

Monitoraggio dello stile di vita basato su sensori non invasivi e campi recettivi stigmergici

Mario G.C.A. Cimino, Gigliola Vaglini

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Pisa
mario.cimino@unipi.it, gigliola.vaglini@unipi.it

Abstract

Un numero crescente di oggetti che indossiamo o che sono a noi vicini può avere sensori incorporati. Ciò consente il monitoraggio continuo del nostro stile di vita, per aiutarci a capire quando sono in atto deviazioni altrimenti impercettibili, potenziali sintomi di problemi di salute o di cali di prestazioni. A tale scopo occorre un sistema in grado di apprendere le nostre abitudini e di percepirne le variazioni. Questo sistema percettivo non deve interpretare le attività che svolgiamo, ma può rilevare che qualcosa di diverso sta accadendo. Grazie a diversi progetti in ambito di promozione del benessere e della salute, negli ultimi anni abbiamo sviluppato un metodo di rappresentazione comportamentale basato sulla generazione di cosiddette impronte stigmergiche.

1 Introduzione

Oggigiorno c'è una grande disponibilità di dispositivi intelligenti di uso generale, come telefoni, orologi, vestiti, scarpe e calzini, per misurare passi, battito cardiaco, movimento del corpo, ecc. In aggiunta, aumentano gli oggetti di uso comune, come i sistemi di localizzazione indoor, che possono fornire altre informazioni sulle nostre attività senza essere invasivi.

Il termine "smart" è comunemente riferito a miniaturizzazione, integrazione fisica con la vita di tutti i giorni, capacità di connessione autonoma e condivisione dei dati attraverso il web. Le comuni interfacce software fornite in dotazione con i dispositivi smart visualizzano dati o attività semplici, come il pedometro o la frequenza cardiaca, e diventano di scarso interesse dopo un breve periodo di tempo. Studi hanno dimostrato che il monitoraggio e l'osservazione degli eventi comportamentali è invece più persuasivo della visualizzazione di sequenze di valori o etichette, perché richiede meno lavoro cognitivo e meno attenzione da parte dell'utente.

In letteratura sono stati sviluppati molti sistemi per rilevare le attività quotidiane (note come activities of daily living) come base per rappresentare il comportamento umano [Barsocchi *et al.*, 2015]. Per affrontare la natura intrinsecamente complessa, dipendente dall'utente, variabile

nel tempo e incompleta dei dati sensoriali e della logica comportamentale umana si possono utilizzare tecniche diverse, tra cui l'apprendimento automatico e la modellazione probabilistica. Molto lavoro tuttavia deve essere ancora fatto prima che tali sistemi possano essere gestiti regolarmente. Un altro importante problema sollevato dalla necessità della modellazione delle attività quotidiane è che tale modellazione solleva preoccupazioni sulla riservatezza, a causa dell'accesso diretto e dell'elaborazione di dati personali, e alla modellazione e al tracciamento espliciti del comportamento individuale. Infine, anche volendo adoperare tali attività quotidiane da parte degli operatori sanitari per valutare lo stato funzionale delle persone, esistono alcuni requisiti importanti: il sistema di monitoraggio deve utilizzare un numero limitato di stati, essere altamente flessibile, gestire l'incertezza e consentire una personalizzazione di cosa monitorare e come notarlo.

Per far fronte a questi problemi, abbiamo sviluppato una nuova architettura, che si basa sulla rappresentazione *stigmergica* del comportamento. Nell'architettura proposta, i campioni di input sono aggregati da strutture funzionali chiamate *tracce stigmergiche*. Tali tracce vengono generate associando a ciascun campione una *impronta stigmergica* che permette ai campioni di aggregarsi sulla base della prossimità spazio-temporale. Il processo complessivo è controllato da unità computazionali denominate *Campi Recettivi Stigmergici* (CRS), in grado di fornire una misura di (dis-)similarità tra flussi di dati. I CRS possono essere organizzati in un sistema multi recettore detto *perceptrone stigmergico*. I perceptron stigmergici possono a loro volta essere organizzati in architetture multistrato, e adattati al comportamento contestuale di un utente mediante l'algoritmo di Evoluzione Differenziale (ED) [Cimino *et al.*, 2015].

La novità dello studio intrapreso riguarda sia la struttura di un campo recettivo che il modo in cui tali campi recettivi sono formati e adattati. Al fine di favorire la ricerca collaborativa e l'utilizzo dell'architettura stigmergica in vari ambiti applicativi, il codice del perceptrone stigmergico è scaricabile liberamente [Cimino *et al.*, 2019]. Nel nostro approccio il concetto di campo recettivo si riferisce a uno stile architeturale costituito da una raccolta di recettori locali che classificano un micro comportamento in un dominio di modellazione agnostico. Poiché il micro

comportamento non è individuale, un campo ricettivo stigmergico può essere riutilizzato per un'ampia classe di pazienti / utenti. L'uso di CRS viene quindi proposto come un modo più generale ed efficace di progettare il rilevamento di micro-pattern. Inoltre, il CRS può essere utilizzato in un'architettura multistrato, fornendo così ulteriori livelli di elaborazione al fine di realizzare anche un'analisi macroscopica sul lungo periodo, sia in termini di classificazione che di categorizzazione.

La prossima sezione riassume gli ambiti di applicazione dell'architettura proposta, e riferisce articoli scientifici dove trovare ulteriori dettagli sui relativi progetti di ricerca.

2 Ambiti di applicazione

Tre degli ambiti di applicazione, sviluppati in progetti sul tema del monitoraggio comportamentale del benessere e della salute, sono: mobilità indoor, sonno, ed attività fisica.

La ricerca sull'analisi del comportamento in *mobilità indoor* è stata sviluppata con l'obiettivo di monitorare gli anziani che vivono soli nelle loro case utilizzando un sistema di localizzazione poco invasivo [Barsocchi *et al.*, 2015]. Lo scopo è quello di affrontare in modo più proattivo e preventivo le malattie croniche legate all'età come depressione, insufficienza cardiaca, artrite e così via. In effetti, molte malattie inizialmente mancano di sintomi evidenti, e quindi non causano coinvolgimento emotivo che potrebbe attivare il processo decisionale, ma causano semplicemente deviazioni graduali di aspetti come la mobilità o parametri vitali. In tale ricerca, la posizione in casa degli anziani viene periodicamente stimata da un sistema di localizzazione e presa come input per il sistema di monitoraggio per costruire una traccia di mobilità stigmergica. La somiglianza tra la traccia corrente e una traccia di riferimento rileva la variazione della situazione di comportamento corrente. Nel caso di una donna di 90 anni, affetta da depressione, monitorata per 24 giorni, il sistema è stato in grado di rilevare la variazione comportamentale causata da sintomi depressivi, come diminuzione dell'appetito e della vita sociale, aumento del tempo di sonno totale e risvegli notturni.

La ricerca sul comportamento del *sonno* mira a rilevare la variazione di qualità del sonno [Alfeo *et al.*, 2017a]. Il deficit anche parziale del sonno è stato collegato a problemi di salute a lungo termine come il diabete, l'ipertensione e le malattie cardiache, e recenti studi suggeriscono che sia la vera causa dell'esaurimento. Orologi intelligenti di recente introduzione possono essere utilizzati per monitorare la variazione dei pattern di sonno, grazie ai sensori di cui sono dotati. I dati rilevati, cioè la frequenza del battito cardiaco e l'accelerazione del polso, vengono elaborati per produrre una impronta stigmergica di sonno. Confrontando la attuale traccia stigmergica con una traccia prodotta nel sonno normale si può ricavare una sorta di diario delle tracce del sonno, che consente di rilevare la variazione della qualità del medesimo. Nel caso di una donna di 88 anni colpita da ipertensione arteriosa, che ha indossato uno smartwatch per 20 notti, il sistema è stato in grado di rilevare lo

spostamento comportamentale causato dai risvegli e da una variazione della qualità generale del sonno.

La ricerca sul comportamento in termini di *attività fisica* fa parte di un progetto più ampio il cui scopo è quello di rilevare la fragilità negli anziani, attraverso uno smartwatch [Alfeo *et al.*, 2017b], oppure attraverso scarpe sensorizzate. L'attività fisica è importante per un sano invecchiamento. È necessaria una migliore comprensione dei livelli di attività fisica misurati negli anziani, poiché la maggior parte degli studi correnti si basa su interviste ed auto segnalazione. Gli effetti del condurre un crescente stile di vita sedentario non sono spesso evidenti. Pertanto, un sistema non invasivo di monitoraggio è significativo per l'utente. I dati sono stati raccolti tra soggetti di età compresa tra 60 ed 80 anni, misurando la frequenza cardiaca, l'accelerazione e il pedometro in una varietà di livelli di attività fisica. Il sistema genera una traccia di attività degli anziani, che può essere confrontata con una traccia di riferimento per fornire livelli di attività fisica. Di conseguenza, è in grado di rilevare lo spostamento del comportamento causato da debolezza fisica e perdita di forza. In un progetto corrente, il monitoraggio del livello di attività fisica è avvenuto attraverso scarpe sensorizzate, e su un periodo di 30 giorni.

Due progetti correnti che finanziano tale ricerca sono "KI-FOOT: calzatura sensorizzata per l'analisi del cammino" (fin. Reg. Toscana), e "PRA 2018_81: Sistemi di sensori indossabili: analisi personalizzata e sicurezza dei dati in ambito healthcare" (fin. Università di Pisa).

Riferimenti bibliografici

- [Barsocchi *et al.*, 2015] P. Barsocchi, M.G.C.A. Cimino, E. Ferro, A. Lazzeri, F. Palumbo, G. Vaglini, "Monitoring elderly behavior via indoor position-based stigmergy", *Pervasive and Mobile Computing*, Elsevier Science, Vol. 23, Pages 26-42, 2015.
- [Cimino *et al.*, 2015] M.G.C.A. Cimino, A. Lazzeri, G. Vaglini "Improving the analysis of context-aware information via marker-based stigmergy and differential evolution", *Proc. of International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing (ICAISC)*, Poland, 2015, LNCA 9120, pp. 341-352.
- [Alfeo *et al.*, 2017a] A.L. Alfeo, P. Barsocchi, M.G.C.A. Cimino, D. La Rosa, F. Palumbo, G. Vaglini, "Sleep behavior assessment via smartwatch and stigmergic receptive fields", *Personal and Ubiquitous Computing*, Springer, Vol. 22, Issue 2, Pages 227-243, 2017.
- [Alfeo *et al.*, 2017b] A.L. Alfeo, M.G.C.A. Cimino, G. Vaglini, "Measuring Physical Activity of Older Adults via Smartwatch and Stigmergic Receptive Fields", in *Proc. INSTICC The 6th International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods (ICPRAM 2017)*, pp. 724-730, 2017.
- [Cimino *et al.*, 2019] M.G.C.A. Cimino, G. Vaglini, M. Monaco, A.L. Alfeo, F. Galatolo, A. Lazzeri, "Stigmergic Perceptron", Feb 2019. GitHub repository: <http://github.com/mlpi-unipi/stigmergic-perceptron>.