



1506
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI URBINO
CARLO BO

Relazione di progetto

Ambient Computing: panoramica, applicazioni e sviluppi futuri

CORSO: SISTEMI PER L'INTERNET OF THINGS

DOCENTE

Prof. Ing. LUCA ROMANELLI

CORSISTA

Matteo Marco Montanari

Indice della relazione

Introduzione p. 2

1. PANORAMICA SULL'AMBIENT COMPUTING .. p. 3

**2. ESEMPIO DI APPLICAZIONE
DELL'AMBIENT COMPUTING p. 7**

3. SVILUPPI FUTURI (INTERNET OF PEOPLE) .. p. 10

Conclusioni p. 14

Bibliografia p. 15

Sitografia p. 15

Introduzione

Si è scelto di trattare l'argomento dell'ambient computing in quanto nuovo paradigma di elaborazione il cui cuore si sviluppa attorno all'Internet delle cose. Tale paradigma utilizza infatti in maniera pervasiva tutte le principali tecnologie informatiche, quali in particolare, l'IoT, l'intelligenza artificiale, i sensori e le reti di calcolatori. Ad oggi sono presenti una serie di applicazioni dell'ambient computing che utilizzano l'IoT e che quindi si sviluppano assieme ad esso e a nuove tecnologie che suggeriscono possibili scenari futuri in cui mondo fisico e mondo cibernetico diventano sempre più integrati e indistinguibili. Secondo Deloitte, come è prevedibile, l'ambient computing sarà una tecnologia centrale nel prossimo futuro e sulla quale saranno proposti grandi investimenti in quanto l'impatto nella vita quotidiana sarà rivoluzionario.

In questo lavoro presentiamo l'ambient computing evidenziando la stretta correlazione con l'Internet of Things. Successivamente mostriamo velocemente un'applicazione dell'IoT che si basa sui principi dell'ambient computing. Infine accenniamo a una serie di possibili sviluppi futuri di questo paradigma di elaborazione, ancora più sorprendenti di quelli attualmente in fase di realizzazione.

1. PANORAMICA SULL'AMBIENT COMPUTING

Il paradigma di elaborazione che stiamo per presentare compare in una serie di accezioni leggermente differenti. Lo troviamo solitamente sotto il nome di ambient computing (elaborazione ambientale) ma viene descritto, con differenze minime, anche come pervasive computing (elaborazione pervasiva), ubiquitous computing (elaborazione ubiqua) e intelligenza ambientale.

L'accezione storica si deve a Mark Weiser che nel 1988 coniò il termine "ubiquitous computing" presso il Palo Alto Research Center della Xerox. Secondo Webopedia.com, l'ubiquitous computing, o pervasive computing,

"è l'idea che quasi tutti i dispositivi, dai vestiti agli strumenti, agli elettrodomestici, dalle automobili alle case, dal corpo umano alla tazza di caffè, possano essere incorporati con chip per collegare il dispositivo a una rete infinita di altri dispositivi in modo tale che la connettività sia sempre disponibile".

Sebbene oggi sia sinonimo, il termine pervasive computing fu proposto alla fine degli anni 1990, in gran parte reso popolare dalla creazione della divisione di calcolo pervasivo di IBM.

A proposito dell'ambient computing Mark Weiser affermò:

"Le tecnologie più profonde sono quelle che scompaiono. Si intrecciano nel tessuto della vita quotidiana fino a quando non diventano indistinguibili da essa".

Tali accezioni rimandano dunque allo stesso concetto di fondo. Una definizione recente di elaborazione ambientale è data da Rick Osterloh, Senior Vice President della divisione Devices & Services di Google:

"Crediamo che la tecnologia possa risultare ancora più utile quando l'elaborazione è accessibile ovunque ne abbiate bisogno, sempre disponibile ad aiutarvi. I vostri dispositivi scompaiono in

secondo piano, lavorando insieme all'intelligenza artificiale e al software per fornirvi supporto durante tutta la vostra giornata. Questo è ciò che chiamiamo Ambient Computing".

Questo rivoluzionario paradigma di elaborazione si basa dunque sull'obiettivo di fondere il tessuto informatico nell'ambiente circostante in modo da rendere l'elaborazione disponibile in ogni contesto e a chiunque anche senza che questi sia consapevole di utilizzarla grazie alla sostituzione di interfacce uomo-macchina classici, quali schermi e tastiere, in favore di comandi vocali e sistemi autonomi. Il computer diventa l'ambiente in cui ci troviamo. Si passa dunque da un modello incentrato sull'infrastruttura e sui calcolatori ad un modello incentrato sulle persone che interagiscono con il suddetto ambiente informatico. Tale obiettivo è possibile, in particolar modo, grazie alle reti di calcolatori e i sistemi per l'Internet delle cose, diventati sempre meno invasivi. Questi dispositivi, e in genere tutti i dispositivi informatici, possono poi interagire con l'intelligenza artificiale, sempre disponibile a servire l'uomo quando richiesto e passare in secondo piano quando non è necessario in maniera anche totalmente autonoma.

L'analisi dei dati che fluiscono tra il mondo fisico e quello cibernetico è dunque un punto cruciale e tale fatto deriva anche dal massiccio uso dell'IoT, necessario per la realizzazione dell'ambient computing, sia per questioni di pura Information Technology che per l'Operation Technology. IoT diventa così il vero e proprio cuore di tale nuovo paradigma non più incentrato sui "semplici" calcolatori ma su dispositivi di varia natura, onnipresenti, intelligenti e interconnessi, con il supporto di sistemi decisionali automatizzati e centralizzati. L'elaborazione ambientale non è però identificabile con l'IoT, in quanto, quest'ultimo è ancora troppo incentrato sui dispositivi piuttosto che sui loro utilizzatori. Da notare il fatto che l'ambient computing

integra dispositivi propri dell'IoT con qualsiasi altro dispositivo intelligente, come elettrodomestici, stampanti, smartphone, tablet, computer, smart Tv, eccetera. A questo proposito la proliferazione di dispositivi intelligenti indossabili suggerisce anche un ruolo per l'ambient computing nell'ottenere una visione olistica della salute dell'individuo, ad esempio, ascoltando sottili cambiamenti nella voce che potrebbero indicare problemi neurologici o incoraggiando le persone a uscire di casa se trascorrono troppo tempo sul divano.

Dunque l'individuo non ha più il peso della gestione diretta e continua dei dispositivi di calcolo, qualsiasi essi siano. Questi, infatti, oltre a poter dialogare con l'utente, sono immersi in un ambiente interconnesso e intelligente che li fa comunicare tra loro, rendendo possibile un'elaborazione autonoma che agisce non più solo come veicolo di informazione (IT) ma anche per modificare fisicamente l'ambiente circostante (OT). Il calcolatore come lo conosciamo lascia la sua collocazione per moltiplicarsi e rendersi invisibile: la capacità di elaborare informazioni diventa onnipresente in quanto si nasconde capillarmente nell'ambiente quotidiano degli individui che assumono quindi un ruolo centrale.

A differenza del desktop computing, l'ambient computing può verificarsi con qualsiasi dispositivo, in qualsiasi momento, in qualsiasi luogo, in qualsiasi formato e su qualsiasi rete in modo interconnesso. Comprende dunque anche le città intelligenti, le auto a guida autonoma, la domotica nonché varie soluzioni industriali.

I principi dell'elaborazione ambientale sono:

- *Invisibile*: trasparente all'utilizzatore.
- *Incentrato sui dati*: il valore della soluzione dipende dalla valorizzazione dei dati che vengono trattati.

- *Interconnesso*: ogni dispositivo è interconnesso tramite Internet.
- *Familiare*: l'utilizzo dei dispositivi diventa più naturale.
- *Integrato*: l'integrazione delle tecnologie è effettuata senza soluzione di continuità.

Le tecnologie fondamentali per l'ambient computing sono:

- *L'eliminazione dell'interfaccia utente*: per rendere trasparente l'utilizzo dell'infrastruttura informatica.
- *L'intelligenza artificiale*: per eseguire compiti normalmente svolti da un essere umano in maniera automatizzata.
- *L'apprendimento automatico (Machine Learning)*: per rendere i dispositivi capaci di migliorarsi e apprendere in maniera autonoma.
- *L'elaborazione del linguaggio naturale*: consente di rimuovere interfacce invasive a favore di comandi e interazioni vocali.
- *L'Edge computing*: migliora la reattività del sistema spostando l'elaborazione dal Cloud a calcolatori più piccoli vicino a dove le informazioni vengono create o consegnate. Più in generale, viene sfruttato l'intero ecosistema IoT.
- *Reti mesh*: fornire connettività continua mentre gli utenti di dispositivi computerizzati si spostano da un luogo all'altro.

L'ambient computing pone grandi sfide sia a livello tecnologico che in fatto di sicurezza, privacy ed etica. Come sostiene il direttore della ricerca di International Data Corporation (IDC) Ramon Llamas:

"Come molte altre tecnologie là fuori, non è una questione di se verrai hackerato, ma quando".

2. ESEMPIO DI APPLICAZIONE DELL'AMBIENT COMPUTING

Ora tratteremo un semplice esempio di elaborazione ambientale che sfrutta l'Internet of Things. In particolare ci avvarremo di un sensore, che funge anche da dispositivo di edge computing, che rientra tra i cosiddetti sensori sintetici. Tale lavoro si basa sull'articolo "Synthetic Sensors: Towards General-Purpose Sensing" di G. Laput, Y. Zhang e C. Harrison (2017 ACM).

In questo articolo viene realizzato e implementato un nuovo tipo di sensore nel contesto di un'abitazione, ma non solo. Per rendere una casa intelligente sono solitamente necessari molti sensori ognuno progettato per uno scopo specifico. Tali sensori sono però scomodi da implementare, costosi economicamente ed esteticamente e specifici per un determinato contesto. Viene dunque presentato un sensore general-purpose, collegabile ad una normale presa elettrica, poco costoso e utilizzabile senza modifiche in ogni stanza della casa.

Il sensor tag utilizzato nella sperimentazione ha dimensioni ridotte (5x5 cm) e utilizza 9 sensori distinti per catturare 12 differenti caratteristiche ambientali. Tra queste troviamo la temperatura, l'umidità, le vibrazioni, l'audio, la pressione dell'aria, l'illuminazione, la gradazione di colore, il movimento, i campi magnetici, le radiofrequenze. In tali sensori sono stati volutamente esclusi i sistemi di visione in quanto generalmente i più invasivi per la privacy degli utenti. Il protocollo di rete utilizzato per inviare i rilevamenti al server è il Wi-Fi per questioni di praticità e compatibilità. Infine è presente una porta USB 2.0 per alimentare il dispositivo o per distribuire il software. Per addestrare il software di analisi, presente in un server sicuro, sono stati necessari più di sei mesi di sperimentazione del dispositivo all'interno di varie stanze.

L'approccio di elaborazione ambientale relativo al sistema IoT appena descritto è dato da un modo nuovo di concepire il ruolo del sensore che è chiamato rilevamento sintetico. Quest'ultimo è un modello astratto di rilevamento general-purpose, versatile e incentrato sull'utente. Infatti, piuttosto che solamente misurare ed elaborare le informazioni derivanti dai sensori, tale tipo di sensore sintetico è immerso in un ambiente per il quale è stato opportunamente addestrato, tramite tecniche di apprendimento automatico, per apprendere cosa sta succedendo in base a come i vari sensori integrati in esso sono influenzati dall'ambiente circostante. Dalla combinazione delle informazioni derivanti dai vari sensori vengono dunque rilevati dei veri e propri eventi, piuttosto che delle semplici variazioni di temperatura, umidità, eccetera. Tale sistema può funzionare in ogni stanza della casa come in altri contesti purché il software sia stato addestrato per ognuno di essi.

I sensori sintetici descritti possono essere classificati in base al tipo di evento che sono addestrati a rilevare. I sensori di 1° ordine ottengono questa classificazione nel caso in cui le loro rilevazioni permettano di riconoscere un evento con una semantica binaria (Il fornello è acceso? SI / NO). E' possibile inoltre costruire sensori di ordine superiore analizzando ulteriormente, tramite tecniche di Machine Learning, i dati rilevati da sensori di ordine inferiore. I sensori fisici sono solitamente di 1° ordine, i quali, possono diventare delle feature per creare sensori di ordine superiore tramite modelli di apprendimento automatico (ML). Nell'articolo vengono esplorate tre classi di sensori sintetici di 2° ordine (semantica non binaria): lo stato, il conteggio e la durata. Due o più sensori di 1° ordine possono essere utilizzati per realizzare un sensore di 2° ordine per tracciare lo stato di un oggetto o un ambiente, ad esempio, lo

stato di un forno a microonde. In aggiunta a questo è possibile realizzare sensori di 2° ordine che possano contare il numero di occorrenze di eventi rilevati da sensori di 1° ordine (eventi di 1° ordine). Per esempio è possibile utilizzare l'evento del 1° ordine che descrive l'apertura di una porta per tenere traccia del numero di accessi in una stanza tramite un sensore di 2° ordine. E' però anche possibile realizzare un sensore sintetico di 2° ordine che tenga traccia della durata cumulativa di un evento del 1° ordine, ad esempio, il consumo di acqua o energia. E' possibile poi realizzare sensori sintetici di ordine ancora superiore dalla combinazione di questi.

Grazie a queste tecnologie è possibile dotare i luoghi di tutti i giorni con un'elaborazione di tipo ambientale e rendere intelligente un qualsiasi spazio con un unico dispositivo a basso costo e poco invasivo.

3. SVILUPPI FUTURI (INTERNET OF PEOPLE)

Una volta presentati i concetti di base dell'ambient computing e aver visto un esempio di applicazione tramite l'IoT, ci accingiamo a descrivere le possibili evoluzioni future di questa nuova tecnologia, ancora in fase di sviluppo, che sarà rivoluzionaria per il mondo dell'informatica e della vita di ognuno di noi.

Nell'articolo "The Internet of People (IoP): A New Wave in Pervasive Mobile Computing" di M. Conti, A. Passarella e S. K. Das, gli autori descrivono un concetto che espande la semplice elaborazione ambientale chiamato "*Internet of People*" (IoP).

Secondo gli autori ci stiamo addentrando in un'era in cui la distinzione tra mondo fisico e cibernetico diventa sempre più labile grazie alla sempre più stretta e pervasiva interazione tra esseri umani e i loro dispositivi, in particolar modo gli smartphone, costantemente connessi ad Internet, in un ecosistema dove l'uomo assume sempre più un ruolo centrale e dove i suoi dispositivi diventano *avatar* per accedere al mondo virtuale (cibernetico).

L'attuale architettura di Internet, centrata sull'infrastruttura, non è più adatta per questi scopi pertanto è necessario integrarla con un nuovo paradigma, chiamato Internet of People (IoP), dove le persone e i loro dispositivi non sono solo meri utilizzatori ma diventano i costituenti veri e propri di Internet. L'Internet del futuro avrà come centro le tecnologie di Cloud computing, l'intelligenza artificiale, la fibra ottica, il 5G e probabilmente anche le tecnologie quantistiche, mentre in grande espansione sarà la periferia di internet, con dispositivi mobili e sistemi intelligenti, quali anche IoT, in continua evoluzione. Il concetto visionario di IoP prevede l'integrazione di internet con le persone, grazie ai loro dispositivi, tramite un paradigma di elaborazione che, come l'ambient computing, è incentrato sull'uomo.

Per una questione di spazio e tempo daremo qui una veloce panoramica di tali concetti rimandando all'articolo originale per ulteriori dettagli e approfondimenti.

L'unione in atto tra mondo fisico e cibernetico è detta convergenza cyber-fisica (Cyber-Physical Convergence - CPC) il cui elemento chiave è la massiccia mole di dati che descrivono processi, fenomeni e comportamenti che avvengono nel mondo reale, i quali vengono poi trasferiti nel mondo cibernetico per essere analizzati e valorizzati tramite tecniche di Big Data Analytics. In questo modo non solo i servizi virtuali interagiscono tra loro ma controllano e ottimizzano anche lo stato del mondo fisico attraverso degli attuatori. Per questi motivi, il motore dell'IoP è costituito dai sistemi per l'IoT, i dispositivi mobili (smartphone) e le reti di comunicazione, specialmente wireless. Esempi importanti di sistemi cyber-fisici (Cyber-Physical Systems - CPS) sono le città, i trasporti e gli ambienti intelligenti, nonché le auto a guida autonoma, l'industria 4.0, la sanità intelligente, eccetera.

Usando una metafora degli autori, il livello cibernetico è il *sistema nervoso centrale* di un sistema cyber-fisico e i dispositivi mobili personali, come gli smartphone, diventano porte di comunicazione tra i due mondi. L'IoT e, in maniera ancora più pervasiva, l'elaborazione ambientale sono chiaramente concetti chiave dell'IoP. Essendo l'IoP incentrato sull'uomo, i sistemi cyber-fisici generano complesse interazioni sociali in entrambe le realtà. Tali sistemi dove l'uomo, in quanto essere sociale, diventa protagonista e utente attivo sono detti sistemi sociali cyber-fisici (Cyber-Physical Social Systems - CPSS). In questo contesto l'uomo diventa un'entità del sistema dove i suoi comportamenti possono essere modellati e predetti, diventando parte integrante di questo ecosistema uomo-macchina.

Gli smartphone, così come qualsiasi altro dispositivo mobile o derivante dall'IoT, possono essere utilizzati in questa ottica per interagire con l'ambiente intelligente, fisico o virtuale che sia. Centrale in questo senso sarà l'ambient computing per cercare di rendere trasparente la mediazione di questi dispositivi per fare interagire direttamente l'uomo con l'ambiente in un sistema più naturale e integrato. Da notare il fatto che la presenza di tali mediatori è in effetti una necessità per realizzare una computazione pervasiva come quella dell'ambient computing e come tale non può essere eliminata totalmente.

Inoltre gli smartphone, come altri dispositivi mobili, anche se non progettati specificatamente come sensori, possono essere utilizzati come tali. In questo modo il mondo fisico può essere rilevato attraverso una rete sociale mobile, autonoma, auto-organizzante derivante dall'attività sociale di milioni di individui che utilizzano i loro dispositivi quotidianamente. Dunque, mentre gli esseri umani si muovono nel mondo fisico, i loro dispositivi percepiscono tale mondo e trasferiscono le informazioni rilevate al mondo cibernetico, dove vengono utilizzate per costruire una rappresentazione virtuale del mondo fisico che può essere utilizzata per fornire un migliore servizio ai cittadini. Da queste considerazioni derivano notevoli sfide a livello tecnologico ma soprattutto a livello di sicurezza, etica e privacy.

Per riassumere, le caratteristiche fondamentali del paradigma IoP sono:

- *IoP è incentrato sull'uomo*, pertanto è multidisciplinare e gli algoritmi utilizzati si basano su modelli del comportamento individuale e sociale umano, derivanti da sociologia, antropologia, psicologia cognitiva, microeconomia, fisica dei sistemi complessi, eccetera.

- *IoP è incentrato sul dispositivo*, poiché i dispositivi degli utenti sono visti come "core IoP nodes", che sono i *proxy* degli umani nel mondo cibernetico e ospitano una parte significativa degli algoritmi IoP.
- *IoP è orientato ai dati e all'elaborazione*, poiché includerà naturalmente la valorizzazione dei dati tramite l'elaborazione, motivo principale per cui gli esseri umani utilizzano Internet.
- *IoP è auto-organizzante*, poiché, se le comunicazioni locali sono il modo più efficace per portare a termine un determinato compito, i dispositivi degli utenti IoP possono stabilire spontaneamente reti senza infrastruttura con dispositivi vicini.

L'Internet of People, è dunque un complesso sistema socio-tecnico in cui gli esseri umani, con i loro dispositivi personali, sono nodi chiave della rete IoP. In effetti, i dispositivi degli utenti diventano i loro rappresentanti nel mondo cibernetico: comunicano, scambiano e gestiscono dati per conto dei loro utilizzatori, e quindi dovrebbero comportarsi come farebbero i loro utenti umani se interagissero tra loro nel mondo fisico. Pertanto, per progettare un sistema pervasivo e integrato come l'IoP, occorre prendere in considerazione il comportamento umano come elemento fondamentale, mentre per la sua realizzazione sono necessari, tra le altre tecnologie, tanto l'Internet of Things quanto l'elaborazione ambientale.

CONCLUSIONI

L'Internet delle cose, seppure una tecnologia ICT relativamente recente, sarà il cuore dello sviluppo dell'informatica dei prossimi anni. L'IoT suggerirà un cambio di prospettiva nel concepire i sistemi informatici che diventeranno sempre più pervasivi e integrati nell'ambiente circostante in modo da renderli trasparenti all'uomo che diventerà dunque il centro di questo nuovo sistema di elaborazione. Questo sarà possibile grazie a un notevole sforzo tecnologico, già in atto per quanto riguarda i dispositivi IoT, che tramite i principi dell'elaborazione ambientale, permetterà la realizzazione di strumenti intelligenti che diventeranno un tassello irrinunciabile nella vita quotidiana di ognuno di noi.

L'IoT, l'ambient computing, come anche tutte le altre tecnologie informatiche, sono destinate a convergere in un sistema interconnesso tramite internet che mette l'uomo al centro, rendendo naturale l'integrazione e l'utilizzo di strumenti informatici in ogni luogo e per qualsiasi scopo utile. Questi sono i possibili sviluppi futuri dell'informatica, sempre più intessuta e integrata al mondo fisico in un unico ecosistema che è stato chiamato Internet of People (IoP).

Bibliografia

Articolo "*Synthetic Sensors: Towards General-Purpose Sensing*" di G. Laput, Y. Zhang e C. Harrison (2017 ACM).

Articolo "*The Internet of People (IoP): A New Wave in Pervasive Mobile Computing*" di M. Conti, A. Passarella, S. K. Das.

Sitografia

<https://it.wikipedia.org>

<https://www.punto-informatico.it/>

<https://www.treccani.it/>

<https://www.computer.org/>

<https://www.techtarget.com/>

<https://www2.deloitte.com/>

<https://techmonitor.ai/>

<https://www.wipro.com/>