

Semantic Web of Things: dalla rappresentazione degli oggetti alla decisione automatica

Michele Ruta, Floriano Scioscia, Giuseppe Loseto, Giovanna Capurso, Agnese Pinto, Eugenio Di Sciascio

Politecnico di Bari - via E. Orabona 4, 70125 Bari
{nome.cognome}@poliba.it

Abstract

Il Semantic Web of Things è un nuovo paradigma che combina Semantic Web e Internet of Things per consentire l'annotazione di oggetti e processi in contesti pervasivi non predicibili come quelli industriali. Ne deriva una rappresentazione non ambigua su cui applicare algoritmi di ragionamento automatico in tempo quasi reale. Soluzioni innovative sono proposte per superare i classici limiti degli ambienti industriali ove è particolarmente rilevante l'esigenza di supportare le decisioni o attuarle per via automatica: i dati in campo vengono aggregati e annotati; da essi viene inferita conoscenza utile al processo decisionale che infine si riverbera sui dispositivi di attuazione.

1 Semantic Web of Things

Il *Semantic Web of Things* (SWoT) [Scioscia e Ruta, 2009; Jara *et al.*, 2014] adatta le tecnologie di rappresentazione della conoscenza inizialmente sviluppate per il Semantic Web a contesti orientati all'Internet of Things. Ciò permette di annotare, rispetto ad una base di conoscenza condivisa, oggetti rappresentati tramite micro-dispositivi a basso costo e non intrusivi quali sensori, transponder per l'identificazione a radiofrequenza (RFID) e *beacon* Bluetooth Low Energy (BLE).

Il paradigma SWoT deve fronteggiare le criticità tipiche dei sistemi pervasivi: eterogeneità delle piattaforme, imprevedibilità, volatilità e limitatezza delle risorse di calcolo, dipendenza dal contesto. Molte delle soluzioni attuali per l'IoT ereditano semplicemente tecnologie derivanti dalle reti infrastrutturate, con una gestione centralizzata dell'informazione. Qui si propone invece un'evoluzione su base semantica dei protocolli di comunicazione standard IoT con lo scopo di costituire sistemi distribuiti basati sulla conoscenza, capaci di gestire autonomamente il discovery e l'elaborazione delle informazioni a partire da dati grezzi estratti dal campo. Tra i principali protocolli interessati vi sono Bluetooth [Ruta *et al.*, 2006], RFID [De Virgilio *et al.*, 2011], ZigBee [Ruta *et al.*, 2010], EIB/KNX [Ruta *et al.*, 2011] e CoAP [Ruta *et al.*, 2013]. L'approccio proposto si fonda su un modello di *ubiquitous Knowledge Base* (u-KB) [Scioscia e Ruta, 2009]

definita come base di conoscenza distribuita senza coordinamento centralizzato, in cui ogni risorsa (oggetto, contesto o processo) fa riferimento ad un'ontologia che modella il particolare dominio applicativo. La ricostruzione al volo di un frammento della u-KB abilita i servizi di inferenza di un ragionatore progettato per sistemi mobili ed embedded [Scioscia *et al.*, 2014]. Si sfruttano comunque (i) algoritmi di compressione [Scioscia e Ruta, 2009] per lo storage efficiente delle annotazioni di oggetti/contesti/processi e (ii) servizi di inferenza non-standard, per identificare le caratteristiche in comune, in contrasto o assenti in un'annotazione rispetto ad un'altra. Il risultato è una misura di rilevanza semantica ed una giustificazione su base logica della comparazione tra due o più annotazioni. L'approccio supera in flessibilità ed efficacia il resource retrieval convenzionale basato su parole chiave e match esatti di attributi, risultando di grande utilità particolarmente in scenari in cui agenti mobili devono fornire supporto alle decisioni in tempo reale all'interno di ambienti dinamici.

Tra gli sviluppi più recenti della visione SWoT si annovera il *Physical Semantic Web* (PSW) [Ruta *et al.*, 2017], un'estensione del progetto *Physical Web* (PW; <https://github.io/physical-web/>) proposto da Google, basato su BLE. Il PW prevede la disseminazione di una serie di *beacon*, che condividono in broadcast un URL (Uniform Resource Locator) sfruttando BLE, e dispositivi mobili personali in grado di rilevarli per identificare gli oggetti presenti in un dato contesto. Gli URL sono associati solitamente a pagine Web create per scopi informativi o ad applicazioni Web che offrono servizi o esperienze interattive. Nonostante i vantaggi del PW in termini di generalità ed immediatezza delle interazioni dell'utente con gli oggetti in prossimità, esso presenta alcuni limiti: (i) i beacon possono condividere solo semplici URL, mentre tutte le informazioni aggiuntive devono essere recuperate attraverso una connessione Internet; (ii) è sempre richiesta un'interazione esplicita con l'utente; (iii) la classificazione delle risorse si basa unicamente sulla distanza degli oggetti, senza considerarne le caratteristiche intrinseche. Il framework PSW consente ad ogni oggetto di esporre attraverso il proprio URL non una semplice pagina Web, ma un'intera annotazione che ne descrive stato, caratteristiche e funzionalità. Le annotazioni possono essere aggiornate ed integrate durante la vita di un oggetto (si pensi ad esempio a sensori ed attuatori) al fine di riflettere l'evoluzione delle capacità e

percezioni dell'oggetto stesso (o di un contesto o di un processo). L'evoluzione protocollare proposta nel PSW consente inoltre una comunicazione peer-to-peer tra i dispositivi BLE in modo da abilitare nuovi scenari completamente autonomi o privi di connessione a Internet.

2 Ambiti applicativi

Per la validazione della ricerca in ambito SWoT sono stati sviluppati prototipi (<http://sisinflab.poliba.it/swottools>) in numerosi scenari applicativi. Assumono particolare rilevanza gli esempi relativi a contesti industriali estesi e complessi.

Supply chain e logistica. I prodotti dotati di tag RFID o beacon PSW possono auto-descriversi con annotazioni articolate verso i nodi della supply chain raggiunti nel loro ciclo di vita, senza ricorso a infrastrutture centralizzate. Ciò permette di aggiornare in tempo reale lo stato di lavorazione, il delivery e la conservazione. In fase di commercializzazione si può ottenere un ranking tra vari prodotti disponibili basato sulla rilevanza semantica e verificare –mediante smartphone o display di servizio– in che modo essi rispecchiano le preferenze utente [Ruta *et al.*, 2006; Ruta *et al.*, 2018a]. Questo genere di scenari sono stati implementati utilizzando schede di prototipazione (*Raspberry Pi 3 Model B* e *Intel Edison*) e beacons *Bluvision BEEKs Lite*.

Supporto alle decisioni per Industria 4.0. Per supportare il personale nelle scelte operative complesse è stato proposto un framework basato sull'evoluzione semantica degli standard RFID e Bluetooth. Annotando opportunamente i prodotti, i processi, le materie prime è possibile identificare incongruenze, effetti di deriva o interferenze con i processi produttivi in corso, suggerendo le migliori opzioni rispetto al contesto produttivo.

Building automation. L'evoluzione dello standard EIB/KNX proposta in [Ruta *et al.*, 2011] permette il discovery dei migliori servizi offerti da dispositivi e sistemi di un edificio rispetto al profilo dell'utente. Successive evoluzioni hanno permesso una sempre maggiore autonomia del sistema domotico distribuito, abilitando interazioni dinamiche e autonome tra i dispositivi ispirate a modelli di reti sociali [Ruta *et al.*, 2018b].

Agricoltura di precisione. I processi di trattamento di un terreno agricolo possono essere gestiti attraverso un team di robot (aventi differenti sensori e attuatori), in grado di coordinarsi mediante comunicazione peer-to-peer basata su BLE, secondo il framework PSW [Ruta *et al.*, 2017]: i robot sensori raccolgono i dati ambientali e annotano il contesto per robot attuatori in modo da identificare tempie modi di interventi programmati.

3 Prospettive Future

L'evoluzione del progetto PSW punta ad includere framework per blockchain, per abilitare sistemi transazionali autonomi affidabili tra oggetti. Anche il wearable computing e le interfacce brain-computer sono elementi in fase di studio per la costruzione di ecosistemi di oggetti autonomi.

Riconoscimenti. Il progetto *Physical Semantic Web* è stato premiato con il Google IoT Technology Research Award 2016.

Riferimenti bibliografici

- [De Virgilio *et al.*, 2011] Roberto De Virgilio, Eugenio Di Sciascio, Michele Ruta, Floriano Scioscia, e Riccardo Torlone. Semantic-based RFID Data Management. In *Unique Radio Innovation for the 21st Century: Building Scalable and Global RFID Networks*, pages 111–142. Springer, 2011.
- [Jara *et al.*, 2014] A.J. Jara, A.C. Olivieri, Y. Bocchi, M. Jung, W. Kastner, e A.F. Skarmeta. Semantic Web of Things: an analysis of the application semantics for the IoT moving towards the IoT convergence. *Int. J. Web Grid Serv.*, 10(2-3):244–272, 2014.
- [Ruta *et al.*, 2006] M. Ruta, T. Di Noia, E. Di Sciascio, e F. M. Donini. Semantic-Enhanced Bluetooth Discovery Protocol for M-Commerce Applications. *Int. J. of Web and Grid Serv.*, 2(4):424–452, 2006.
- [Ruta *et al.*, 2010] M. Ruta, F. Scioscia, T. Di Noia, e E. Di Sciascio. A hybrid ZigBee/Bluetooth approach to mobile semantic grids. *Comp. Sys. Sci. and Eng.*, 25(3):235–249, May 2010.
- [Ruta *et al.*, 2011] M. Ruta, F. Scioscia, E. Di Sciascio, e G. Loseto. Semantic-based enhancement of ISO/IEC 14543-3 EIB/KNX standard for building automation. *IEEE T. Ind. Inform.*, 7(4):731–739, 2011.
- [Ruta *et al.*, 2013] Michele Ruta, Floriano Scioscia, Agnese Pinto, Eugenio Di Sciascio, Filippo Gramegna, Saverio Ieva, e Giuseppe Loseto. Resource annotation, dissemination and discovery in the Semantic Web of Things: a CoAP-based framework. In *Green Computing and Communications (GreenCom), 2013 IEEE and Internet of Things (iThings/CPSCoM), IEEE Int. Conf. on and IEEE Cyber, Physical and Social Computing*, pages 527–534. IEEE, 2013.
- [Ruta *et al.*, 2017] M. Ruta, F. Scioscia, S. Ieva, G. Loseto, F. Gramegna, e A. Pinto. Knowledge Discovery and Sharing in the IoT: The Physical Semantic Web Vision. In *Proc. of the Symp. on App. Comp., SAC '17*, pages 492–498, New York, NY, USA, 2017. ACM.
- [Ruta *et al.*, 2018a] M. Ruta, F. Scioscia, G. Loseto, F. Gramegna, S. Ieva, A. Pinto, e E. Di Sciascio. A journey from the physical web to the physical semantic web. In *Comp. Proc. of the The Web Conf. 2018, WWW '18*, pages 211–214, 2018.
- [Ruta *et al.*, 2018b] M. Ruta, F. Scioscia, G. Loseto, F. Gramegna, S. Ieva, A. Pinto, e E. Di Sciascio. Social Internet of Things for Domotics: a Knowledge-based Approach over LDP-CoAP. *Semant. Web*, 9(6):781–802, 2018.
- [Scioscia *et al.*, 2014] F. Scioscia, M. Ruta, G. Loseto, F. Gramegna, S. Ieva, A. Pinto, e E. Di Sciascio. A mobile matchmaker for the Ubiquitous Semantic Web. *Int. J. on Sem. Web and Inf. Sys.*, 10(4):77–100, dec 2014.
- [Scioscia e Ruta, 2009] F. Scioscia e M. Ruta. Building a Semantic Web of Things: issues and perspectives in information compression. In *Sem. Web Inf. Manag. (SWIM'09). In Proc. of the 3rd IEEE Int. Conf. on Sem. Comp. (ICSC 2009)*, pages 589–594, 2009.