

# Abstract

Il *Context-Aware Computing* descrive lo sviluppo di tecnologie e applicazioni capaci di rilevare dati dall'ambiente circostante e reagire con azioni specifiche, riducendo e semplificando il processo di interazione uomo-macchina. Tali sistemi sono in grado di offrire servizi utili all'utente durante la vita quotidiana, professionale o privata, gestendo automaticamente le risorse disponibili. Pertanto, la *Context Awareness* (CA) può essere intesa come un insieme di caratteristiche tecniche in grado di fornire valore aggiunto ai servizi in diversi segmenti applicativi.

Siccome i cambiamenti del Contesto comportano una trasformazione dell'*user experience*, il *Context-Aware Computing* ha giocato un ruolo essenziale nell'affrontare questa sfida in paradigmi precedenti, come il *Mobile* e il *Pervasive Computing*, e sta assumendo un ruolo cruciale nel nuovo paradigma dell'*Internet of Things* (IoT).

Negli ultimi anni, l'*e-Tourism* e, in particolare, il *Cultural Heritage* hanno fornito due domini principali per questo tipo di ricerca. Infatti, grazie alle nuove tecnologie, un turista può accedere a grandi quantità di contenuti e servizi - prima, durante e dopo l'esperienza di visita - con esigenze e scopi differenti in ogni fase. In questo scenario, nasce la necessità di realizzare *Recommender System* (RS) in grado di considerare sia le preferenze personali degli utenti sia gli aspetti contestuali, al fine di raccomandare servizi e contenuti utili in un determinato momento.

L'attività di ricerca è relativa allo studio dei *Context-Aware Recommender System* (CARS) e pone forte attenzione alla modellazione e alla gestione di tutti i possibili Contesti in un dominio applicativo. In particolare, si sottolinea il problema di modellare su misura i dati, in quanto questo rappresenta un aspetto abilitante per i nuovi sistemi di informazione: i sistemi *mobile*, i sistemi basati sui *Big Data*, i sistemi *P2P* e, in generale, il *Semantic Web*.

A tal proposito, è stata progettata un'architettura di riferimento per la fruizione di contenuti e servizi turistici con lo scopo di sviluppare soluzioni innovative che garantiscano valore per il Territorio e, soprattutto, per i Beni Culturali, rispondendo in modo unico alle esigenze del Contesto e dei suoi utenti. Attraverso la definizione e la raccomandazione automatica e dinamica di servizi *core* e ancillari per la promozione turistica, si vogliono supportare non solo gli utenti in visita ma anche le istituzioni pubbliche e gli operatori del settore: dalla ricerca di una destinazione fino alla fruizione di contenuti legati al Patrimonio Culturale e al commento dell'esperienza del visitatore, compresi i servizi di promozione turistica, prenotazione, *e-ticketing*, *e-commerce* e *social networking*.

Le caratteristiche innovative dell'approccio proposto riguardano principalmente il contenuto informativo che si vuole rendere disponibile agli utenti finali. Esse suggeriscono tre punti di vista:

## 1. Gestione dei dati e Motori Inferenziali

In tale scenario, i dati rappresentano la chiave per costruire e abilitare servizi, ovvero intraprendere azioni. L'obiettivo è quello di implementare una *Knowledge Base* (KB) per raccogliere, elaborare e gestire informazioni in tempo reale. Per questo scopo, i *Knowledge Organization System* (KOS) fanno riferimento a schemi ben noti, come tassonomie, tesauri e altri tipi di vocabolari che, insieme alle ontologie, costituiscono strumenti preziosi per modellare la realtà di interesse in concetti e relazioni.

Il sistema raccoglie dati da varie fonti senza interruzione e li elabora immediatamente, al fine di attivare azioni precise a seconda degli utenti e degli eventi. Questi ultimi, rilevati e analizzati, dovranno essere tradotti in fatti associati a specifici valori semantici, ossia si rende necessario utilizzare un *Inferential Engine* in grado di trarre conclusioni applicando particolari regole ai fatti riportati. A tale riguardo, molti approcci si basano sulle cosiddette reti bayesiane: potenti strumenti concettuali, matematici e applicativi che permettono la gestione di problemi complessi con un numero significativo di variabili interconnesse da relazioni probabilistiche e deterministiche. Tali reti, utilizzando il teorema di Bayes, permettono anche di aggiornare le probabilità di tutte le variabili coinvolte ogni volta che si raccolgono nuove informazioni.

## 2. Rappresentazione del Contesto

L'obiettivo principale è quello di fornire a diverse categorie di utenti, in ogni momento, informazioni utili in un determinato Contesto. Si vuole così realizzare un'architettura caratterizzata da un alto grado di *Context-Awareness*: la comprensione in tempo reale del Contesto in cui si trovano gli utenti, attraverso una

rappresentazione per mezzo di grafici, permette di fornire loro un'ampia gamma di servizi e suggerimenti "su misura", gestendo al meglio sia il tempo sia le risorse di cui dispongono e mostrando ciò che c'è intorno, ovvero soddisfacendo le loro esigenze. Nello specifico, la rappresentazione del Contesto può essere implementata attraverso modelli formali di rappresentazione, come il *Context Dimension Tree* (CDT).

### 3. Sistemi di Raccomandazione

La capacità di un sistema *context-aware* di ridurre il rumore informativo assume notevole importanza insieme alla possibilità del sistema stesso di generare una lista ordinata di suggerimenti personalizzati, in ogni Contesto, attraverso l'uso di un motore di raccomandazione. I Sistemi di Raccomandazione sono applicati in diversi settori ma hanno un unico obiettivo: aiutare le persone a fare scelte basate su un'analisi degli utenti e degli oggetti (*item*) in termini delle loro caratteristiche (*feature*) principali. In altre parole, lo scopo è prevedere la considerazione che un individuo può avere su un oggetto che non ha ancora valutato.

In definitiva, l'obiettivo è quello di identificare un *framework*, basato principalmente su un potente motore di raccomandazione contestuale, in grado di rappresentare uno strumento inferenziale e decisionale altamente flessibile. Questo *framework* non solo permette di gestire problemi complessi, caratterizzati da una grande varietà di variabili interconnesse attraverso relazioni sia logico-deterministiche che probabilistiche, ma fornisce anche un'adeguata rappresentazione del fenomeno in questione. Infatti, esso semplifica la descrizione del problema così come la sintesi, migliorando il grado di comprensione e permettendo di identificare le variabili chiave. Inoltre, la sua modularità permette di integrare facilmente nuove funzionalità che possono essere sviluppate e testate separatamente, come ad esempio un processo capace di presentare informazioni in ambienti di apprendimento secondo le tecniche del *Digital Storytelling*.

Sulla base dell'architettura proposta, è stato sviluppato un prototipo applicativo capace di supportare l'utente nella costruzione di un percorso turistico personalizzato e contestualizzato, ovvero in grado di raccomandare alcuni dei più importanti siti culturali della Campania: un'applicazione *mobile* ibrida progettata e realizzata insieme a una componente *server-side*.

I risultati sperimentali sono soddisfacenti e dimostrano le potenzialità dell'approccio proposto. Attività future includono il miglioramento del prototipo sviluppato, attraverso l'integrazione di un *chatbot*, e una campagna sperimentale che coinvolga un numero più significativo di utenti.

# Abstract

Context-Aware Computing describes the development of technologies and applications that can detect data from the surrounding environment and react accordingly with specific actions, reducing and simplifying the human-machine interaction process. The latter automatically offer a range of services to help the user during daily professional or private life by managing the available resources. Therefore, Context Awareness (CA) should be intended as a set of technical features able to provide added value to services in different application segments.

Context changes result in a transformation of the user experience. For this reason, Context-Aware Computing has played an essential role in addressing this challenge in previous paradigms, such as Mobile and Pervasive Computing, and is playing a crucial role in the new Internet of Things (IoT) paradigm.

Over the last years, e-Tourism and, in particular, Cultural Heritage have provided two main domains for this type of research. Indeed, thanks to new technologies, a tourist can access large amounts of contents and services before, during and after visiting experience, with different purposes and requirements in each phase. In this scenario, the need arises for Recommendation Systems (RS) that consider users' personal preferences and all the contextual aspects to recommend the right services and contents at a specific time.

The research activity concerned the study of Context-Aware Recommender Systems (CARS), focusing on the modelling and managing all the possible Contexts in an application domain. In particular, the problem of tailored data modelling has arisen, as this represents an enabler for new information systems: Mobile Systems, Big Data Systems, P2P Systems and, in general, the Semantic Web.

In that regard, a system architecture for the fruition of e-Tourism contents and services was designed to enhance the Cultural Heritage by responding in a unique way to the Context and users' needs. It will be capable of supporting not only visiting users but also public institutions and sector operators through the automatic as well as the dynamic definition and recommendation of core and ancillary services for tourism promotion: from the search for a destination up to the use of Cultural Heritage-related content and the commentary of the visitor experience, including tourism promotion services, booking, e-ticketing, e-commerce, social networking.

To recommend contextual contents and services, the innovative characteristics of the proposed approach mainly concern the information to be made available to end-users, suggesting three main points of view:

## 1. Data Management and Inferential Engines

In such a scenario, data represent the key to build up and enable services and actions to take: the goal is to implement a Knowledge Base (KB) to collect, elaborate, and manage information in real-time. In this respect, Knowledge Organization Systems (KOS) refer to well-known schemes such as taxonomies, thesauri and other types of vocabularies that, together with ontologies, constitute valuable tools to shape the reality of interest into concepts and relations between concepts.

The system, thought to be continuously functioning, collects data from various sources without interruption and immediately processes them, intending to activate precise actions, depending on the users and the events. The latter, detected and analysed, will have to be translated into facts associated with specific semantic values: it is necessary to use inferential engines capable of drawing some conclusions by applying particular rules to reported facts. In this regard, many approaches are based on the so-called Bayesian Networks: powerful conceptual, mathematic and application tools allowing the management of complex problems with a significant number of variables interlinked by both probabilistic and deterministic relations. Such networks also make it possible to update the probabilities of all the variables involved whenever new information is collected on some of them, using Bayes' theorem.

## 2. Context Representation

The goal is primarily to deliver to different categories of users, in each moment, information that is useful in a given Context. In practice, the objective would be setting up an architecture characterised by a high degree of Context-Awareness. Real-time understanding of the Context where users are located, via a representation by means of graphs, allows indeed to provide them with a wide array of "tailored" services and hints regarding the decisions to make, managing in the best possible way both the time and resources they have and showing them what is around, ultimately meeting their needs. More in detail, the Context's representation can be implemented through formal models of representation, such as the Context Dimension Tree (CDT).

### 3. Recommender Systems

A Context-Aware System's ability to reduce information noise takes on considerable importance together with the possibility of the system itself generating an ordered list of personalised suggestions in each Context through a recommendation engine. Recommender Systems are applied in different sectors but have one goal: to help people make choices based on an analysis of users and items in terms of main features. In other words, the purpose is to predict the consideration that an individual may have about an object that he has not yet evaluated.

Ultimately, the goal is to identify a framework, mainly based on a powerful contextual recommendation engine, to be a highly flexible inferential and decision-making tool. This framework does not only allow to manage of complex problems, featuring a great variety of variables inter-linked through both logical-deterministic and probabilistic relationships, but it also provides an adequate representation of the phenomenon at stake. In fact, it simplifies the problem description as well as the summary easier, enhancing the degree of its comprehension and allowing to identify the key variables. In addition, modularity allows for easy integration of new functionalities that can be developed and tested separately, such as a process capable of presenting information in learning environments according to Digital Storytelling techniques.

Based on the proposed architecture, an application prototype was developed to support the user in the construction of a personalised and contextualised tourist route related to some of the most important cultural sites in Campania (a region in Southern Italy): a hybrid mobile application designed and implemented together with a server-side component.

The experimental results show the ability of the system to be effective. Future activities include improving the developed prototype, including a chatbot, and an experimental campaign involving a more significant number of users.