



Università degli Studi di Salerno

Dottorato di Ricerca in Informatica e Ingegneria dell'Informazione
Ciclo 30 – a.a 2016/2017

TESI DI DOTTORATO / PH.D. THESIS

ABSTRACT

Cognitive Models and Computational Approaches for improving Situation Awareness Systems

GIUSEPPE D'ANIELLO

SUPERVISOR: **PROF. MATTEO GAETA**

PHD PROGRAM DIRECTOR: **PROF. PASQUALE CHIACCHIO**

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione ed Elettrica
e Matematica Applicata
Dipartimento di Informatica

Abstract

The world of *Internet of Things* is pervaded by complex environments with smart services available every time and everywhere. In such a context, a serious open issue is the capability of information systems to support adaptive and collaborative decision processes in perceiving and elaborating huge amounts of data. This requires the design and realization of novel socio-technical systems based on the “human-in-the-loop” paradigm. The presence of both humans and software in such systems demands for adequate levels of Situation Awareness (SA). To achieve and maintain proper levels of SA is a daunting task due to the intrinsic technical characteristics of systems and the limitations of human cognitive mechanisms. In the scientific literature, such issues hindering the SA formation process are defined as SA demons.

The objective of this research is to contribute to the resolution of the SA demons by means of the identification of information processing paradigms for an original support to the SA and the definition of new theoretical and practical approaches based on cognitive models and computational techniques.

The research work starts with an in-depth analysis and some preliminary verifications of methods, techniques, and systems of SA. A major outcome of this analysis is that there is only a limited use of the Granular Computing paradigm (GrC) in the SA field, despite the fact that SA and GrC share many concepts and principles. The research work continues with the definition of contributions and original results for the resolution of significant SA demons, exploiting some of the approaches identified in the analysis phase (i.e., ontologies, data mining, and GrC). The first contri-

bution addresses the issues related to the bad perception of data by users. We propose a semantic approach for the quality-aware sensor data management which uses a data imputation technique based on association rule mining. The second contribution proposes an original ontological approach to situation management, namely the Adaptive Goal-driven Situation Management. The approach uses the ontological modeling of goals and situations and a mechanism that suggests the most relevant goals to the users at a given moment. Lastly, the adoption of the GrC paradigm allows the definition of a novel model for representing and reasoning on situations based on a set theoretical framework. This model has been instantiated using the rough sets theory. The proposed approaches and models have been implemented in prototypical systems. Their capabilities in improving SA in real applications have been evaluated with typical methodologies used for SA systems.

Abstract

Nel mondo di Internet of Things, pervaso da ambienti complessi e da smart services *everytime* and *everywhere*, una open issue è la capacità dei sistemi informativi di supportare processi decisionali adattivi e collaborativi, percependo ed elaborando dati massivi. Ciò richiede la realizzazione di nuovi sistemi socio-tecnici basati sul paradigma “Human-in-the-loop”. La contestuale presenza di uomini e software richiede livelli elevati di consapevolezza delle situazioni (SA). Tali requisiti sono complessi da soddisfare per le caratteristiche tecniche dei sistemi ibridi uomo-macchina (e.g., interfacce) e dei meccanismi cognitivi umani (e.g., memoria limitata). La comunità scientifica definisce i principali ostacoli al processo di formazione della SA come demoni della SA (*SA demons*).

Obiettivo della ricerca è contribuire, attraverso lo studio di modelli cognitivi e approcci computazionali, alla individuazione di paradigmi per un innovativo supporto alla SA e alla definizione di nuovi approcci teorici e applicativi, basati su tecniche e modelli computazionali, per risolvere gli SA demons.

Il lavoro di ricerca parte da un’analisi approfondita e da alcune verifiche preliminari di metodi, tecniche e sistemi di SA. Un risultato principale di tale analisi è la constatazione che, allo stato attuale, esiste solo un uso limitato del paradigma Granular Computing (GrC) nel campo della SA, nonostante il fatto che SA e CrC condividano numerosi concetti e principi.

Il lavoro di tesi continua con la definizione di contributi e risultati originali per la risoluzione di alcuni significativi SA demons, impiegando parte degli approcci identificati nella fase di analisi

(i.e., ontologie, data mining e GrC). Il primo contributo affronta le criticità legate ad una cattiva percezione dei dati da parte degli utenti. Viene proposto un approccio semantico per la gestione dei dati *quality-aware* che utilizza una tecnica di *data imputation* basata su association rule mining. Il secondo contributo propone un approccio ontologico al situation management, denominato Adaptive Goal-driven Situation Management. L'approccio utilizza la modellazione ontologica di goal e situazioni e un meccanismo per il suggerimento dei goal più rilevanti per gli utenti in un determinato istante. Infine, l'adozione del paradigma GrC abilita la definizione di un modello innovativo per la rappresentazione e il reasoning sulle situazioni basato su un framework *set-theoretical*. Questo modello è stato istanziato utilizzando la teoria dei rough sets. Gli approcci e i modelli proposti sono stati implementati in sistemi prototipali. Le loro potenzialità nel migliorare la SA degli utenti in applicazioni reali è stata valutata con metodologie tipiche dei sistemi di SA.

