

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO BICOCCA
FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI
Corso di Laurea Magistrale in Informatica



ESTENSIONE DI UNA PIATTAFORMA A SUPPORTO DELL'INTEROPERABILITÀ BASATA SU MODELLI SPAZIALI

Relatore

Dott. Daniela Micucci

Correlatore

Dott. Francesco Fiamberti

Dott. Diego Bernini

Candidato

Alessio Vertemati

MATRICOLA 701554

Anno Accademico 2011/2012

1 Introduzione

Lo sviluppo di sistemi *location-aware* nel corso dell'ultima decade è stato favorito dalla rapida crescita della disponibilità di sensoristica in grado di rilevare la posizione di entità sia in ambienti *indoor* che *outdoor* [1]. Con sistema *location-aware* si intende un sistema in grado di presentare, recuperare o filtrare informazioni rilevanti per l'utente in relazione alla posizione in cui si trova [2].

Si consideri, ad esempio, come ambiente una città. Un'applicazione *location-aware* potrebbe voler trattare la localizzazione dell'utente in termini della via in cui si trova, utilizzando, quindi, una rappresentazione cartografica della città. Un'altra applicazione, invece, potrebbe localizzare l'utente mediante la sua posizione nella città su di un grafo rappresentante le tappe di un tour guidato, per fornire informazioni aggiuntive sulla tappa attuale e sulle successive. Dall'esempio riportato si evidenzia che uno stesso spazio fisico può essere rappresentato mediante differenti modelli spaziali in modo da poter supportare applicazioni che ragionano su rappresentazioni spaziali diverse, rendendo, quindi, il concetto di *spazio* evidente a livello del dominio applicativo.

I sistemi *location-aware* utilizzano sensori per localizzare l'utente ed offrire servizi allo stesso sfruttando molteplici rappresentazioni spaziali dell'ambiente. Una generalizzazione di tali applicazioni possono essere quelle realizzate basandosi sul paradigma del *Pervasive Computing* [3] il cui scopo è di semplificare la vita quotidiana attraverso ambienti digitali che siano sensibili, adattabili, e rispondenti ai bisogni dell'utente. Un sistema di *Pervasive Computing* richiede la percezione del contesto in cui l'utente si trova per fornire una più ricca e ampliata modalità di interazione da parte dell'utente stesso, oltretutto ad una intelligenza per l'esecuzione di azioni sull'ambiente dipendenti dal contesto in cui l'utente si trova ad operare. Dal punto di vista tecnologico, il *Pervasive Computing* si basa sulla disponibilità di ambienti *responsive*.

Il termine *Responsive Environment* [4] è utilizzato in letteratura per indicare ambienti fisici arricchiti da *dispositivi di input* (ad esempio sensori, telecamere e sistemi di localizzazione) e da *dispositivi di output* (ad esempio schermi, luci e motori). I dispositivi di input percepiscono gli *stimoli* provenienti dalle entità che occupano l'ambiente, mentre i dispositivi di output eseguono attuazioni nell'ambiente sulla base di opportuni *comandi*. I *Responsive Environment* sono, quindi, in grado di *percepire* gli utenti e *rispondere ad essi* grazie alla presenza di un sistema informatico che riceve i dati dai sensori (*flusso di input*) e invia i comandi agli attuatori (*flusso di output*).

Si pensi, ad esempio, all'applicazione dell'esempio precedente che localizza l'utente sulla rappresentazione cartografica della città. L'applicazione potrebbe ricevere anche dati sensoriali provenienti da sensori di luminosità (*flusso di input*) e, sulla base di regole prestabilite, inviare dei comandi di accensione all'illuminazione stradale (*flusso di output*). Ne consegue che sistemi *Responsive Environment* necessitano di stabilire flussi informativi dai device alle applicazioni e viceversa.

La piattaforma *Space Integration Service (SIS)* [5] è stata progettata e realizzata¹ per supportare rappresentazioni spaziali eterogenee nei sistemi *location-aware*, con particolare enfasi alle applicazioni dei *Responsive Environment*. Infatti, supporta lo scambio di informazioni localizzate spazialmente mediante il meccanismo *publish* e *subscribe* permettendo non solo una comunicazione fra componenti di una medesima

¹ La piattaforma è stata progettata e realizzata dal Laboratorio di Architetture Software (SAL) del Dipartimento di Informatica Sistemistica e Comunicazione dell'Università di Milano – Bicocca.

applicazione ma anche fra applicazioni differenti senza l'esplicita necessità di conoscere il mittente e il destinatario delle informazioni. Alla base del meccanismo di publish e subscribe vi è il concetto di spazio come insieme finito, non vuoto, di locazioni organizzate secondo un modello spaziale. Sulla base del concetto di locazione come unità principale si fondano: il concetto di mapping, ossia una coppia ordinata di locazioni appartenente a spazi differenti; il concetto di contesto spaziale come enumerazione di locazioni afferenti ad uno spazio ed, infine, il concetto di matching diretto e indiretto. Un matching diretto si ha quando l'intersezione tra due contesti spaziali definiti sullo stesso spazio è non vuota, mentre un matching indiretto si ha quando due contesti definiti su spazi differenti sono entrambi in situazione di matching diretto con un contesto intermedio, in altre parole quando sono in situazione di matching con locazioni di spazi coinvolte in mapping.

Tuttavia, l'evoluzione dei sistemi di localizzazione, con conseguente aumento di accuratezza e precisione [6], ha portato a considerare una revisione del modello concettuale alla base della piattaforma SIS spostando il focus sul concetto di spazio infinito. In tale contesto può accadere che le locazioni non possano essere enumerate completamente e le applicazioni possano voler ragionare secondo livelli di precisione arbitrari, libere da vincoli imposti dal modello spaziale. Un esempio tipico di questa categoria di spazi è quello geodetico, secondo il quale i punti sulla superficie terrestre sono espressi mediante numeri reali a precisione potenzialmente infinita (ad esempio si faccia riferimento alla rappresentazione in gradi decimali delle coordinate di latitudine e longitudine).

2 Rivisitazione del modello concettuale di SIS

Il contributo principale della tesi è quindi la revisione della modellazione concettuale di SIS e la conseguente revisione dei meccanismi di pubblicazione, sottoscrizione, creazione di mapping e matching alla base del funzionamento della piattaforma SIS.

Si considera uno spazio come un insieme di locazioni *potenziali*, definite in accordo con un modello spaziale che fornisce anche una prametrica [7] applicabile tra le locazioni. La prametrica è una misura analoga alla distanza ma che non soddisfa la disuguaglianza triangolare.

È da sottolineare come la precedente definizione di spazio si applichi sia ai casi in cui l'insieme di locazioni è infinito sia per insiemi finiti poiché con *potenziale* si intendono le locazioni ammissibili definite in relazione al modello spaziale (ad esempio se consideriamo un grafo le locazioni ammissibili sono i nodi). Si distinguono, quindi, le *locazioni ammissibili* dalle *locazioni effettive* che sono quelle *usate* dalle applicazioni. Ai fini pratici delle applicazioni, le locazioni effettive sono, necessariamente, in numero finito.

Al fine di poter effettuare operazioni di pubblicazione, sottoscrizione e creazione dei mapping, è stato generalizzato il concetto di *contesto spaziale* (nel seguito nominato semplicemente *contesto*) come un sottoinsieme di locazioni potenziali appartenenti ad uno spazio, $SC \subseteq S$, definito mediante:

1. un insieme, anche vuoto, di *locazioni caratteristiche* appartenenti a S e
2. una *funzione di appartenenza* f_A , $f_A: S \rightarrow \{false, true\}$, indicante se una data locazione appartiene o no a al contesto.

Intuitivamente un contesto spaziale è una modalità di selezione di locazioni appartenenti ad uno spazio realizzata mediante un insieme di locazioni caratteristiche appartenenti allo spazio ed una funzione di appartenenza che data una locazione indica se appartiene o non al contesto.

Sono state definite quattro specializzazioni di contesto spaziale: il contesto *enumerativo*, in cui le locazioni sono elencate esplicitamente sotto forma di locazioni caratteristiche (questo per compatibilità con la gestione degli insiemi finiti nella versione base di SIS e per semplificare la gestione delle pubblicazioni puntuali); il contesto *prametrico*, nel quale si selezionano tutte le locazioni ad una distanza specificata (tramite la prametrica) da una locazione caratteristica; il contesto *poligonale*, che permette la selezione di tutte le locazioni nell'area delimitata da una poligonale in cui i vertici sono rappresentati dalle locazioni caratteristiche ed in fine il contesto *funzionale*, in cui l'insieme di locazioni caratteristiche è vuoto e l'appartenenza delle locazioni al contesto è data dall'applicazione della sola funzione di appartenenza.

Il concetto di matching risulta fondamentale per permettere il corretto flusso delle informazioni pubblicate da una applicazione verso un contesto di sottoscrizione, sia esso sullo stesso spazio (*match diretto*) o su uno spazio diverso nel caso in cui sia presente un mapping opportuno (*match indiretto*). Tale concetto è stato attualizzato all'uso dell'intersezione dei contesti spaziali generalizzati invece che operare sulle singole locazioni come nella versione di SIS operante solo su spazi finiti.

3 Prototipazione del modello

La rivisitazione concettuale è stata poi implementata in un prototipo basato sull'implementazione esistente di SIS, operante su spazi finiti. L'estensione a spazi infiniti è stata progettata come un livello aggiuntivo nella stratificazione architetturale della piattaforma (Figura 1), ad un livello intermedio tra l'esposizione delle primitive basate sul concetto di spazio finito (*Core*) e il livello di accesso (*Distributed access*), che espone alle applicazioni le primitive di pubblicazione e sottoscrizione, oltreché di gestione degli spazi e dei mapping. Il livello Core si appoggia, poi, su un motore a regole per facilitare le operazioni di matching tra contesti spaziali.

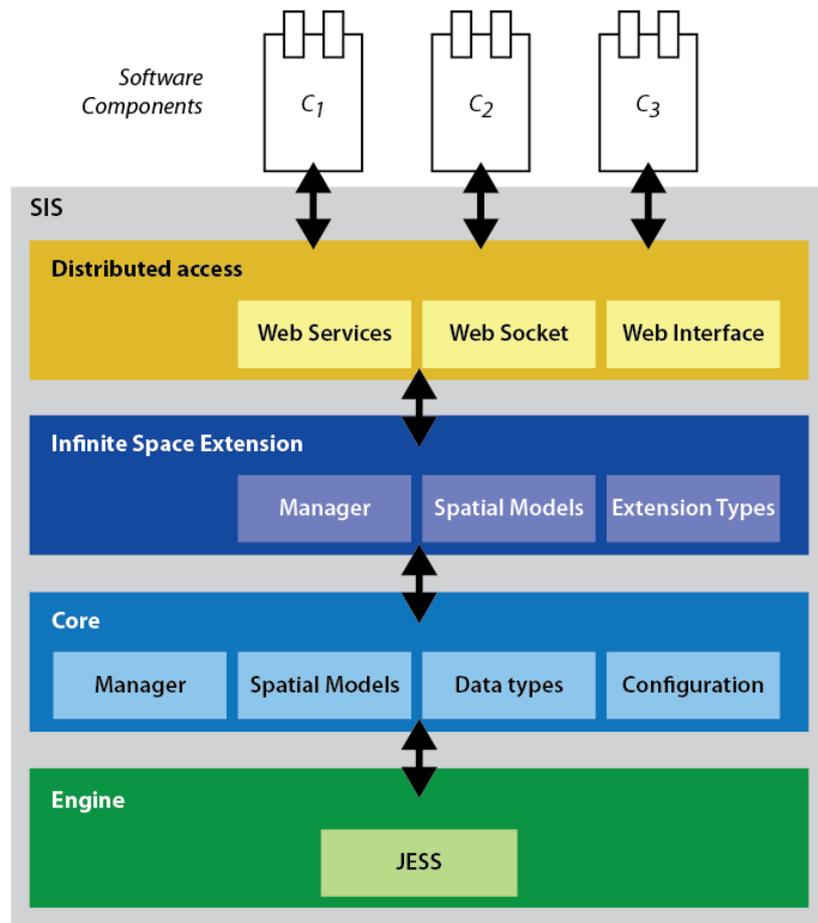


Figura 1 – Struttura architetturale di SIS con introduzione del livello di gestione degli spazi potenzialmente infiniti.

La tecnica presa in considerazione per la gestione degli spazi infiniti e le operazioni su essi praticabili, ispirata da [8] è volta a superare i problemi originati dalla tassellazione, ossia dall'approssimazione di uno spazio continuo mediante discretizzazione delle sue coordinate. La tecnica proposta fa uso del concetto di *Spatial Context Fingerprint*, un identificatore simbolico ottenibile a partire da un generico contesto spaziale. Tale identificatore viene utilizzato nella fase di creazione dello spazio finito di supporto che è usato per sfruttare l'implementazione esistente del motore a regole. Lo spazio di supporto è uno spazio di nomi in cui le locazioni sono gli identificatori dei contesti spaziali definiti sullo spazio infinito.

Il prototipo è stato collaudato in uno scenario applicativo afferente al progetto di ricerca *Integrated Multimodal Platform for Urban and Extra Urban Logistic System Optimization* (IMPULSO), che ha costituito un test sul campo della bontà della soluzione proposta per la gestione degli spazi infiniti. Sono state eseguite, inoltre, delle prove sperimentali atte a misurare le prestazioni del prototipo, al fine di validare la bontà della prototipazione e delle tecniche utilizzate nei casi limite, tenendo in considerazione fattori come il tempo medio di ragionamento² e l'occupazione di memoria oltreché la loro dipendenza dalle dimensioni dei contesti spaziali coinvolti.

² Ovvero il tempo intercorso tra la presa in carico della pubblicazione e la disponibilità della notifica contenente l'informazione pubblicata con la contestualizzazione spaziale verso le applicazioni.

4 Conclusioni

Questa tesi ha proposto l'estensione del modello concettuale utilizzato dalla piattaforma di integrazione spaziale *Space Integration Services* al fine gestire rappresentazioni spaziali che possono coinvolgere potenzialmente infinite locazioni.

Il contributo principale ha riguardato la parte di modellazione concettuale, che è stata riveduta a partire dalla ridefinizione del concetto di contesto spaziale; sono state poi generalizzate le operazioni primitive, con particolare attenzione ai mapping, che permettono il flusso delle informazioni tra rappresentazioni spaziali differenti. La rivisitazione del concetto di contesto spaziale ha anche permesso di trattare in modo efficiente le operazioni (publish, subscribe, creazione mapping) che prevedono la selezione di aree all'interno degli spazi infiniti nei quali il modello basato sull'enumerazione delle locazioni non risulta applicabile.

Il principale sviluppo futuro di questo lavoro di tesi consisterà nell'integrazione dell'estensione proposta con il livello Core di SIS. Ciò consentirà di superare la necessità di rappresentare i contesti spaziali degli spazi infiniti in termini di spazi finiti, consentendo anche di sfruttare in modo più efficiente il motore a regole.

5 Riferimenti

- [1] Hightower, J. and Borriello, G. Location systems for ubiquitous computing. *IEEE Computer*, 34, 8 (2001), 57-66.
- [2] Butz, A., Baus, J., and Krüger, A. Different views on location awareness. In *Workshop notes of the ECAI 2000 workshop on Artificial Intelligence in Mobile Systems*, (2000), Citeseer.
- [3] Saha, D. and Mukherjee, A. Pervasive computing: a paradigm for the 21st century. *Computer*, 36, 3 (marzo 2003), 25-31.
- [4] Bullivant, L. *Responsive environments: architecture, art and design*. Victoria & Albert Museum (2006).
- [5] Bernini, D., Fiamberti, F., Micucci, D., and Tisato, F. Architectural abstractions for spaces-based communication in Smart Environments. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 4, 3 (2012), 253-277.
- [6] Patterson, C. A., Muntz, R. R., and Pancake, C. M. Challenges in location-aware computing. *Pervasive Computing, IEEE*, 2, 2 (april-june 2003), 80-89.
- [7] Aldrovandi, R. and Pereira, J. G. *An Introduction to Geometrical Physics*. World Scientific (1995). http://books.google.it/books?id=w8hBT4DV1vkC&printsec=frontcover&hl=it&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false.
- [8] Davis, W. A. Hybrid Use of Hashing Techniques for Spatial Data. In *Proceedings Auto Carto London* (1986), 127-135.