante il viaggio. Quello che viene a crearsi è un albero che si estende dal centro del grafo dove ogni foglia finale rappresenta una differente soluzione di viaggio. Anche in questa vista l'utente è in grado di

visualizzare informazioni contestuali aggiuntive interagendo con i link tra i nodi o con i nodi stessi. La qualità del servizio, eventuali ritardi, e lo stato di occupazione dei mezzi sono mappati sulle linee e i punti della soluzione di viaggio attraverso colori e dimensioni. Tale interfaccia permette di individuare immediatamente la migliore soluzione e stabilire attraverso i colori dei collegamenti se esistono problemi su quella specifica linea. Un utente potrebbe preferire una soluzione di viaggio leggermente più lunga o meno eco-sostenibile a una con caratteristiche migliori ma dove i mezzi di trasporto sono pieni e quindi offrono una qualità di viaggio inferiore. Una parte fondamentale del progetto è il motore di routing, eseguire l'indirizzamento su un network stradale classico è relativamente semplice, ogni link possiede una velocità media stimata e non sono previste pause o attese, risulta quindi semplice trovare una buona soluzione con i classici algoritmi di percorso più breve (shortest path). In un motore multimodale bisogna in primis collegare vari network di collegamenti e creare un unico grafo in grado di rappresentare tutti i network; bisogna inoltre tenere presente gli orari dei mezzi pubblici, quindi dell'orario di viaggio, oltre a questo i-Tour tiene presente di eventuali problemi sui collegamenti, ritardi, e la qualità del servizio in genere.

Lavori d'interesse

I sistemi di navigazione sviluppati fino ad oggi sono stati sviluppati essenzialmente per la navigazione personale in automobile con alcuni software specifici per sottocategorie (ad es. ciclisti). Tali sistemi sono usualmente legati ad un singolo sistema di navigazione (auto, bicicletta). Poca attenzione è stata rivolta fino ad ora a creare un sistema multimodale basati ad esempio su punti di riferimento o all'integrazione di reti di trasporti differenti (es: treno, bus, auto). CityAdvisor (<http://www.cityadvisor.net/>) è un'applicazione per telefoni Windows Mobile 6.0 che fornisce la navigazione sulla rete di trasporto pubblico sulla base delle indicazioni e dei simboli di linee [5]. Le indicazioni fornite sono essenzialmente l'elenco ordinato di viaggio che l'utente deve prendere per arrivare a destinazione, senza fornire né la navigazione su come raggiungerli, né le modalità di transito tra i diversi segmenti di viaggio. Inoltre il sistema non fornisce alcuna raccomandazione in base alle preferenze degli utenti specifici né un meccanismo basato su aggiornamenti è stato messo in atto. Diversi studi hanno cercato di creare applicazioni mobile cercando di incentivare l'uso di scelte di trasporto sostenibile. Uno studio portato avanti negli Stati Uniti [6] ha dimostrato che "Se gli ostacoli all'uso dei mezzi pubblici potessero essere superati si potrebbero usare motivi diversi dall'eco-sostenibilità per convincere le persone ad adottare comportamenti sostenibili". Lo studio ha evidenziato che, mentre solo una minoranza (19%) degli intervistati considera l'eco-sostenibilità di viaggio come una delle loro priorità, la stragrande maggioranza (72%) ha dichiarato che sarebbero disposti a fissare obiettivi di per viaggiare in modo più "verde". Gli autori sottolineano l'importanza di adottare rappresentazione iconica, piuttosto che numerica, portando vantaggi quali la suggestione o l'estetica.

Quando si fa riferimento alla letteratura scientifica nell'ambito della consapevolezza contestuale, l'intelligenza ambientale e l'interazione multimodale; la ricerca si è concentrata sullo sviluppo di tecniche capaci di identificare il maggior numero possibile di informazioni contestuali. Una rilevante ricerca svolta da Korpipää et al. [7] ha permesso lo sviluppo di un "Context managing Framework" che usa un gestore di contesto ed un insieme di risorse e sistemi di ricognizione che diventano eventualmente l'interfaccia dell'applicazione finale.

Altri middleware sono SOCAM (Service Oriented Context Aware Middleware) [8] utilizzato per la creazione di applicazioni mobile "Context-Aware". CASS (Context Aware Sub-Structure) [9] è un middleware simile in grado di recuperare informazioni da diversi sensori distribuiti, raccogliarli e interpretarli. Un altro sistema specializzato nella "context awarness" per i dispositivi mobili è Hydrogen [10] che distingue tra contesto locale e remoto, il primo è estrapolato dai dati disponibili sul dispositivo mobile, il secondo è generato dai dati di tutti i dispositivi mobile collegati al sistema. CORTEX è invece un sistema basato su un modello ad oggetti senzienti [11] specificamente progettato per soddisfare i requisiti in uno scenario mobile.

Una grande quantità di documenti di ricerca è disponibile nel campo della cosiddetta intelligenza ambientale, in cui il comportamento degli utenti è stato monitorato in ambienti-intelligenti chiusi e molto controllati. Una crescente attenzione viene prestata ai comportamenti degli utenti in movimento, soprattutto per il monitoraggio sanitario. Alcuni esempi sono il lavoro di Consolvo et al. [12] che fanno uso di telefoni cellulari collegati via Bluetooth alle unità di controllo portatili per il rilevamento di valori biologici. Le informazioni sui movimenti vengono utilizzate dal telefono cellulare per creare incentivi all'attività fisica e stili di vita sani. Altre applicazioni simili fanno uso di unità di rilevazione esterna [13]. Diversi lavori di ricerca fanno uso di informazioni provenienti dai sensori montati sui cellulari, come nel caso di WISDM (Wireless Sensor Data Mining) [14] in cui vengono utilizzati i telefoni Android per rilevare attività come camminare, fare jogging, salire o scendere le scale o rimanere stazionari (ad esempio, seduti o in piedi). Le informazioni sono state campionate ad una frequenza di 20Hz. Le registrazioni sono state suddivise in spezzoni di 10 secondi ognuna utilizzate successivamente per valutare il comportamento dei 6 valori analizzati, cioè l'accelerazione media per ogni asse, la deviazione standard per ogni asse, la differenza assoluta media, l'accelerazione media risultante, il tempo tra i picchi (Il tempo tra i picchi di un pattern sinusoidale associato all'attività per ogni asse). Tipicamente i parametri relativi ad ogni contesto sono definiti in tuple attributo-valore. Ogni sensore genera tuple con informazioni su ogni misura. Molti componenti agiscono in maniera unimodale e trasferiscono quindi le informazioni ad aggregatori a più alto livello che inferiscono lo stato finale in base al contesto. Sono state sviluppate tecniche per estrarre informazioni dai dati storici dei sensori ed utilizzare queste informazioni per inferire più correttamente il contesto corrente.

Approcci simili sono stati sviluppati dalla comunità scientifica per le interazioni multimodali. In questo contesto con il termine "multimodali" andiamo ad indicare la possibilità di interagire con un'interfaccia software attraverso differenti modalità di interazione (es. voce, gesti, sguardo). Al contrario dei trasporti multimodali che si riferiscono a viaggi basati su differenti mezzi di trasporto. Molti studi hanno esplorato tecniche per "fondere" informazioni provenienti da sensori unimodali in azioni multimodali più articolate. Il problema è in realtà simile a quello affrontato dall'area di ricerca del "Context Awareness" e cerca di capire ed interpretare la combinazione di comandi in base al contesto dell'utente. Un certo numero di "Tecniche di Fusione" sono state sviluppate come si può leggere nella letteratura, [15]. Tra i più famosi sistemi troviamo la "fusione semantica" [16][17], il metodo MTC (Members-Teams-Committee) [18] così come altre tecniche statistiche. L'adozione di un'interfaccia multimodale sui dispositivi mobile permette di ottenere una maggiore ergonomia attraverso l'adozione di interazioni più naturali e un'interfaccia adattabile.

È importante sottolineare che i-Tour essendo un PMA (Personal Mobility Assistant) multimodale ha una serie di requisiti aggiuntivi usualmente non richiesti da sistemi di navigazione standard. I-Tour deve essere in grado non solo di fornire la strada più breve su una rete stradale semplice ma dovrà analizzare reti multimodali, quindi il sistema, e più specificatamente la sua interfaccia, sono state progettate per favorire l'utilizzo dei mezzi pubblici e le tratte più ecosostenibili. Per calcolare la rotta migliore in una network complessa, come potrebbe essere quella di Londra o Parigi, è necessario tenere presente che una destinazione può essere raggiunta in svariati modi. Questo è particolarmente importante quando l'infrastruttura deve essere in grado di gestire informazioni in tempo reale sulla posizione e lo stato di occupazione dei veicoli o la qualità del servizio.

Multi Level Contextual Awareness

L'interfaccia di i-Tour si adatta al contesto nel quale l'utente si trova (auto, passeggio, bici, treno); le informazioni sono generate da un sistema di rilevazione che inferisce le informazioni da tutti i sensori disponibili sul dispositivo. I "sensori" vanno visti come qualsiasi fonte di informazione utile a capire l'attuale stato dell'utente. Sensori veri e propri come gli accelerometri ed il GPS sono utili ad analizzare velocità e posizione dell'utente, ma allo stesso modo analizzando la potenza del segnale GPS possiamo capire se l'utente si trova all'interno di un edificio o all'aperto. Il sistema di riconoscimento dello stato corrente funziona a livelli. A livello più basso il sistema registra i dati

dai sensori a frequenza costante, sulla base di questi dati e dei dati di allenamento registrati in precedenza, il modulo di riconoscimento calcola le probabilità per ogni contesto per ogni sensore. Infine, queste probabilità vengono passate al modulo di fusione che combina i risultati per ogni sensore. Al fine di adattare il sistema alle esigenze del singolo utente, nonché alle differenze tra i sensori dei diversi dispositivi, il motore di riconoscimento può essere istruito con vettori di correzione specifici. Quando il sistema ha determinato un contesto con una soglia di sicurezza differente l'interfaccia di i-Tour cambia per adattarsi al nuovo contesto. Per esempio se l'utente è fermo l'interfaccia può diventare più complessa e dettagliata e mostrare funzionalità aggiuntive. Se l'utente si sta muovendo a piedi sarà più complesso interagire con il dispositivo quindi l'interfaccia si adatterà rimuovendo le funzioni superflue ed adattando le zone di input. Se il sistema è in grado di rilevare anche su quale particolare mezzo stiamo viaggiando l'interfaccia può essere contestualizzata più efficacemente; ad esempio in bicicletta il feedback visivo dovrebbe essere ridotto al minimo passando ad un'interfaccia sonora quando possibile. Se l'auricolare non è collegato si dovrebbero utilizzare suoni precisi ad esempio per segnalare la fine del viaggio o altri eventi. Con l'auricolare collegato gli eventi potrebbero essere descritti più in dettaglio da una voce registrata. Se il dispositivo non è in mano o a contatto dell'utente i feedback vibro-tattili dovrebbero essere disabilitati (es. Quando il dispositivo è su un supporto). Va fatto notare che l'utente deve essere in grado di ritornare all'interfaccia standard in maniera facile e veloce, sia per compensare errori da parte del sistema di riconoscimento del contesto sia per lasciare all'utente la libertà di interagire indipendentemente dal contesto in cui si trova.

Conclusioni e Sviluppi Futuri

La combinazione di un sistema di navigazione multimodale con un'interfaccia innovativa e adattabile con un insieme di servizi adatto ad assistere il viaggiatore rappresenta un approccio innovativo al problema della mobilità personale che va oltre il semplice navigatore satellitare. Altre estensioni del sistema prevedono lo sviluppo di interfacce di gioco volte sempre a favorire l'utilizzo del mezzo pubblico attraverso premi acquisiti attraverso l'adozione di modalità di viaggio ecosostenibili, successivamente utilizzabili nei giochi per ottenere bonus o oggetti. In quest'area è complesso riuscire a creare un gioco che favorisca comportamenti sostenibili senza trasformare il gioco in una noiosa corsa ai punti. Si stanno valutando varie strategie per creare esperienze di gioco piacevoli attraverso la collaborazione degli utenti e la competitività per favorire l'apprendimento delle problematiche dell'eco-sostenibilità dei trasporti oltre che rendere la scelta del trasporto pubblico un'opzione meno tediosa e più piacevole.

Riconoscimenti

Il lavoro presentato in questo articolo ha ricevuto un finanziamento dalla Commissione Europea attraverso il settimo programma quadro (GA n. 234239) nel contesto del progetto i-Tour "intelligent Transport system for Optimised Urban trips".

References

1. Transport statistics (Eurostat), published on 20 Jan 2009
2. European Environment Agency (2004). TERM 2004 40 – Public Awareness and Behavior.
3. J.-P. Rodrigue, C. Comtois, B. Slack (2009). The Geography of Transport Systems. Routledge.
4. EEA (European Environment Agency). Report No 2/2010
5. A. Smith. 2010. Mobile Access 2010.
6. J. Froehlich, T. Dillahunt, P. Klasnja, J. Mankoff, S. Consolvo, B. Harrison, and J. A. Landay. 2009. UbiGreen: investigating a mobile tool for tracking and supporting green transportation habits. In Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems (CHI '09). ACM, USA, 1043-1052.

7. Korpipää, P. and Mäntyjärvi, J. 2003. An ontology for mobile device sensor-based context awareness, Proceedings of CONTEXT, 2003, Vol. 2680 of Lecture Notes in Computer Science, pp.451–458.
8. Gu, T., Pung, H.K. and Zhang, D.Q. 2004. A middleware for building context-aware mobile services, Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference (VTC), Milan, Italy.
9. Fahy, P., Clarke, S. 2004. CASS – a middleware for mobile context-aware applications, Work. on Context Awareness, MobiSys 2004.
10. Hofer, T., Schwinger, W., Pichler, M., Leonhartsberger, G. and Altmann, J. 2002. Context-awareness on mobile devices – the hydrogen approach, Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, pp.292–302.
11. Biegel, G. and Cahill, V. 2004. A framework for developing mobile, context-aware applications, Proceedings of the 2nd IEEE Conference on Pervasive Computing and Communication, pp.361–365.
12. S. Consolvo, D. W. McDonald, T. Toscos, M. Y. Chen, J. Froehlich, B. Harrison, P. Klasnja, A. LaMarca, L. LeGrand, R. Libby, I. Smith, and J. A. Landay. 2008. Activity sensing in the wild: a field trial of ubifit garden. In Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems (CHI '08). ACM, USA, 1797-1806.
13. Choudhury T., Consolvo S., Harrison B., Hightower J., LaMarca A., LeGrand L., Rahimi A., Rea A., Bordello G., Hemingway B., Klasnja P., Koscher K., Landay J.A., Lester J., Wyatt D., Haehnel D. 2008. The Mobile Sensing Platform: An Embedded Activity Recognition System. In Pervasive Computing, IEEE, Volume: 7 Issue:2, pp 32-41, Issue Date: April-June 2008,
14. J R Kwapisz, G M Weiss, S A Moore. 2010. Activity Recognition using Cell Phone Accelerometers. In Human Factors, pp. 10-18.
15. D. Lalanne, L. Nigay, P. Palanque, P. Robinson, J. Vanderdonckt, and J-F. Ladry. 2009. Fusion engines for multimodal input: a survey. In Proceedings of the 2009 international conference on Multimodal interfaces (ICMI-MLMI '09). ACM, USA, 153-160.
16. Wu, L., Oviatt, S. and Cohen, P. R. 1999. Multimodal integration: a statistical view, IEEE Trans. on Multimedia, Vol.1(4), pp. 334-342.
17. Johnston, M. et al. 1997. Unification-based multimodal integration. Madrid, Spain : Association for Computational Linguistics, 1997. Proc. of the eighth conference on European chapter of the Association for Computational Linguistics. pp. 281-288.
18. Gee J. P. 2003. What video games have to teach us about learning and literacy. In Computers in Entertainment, Vol.1(1), ACM.