

# Edge Computing, modelli e trend da tenere d'occhio

**L'**Edge Computing è un modello di calcolo distribuito in cui l'elaborazione avviene al 'margine' della rete, spesso in collaborazione con un server centralizzato o il Cloud. Questo modello permette a un crescente numero di sensori, dispositivi e piattaforme software distribuite di organizzare, elaborare e interpretare i dati localmente, in modo sicuro e in tempo reale.

Armando Martin



Oltre alle tecnologie di calcolo centralizzate e al cloud, sono sempre più utilizzate le architetture basate sull'Edge Computing, dove un'intelligenza diffusa e prossima ai dispositivi sul campo rende ancora più efficienti le reti e i sistemi più complessi

Il termine **Edge Computing** è diventato comune in tempi recenti grazie soprattutto all'**Internet of Things** ma, in realtà, risale alla fine degli anni 90 quando **Akamai Technologies Inc.**, azienda americana che si occupa di distribuire contenuti Internet, creò una rete capace di ridurre la congestione del web.

Per Edge Computing si intende un modello di **elaborazione distribuita** condotta vicino alla posi-

zione geografica del centro di raccolta e di analisi dei dati, evitando di utilizzare un server centralizzato o un Cloud. L'infrastruttura migliorata utilizza i sensori per raccogliere i dati, mentre i server edge elaborano in modo sicuro i dati in loco in tempo reale.

L'Edge Computing è essenziale in questo momento perché rappresenta un'opportunità per migliorare l'**efficienza operativa** delle aziende, incrementare

## A FIL DI RETE

[www.akamai.com](http://www.akamai.com)

[www.idc.com](http://www.idc.com)

<https://aws.amazon.com>

<https://azure.microsoft.com>

[www.gartner.com](http://www.gartner.com)



Modello astratto Edge Computing (fonte: freepik.com)

le prestazioni e garantire la sicurezza dei dati. La tecnologia Edge è anche rilevante in quanto potenziata da nuove tecnologie come il **5G**, il **Digital Twin** e le piattaforme **Cloud-native** per applicazioni, database e integrazione di sistemi.

Secondo le previsioni di **IDC**, il mercato globale dell'Edge Computing raggiungerà i 250 miliardi di dollari entro il 2024, con una crescita annuale composta del 12,5%.

Oggi la tecnologia Edge permette di trattare **grandi volumi di dati** laddove vengono generati (direttamente sul dispositivo o nei server in prossimità), riducendo i tempi di elaborazione dei dati, la larghezza di banda necessaria a trasferirli, rendendo inutile - in alcuni casi - il trasferimento delle informazioni sul Cloud, aumentando nel contempo la sicurezza, l'efficienza operativa e la disponibilità delle operazioni business-critical.

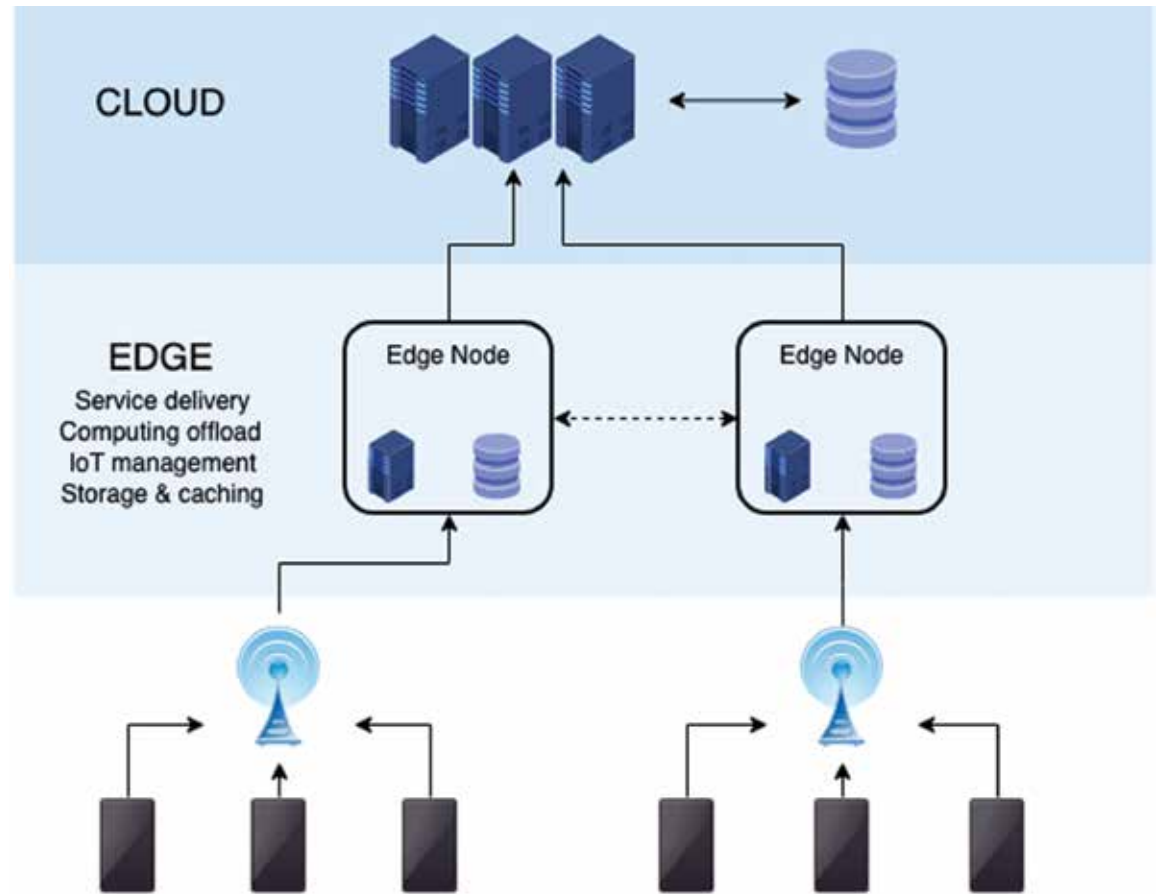
Oltre concetto di Edge (margine della rete) il nuovo paradigma coinvolge il concetto di **'Edge device'**, cioè qualsiasi dispositivo di generazione dati al margine della rete, e di **'Edge gateway'**, che sono utilizzati come nodi di transizione tra l'**IoT** e una rete centrale.

Qualcuno prevede che l'Edge Computing determini la fine del Cloud Computing o dei data center.

In definitiva non c'è da stupirsi che l'Edge Computing sia considerata una delle nuove tecnologie 'rivoluzionarie' in grado di cambiare le organizzazioni che vogliono liberarsi dalle precedenti limitazioni delle tradizionali piattaforme cloud.

### Fondamenti ed evoluzione

L'Edge Computing è fondamentalmente una questione di **posizione**. Nelle piattaforme IT tradizionali, i dati prodotti in un endpoint client vengono spostati attraverso Internet o Intranet, dove i dati vengono memorizzati ed elaborati da specifiche applicazioni. I risultati di questo processo vengono poi ritrasmessi all'endpoint. Ora il **numero** di dispositivi IoT e il **volume** di dati prodotti sta crescendo troppo velocemente perché le infrastrutture di data center tradizionali possano accoglierli. Così gli architetti IT hanno spostato dati e risorse del data center nel punto (bordo logico) in cui i dati sono generati. Il principio è semplice: se non puoi portare i dati più vicino al data center, porta il data center più vicino ai dati. Le reti di Edge Computing svolgono quindi un ruolo fondamentale per **ridurre la latenza e migliorare le prestazioni**, rendendo possibile sperimentare l'analisi e l'archiviazione dei dati con una comodità senza precedenti.



Architettura Edge Computing (fonte: Wikipedia)

Ma l'Edge Computing non è una novità assoluta. Esiste infatti dalla fine degli anni 90 sotto forma di **remote computing**, reti per la distribuzione di contenuti (CDN) e reti peer-to-peer (P2P) per la condivisione dei file. In tempi recenti l'Edge Computing ha ricevuto una spinta significativa dal Cloud Computing, stimolato da piattaforme come **Amazon Web Services (AWS)**, **Microsoft Azure** e altre.

Grazie al cloud computing le organizzazioni hanno reagito alla crescita dell'attività e ai picchi di domanda in tempo reale, riducendo i costi nel tempo, dovendo però fare presto i conti con una tecnologia fissa, difficile da modernizzare per innovativi servizi di tipo on-demand e pay-as-you-go.

Una prima risposta è venuta dal **Fog Computing**, tecnologia molto simile all'Edge Computing (secondo alcuni ormai quasi indistinguibile) basata su server edge **raggruppati** in piccoli cloud o micro data center per fornire servizi di storage e di elaborazione locali, migliorando l'acquisizione e il controllo dei dati. Secondo una ricerca di **Gartner**,

entro il 2022 circa il 75% di tutti i dati richiederà un'analisi e un'azione nell'Edge Computing.

Nonostante questo, si stima che circa il 90% dei nostri dati oggi viene creato ed elaborato in data center centralizzati. Il Cloud Computing continuerà ancora a lungo a fornire ottimizzazione dei costi, agilità, resilienza e catalizzatore dell'innovazione. Ma un'ulteriore spinta all'Edge Computing arriverà dall'**'Internet dei comportamenti'**, denominata **IoB** (Internet of Behaviors), tecnologia che assorbe IoT, IIoT, AI, ML, Digital Twin ed Edge Computing, e che alimenterà il prossimo livello di crescita con infinite nuove possibilità di riconfigurare prodotti, servizi, esperienze utente, eccellenza operativa con profonde implicazioni etiche e sociali.

### Acceleratori

Con il passare del tempo, cresce anche l'esigenza di un avanzato sistema di **supporto tecnologico** per Edge Computing che renda l'elaborazione dei

dati più veloce, più intelligente e più efficiente. Ci sono una **dozzina di tecnologie** che gli esperti considerano dei veri e propri booster e abilitatori per la diffusione dell'Edge Computing (cfr. Tabella 1). Il loro effetto collettivo è tangibile in termini di nuove funzionalità, programmazione e tipo di applicazione.

### Architetture e Data Center

Un'architettura di Edge Computing è un'architettura distribuita basata su micro data center, ciascuno in grado di immagazzinare ed elaborare i dati a livello locale e trasmetterli a un data center centralizzato o a un repository di storage Cloud. La **decentralizzazione** può essere impegnativa,

dal momento che richiede alti livelli di monitoraggio e controllo. D'altra parte l'Edge Computing è diventato rilevante perché offre una soluzione efficace ai problemi di rete emergenti associati allo **spostamento di enormi volumi di dati** più vicino alla fonte. Ma non è solo un problema di quantità. È anche una questione di **tempo** in quanto le applicazioni dipendono dal tempo di elaborazione e risposta. L'Edge Computing avvicina all'utente finale le funzioni di controllo e acquisizione dei dati, oltre all'archiviazione di contenuti ad elevata larghezza di banda. Questa tecnologia è inserita in un endpoint logico di una rete nell'ambito di una più ampia architettura di Cloud Computing. Il vantaggio principale è che qualunque tipo di interru-

Tabella 1 - Tecnologie sinergiche e abilitanti per l'Edge Computing

Tecnologia	Riscontro per l'Edge Computing
<b>5G</b>	Combinando la velocità del 5G con le capacità di elaborazione dell'Edge Computing si risolve il problema della latenza. Ma c'è anche il potenziale di trarre vantaggio sia dall'Edge che dal 5G per una più ampia varietà di app aziendali.
<b>AI/ML</b>	Il tempo di risposta è una necessità assoluta per le soluzioni basate sull'AI/ML. Con la trasmissione e la generazione di un numero sempre maggiore di dati, l'Edge Computing consente di aumentare le prestazioni della rete riducendo la latenza.
<b>Container</b>	I container software preconfezionati (virtualizzazioni che operano a livello del sistema operativo incapsulando un intero ambiente runtime) rendono possibile l'esecuzione decentrata delle applicazioni e di soluzioni Edge o micro Cloud, abilitando una maggiore agilità dei processi.
<b>Reti di servizi e di dati</b>	Le reti di servizi e dati facilitano il rilascio e l'interrogazione dei dati o dei servizi distribuiti attraverso i datastore e i container sull'Edge. Permettono inoltre di effettuare interrogazioni in blocco all'interno dell'Edge su ogni dispositivo, con una maggiore facilità.
<b>SDN</b>	Il software-defined networking (SDN) consente la configurazione delle reti overlay da parte degli utenti, rendendo più semplice la personalizzazione del routing e della larghezza di banda ai fini del collegamento con i dispositivi Edge e il Cloud.
<b>Digital Twin</b>	Il gemello digitale è un fattore cruciale responsabile nel passaggio dal fisico al digitale e dal cloud all'Edge, consentendo agli esperti del settore di configurare le loro applicazioni in modo che osservino, pensino e agiscano in base all'Edge.
<b>Convergenza IT-OT</b>	La maturità delle piattaforme IIoT ed Edge/AI aprono la strada alla convergenza IT-OT, offrendo così un vantaggio di innovazione e digitalizzazione.
<b>Sensori IIoT</b>	L'Internet degli oggetti industriale e la sensoristica IIoT offrono una maggiore produttività ed efficienza, unita a una riduzione dei costi per la raccolta, l'analisi e lo scambio di dati.
<b>MEC</b>	Il MEC (Multi-Access Edge Computing) trasforma la topologia e l'architettura delle reti mobili in piattaforma applicativa per servizi. Il MEC integra e abilita l'ambiente di servizio che caratterizzerà le applicazioni 5G-Edge.
<b>XR</b>	La XR (eXtended Reality) rappresenta un'interfaccia immersiva per la collaborazione lavorativa in un ambiente virtualizzato. Con l'aiuto dell'Edge Computing, queste esperienze diventano ancora più dettagliate e interattive.
<b>Hardware neuromorfico</b>	L'hardware neuromorfico progettato per emulare il comportamento dei sistemi biologico-neurali sta rendendo l'Edge Computing più pervasivo, attraverso dispositivi che elaborano rapidamente un volume maggiore di dati utilizzando una potenza minore.
<b>Privacy</b>	La tecnologia che preserva la privacy è destinata a salvaguardare i dati anche nella fase di elaborazione, rendendoli più affidabili soprattutto quando è richiesta l'elaborazione su Edge.

Tabella 2 - Utilizzi e applicazioni dell'Edge Computing

Applicazione	Descrizione
<b>Mobilità e Guida autonoma</b>	L'enorme quantità di dati prodotta e richiesta dagli ITS (Intelligent Transportation Systems) e dai veicoli autonomi deve essere aggregata e analizzata mentre il veicolo è in movimento. Questo richiede che ogni veicolo autonomo diventi un nodo Edge con la presenza di un'infrastruttura che consenta lo scambio di dati in tempo reale tra i veicoli e i punti di comunicazione sul percorso.
<b>Produzione industriale</b>	I sistemi di intelligenza artificiale e machine learning possono essere utilizzati per automatizzare e ottimizzare la produzione di fabbrica. Ciò si abbina perfettamente a una struttura Edge in grado di analizzare grandi quantità di dati e di rispondere senza ritardi a eventi imprevisti. Le architetture Edge Computing risolvono il classico problema della latenza anche nella comunicazione Machine-To-Machine anche nella cantieristica, nella videosorveglianza e nella logistica aziendale.
<b>Manutenzione predittiva</b>	L'accensione e lo spegnimento di utenze elettromeccaniche, la manutenzione predittiva dei motori, l'identificazione di anomalie nelle macchine a controllo numerico, il monitoraggio della sicurezza dei macchinari in zone critiche o pericolose, i cambi di materiale nell'industria di processo sono interessanti casi d'uso per l'Edge Processing.
<b>Smart Sensor</b>	Con l'ulteriore sviluppo della tecnologia degli smart sensor (elevata potenza di calcolo, utilizzo di GPU, miniaturizzazione, recupero energetico, rilevamento zero-touch) si può ulteriormente aprire la strada all'elaborazione delle informazioni all'interno del sensore, generando conoscenza e know-how in pochi passaggi o intervenendo direttamente nella logica del processo e dei macchinari.
<b>Industria 5.0</b>	Con il concetto di Industria 5.0 viene rafforzato il ruolo e il contributo dell'industria nella società. In questo contesto le tecnologie attuali e le piattaforme di calcolo basate su Edge o Cloud Computing, applicate separatamente incontrano limiti importanti. La combinazione di IoT, Edge e Cloud forma un continuum di calcolo che esprime il suo potenziale e caratterizza la soluzione tecnologica al problema.
<b>Ottimizzazione della rete</b>	L'Edge computing può aiutare a ottimizzare le prestazioni della rete misurando le prestazioni per gli utenti attraverso Internet e poi impiegando l'analisi per determinare il percorso di rete più affidabile e a bassa latenza per il traffico di ciascun utente.
<b>Sicurezza sul posto di lavoro</b>	L'Edge computing può combinare e analizzare i dati provenienti da telecamere, dispositivi di sicurezza e sensori per aiutare le aziende a sorvegliare le condizioni del posto di lavoro e a garantire che i dipendenti seguano i protocolli di sicurezza stabiliti.
<b>e-Health</b>	Il settore dell'assistenza sanitaria ha drammaticamente ampliato la quantità di dati dei pazienti raccolti da dispositivi, sensori e altre apparecchiature mediche. Questo enorme volume di dati richiede l'Edge Computing per applicare l'automazione e l'apprendimento automatico nella gestione dei dati e nella identificazione di dati problematici in modo che i medici possano agire tempestivamente in caso di pericolo per la salute.
<b>Smart Agriculture</b>	Le tecnologie per l'agricoltura di precisione utilizzano numerosi sensori per la raccolta di dati, attuatori per l'automazione e applicazioni di gestione FMIS (Farm Management Information Systems). Tali soluzioni presentano numerosi limiti, tra cui la mancanza di interazioni real-time. Ciò può essere superito dall'elaborazione dei dati provenienti da dispositivi e sensori in modalità Edge.
<b>Retail</b>	L'Edge Computing aiuta a soddisfare le esigenze di omnicanalità nella vendita. La tecnologia Edge, ad esempio quella degli armadi smart, consente il posizionamento flessibile nei negozi per intraprendere nuove applicazioni, mentre i data center modulari nei magazzini possono consentire analisi complesse per ottimizzare la supply chain.
<b>Istruzione</b>	L'Edge Computing può supportare l'insegnamento da remoto e in mobilità in combinazione a innovazioni come realtà virtuale (VR), realtà aumentata (AR) e makerspace, consentendo ai docenti di creare esperienze interattive e personali che favoriscono l'apprendimento.
<b>PA</b>	L'Edge Computing può aiutare i dipendenti pubblici ad accedere ai sistemi di cui hanno bisogno. Il personale informatico può ricorrere al monitoraggio remoto per garantire un alto tempo di attività dei siti Edge. I fornitori possono mettere a disposizione soluzioni Edge conformi alle esigenze del settore pubblico.

zione è limitato a **un solo punto della rete** anziché all'intera rete.

Tutte le applicazioni tecnologiche che trovano giovamento dall'Edge sono, per loro natura, particolarmente suscettibili al tema della sicurezza. I dispositivi IoT, soprattutto, sono ancora molto vulnerabili. Un'architettura Edge Computing deve tener conto di aspetti **crittografici** e della prevenzione degli attac-

chi **DDoS** (Denial of Service) potenzialmente portati a più server. Inoltre, i requisiti di sicurezza introducono un'ulteriore latenza nella comunicazione tra i nodi, che può rallentare il processo di **scalabilità**.

La scalabilità in una rete distribuita deve affrontare anche altri problemi: l'eterogeneità dei dispositivi, la condizione altamente dinamica e l'affidabilità delle connessioni.

Se si opta per un'architettura di Edge Computing, le risorse di calcolo e lo storage possono essere trasferiti dal data center centralizzato alla periferia della rete per creare data center costituiti, spesso, da un unico dispositivo hardware compatto. Il vantaggio più importante di un 'micro data center' è la sua flessibilità nel far utilizzare alle aziende un'ampia varietà di applicazioni. L'Edge Computing permette di prioritizzare l'analisi dati in loco, contribuendo a **ridurre il traffico di rete** verso i data center aziendali.

### Edge Analytics

Se l'Edge Computing gioca un ruolo chiave nel facilitare nell'accelerazione digitale, l'**Edge Analytics** è l'insieme dei processi di raccolta, analisi e azione sui dati raccolti dai dispositivi IIoT direttamente dal margine. Elaborando i dati il più vicino possibile alla loro fonte, l'Edge Analytics permette ai produttori di migliorare la loro efficienza e rendere l'innovazione più veloce.

La necessità selezionare quali dati elaborare e utilizzare per innescare azioni a livello locale, e quali inviare al cloud per l'archiviazione, la formazione dei modelli e l'analisi storica, è essenziale.

Tuttavia, non è solo la quantità di dati a caratterizzare l'Edge Analytics. È fondamentale anche convertire e armonizzare diversi set di dati in un **formato interoperabile**. I reparti industriali contengono apparati, macchinari e sistemi che raccolgono i dati in modi diversi. Pensiamo a fonti come PLC, PAC, DCS, database, a protocolli come **Profinet, Ethernet/IP Modbus, MQTT, OPC** e a molte altre tecnologie che devono essere elaborate in modi specifici.

Superare i problemi di accesso ai dati è il primo vantaggio dell'Edge Analytics. Poi è fondamentale cogliere l'opportunità di analizzarli implementando azioni direttamente sulle macchine per migliorare le loro prestazioni. Mantenere i dati a livello locale facilita la preziosa comunicazione machine to machine (M2M), ottimizza i processi di produzione, mitiga i problemi di sicurezza. Un moderno software di Edge Analytics guidato dagli eventi può essere usato anche come livello di connessione tra la **fabbrica** e il **sistema ERP**, il quale può essere utilizzato per inviare dati rilevanti in tempo reale ad altre funzioni aziendali. In questo modo, i dati raccolti dai reparti produttivi possono essere utilizzati in più aree aziendali per migliorare il controllo della qualità, soddisfare l'aumento della domanda di prodotti o per evitare interruzioni dovute a fermi macchina imprevisti.

### Applicazioni

L'Edge Computing è un mezzo potente per **utilizzare i dati** che non possono essere prima spostati in una posizione centralizzata, solitamente perché il volume dei dati rende tali spostamenti costosi, tecnologicamente impraticabili, esposti a possibili violazioni degli obblighi di conformità, come la sovranità dei dati. Questa definizione ha generato una molteplicità di adozioni, applicazioni, scenari e casi d'uso nel mondo reale con obiettivi, requisiti tecnologici e business model variabili a seconda del settore. ■