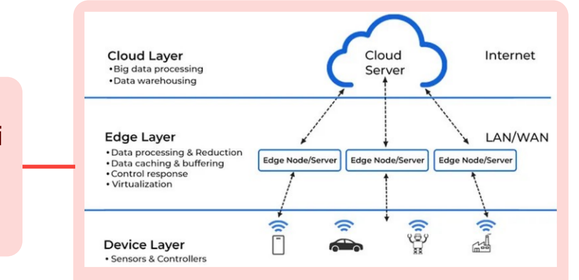
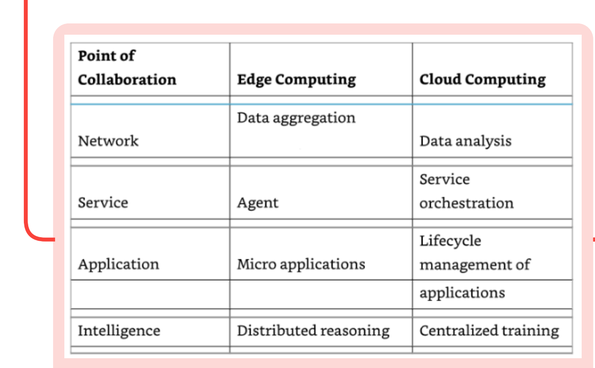
Edge Computing

1. Introduzione

- Il termine Edge computing si riferisce a un paradigma di computing dove il processing dei dati si svolge al "bordo" della rete invece che basarsi solamente su un sistema cloud centralizzato
  - 

  - Vengono spostati alcuni task sull'edge
- **Obiettivi principali**
  - Migliorare il processing real-time
  - Ridurre la latenza
  - Ridurre il consumo della banda
- 

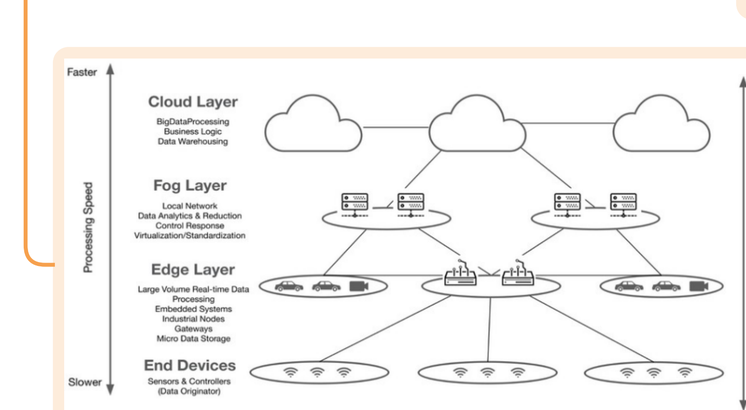
Point of Collaboration	Edge Computing	Cloud Computing
Network	Data aggregation	Data analysis
Service	Agent	Service orchestration
Application	Micro applications	Lifecycle management of applications
Intelligence	Distributed reasoning	Centralized training

  Collaborazione tra l'Edge e il Cloud Computing
  - **Cloud computing** — Perfetto per
    - Scenari non real-time
    - Storage a lungo termine
    - Dati con lunghi periodi
    - Scenari di decision-making di business
  - **Edge computing** — Perfetto per
    - Scenari real-time
    - Dati con periodo breve
    - Scenari di decision-making locale
  - Esempi di collaborazione
    - **Veicoli autonomi connessi**
      - **Edge Computing** — Sensori on board e unità di processing che fanno analisi real-time dei dati per task di
        - Obstacle detection
        - Navigation
      - **Cloud Computing** — Il cloud è usato per i task resource intensive, come
        - Planning a lungo termine
        - Aggiornamento della "conoscenza" dell'auto sulla base di dati agregati dall'intera area
    - **Industrial IoT in Manufacturing (Industry 4.0)**
      - **Edge Computing** — Dispositivi edge sul pavimento della dabbrica per monitorare
        - Stato dei macchinari
        - Anomalie
        - Processi produttivi
      - **Cloud Computing** — Facilita
        - Gestione centralizzata
        - Manutenzione predittiva
        - Analisi di dati storici per aumentare l'efficienza
    - **Smart Cities**
      - **Edge Computing** — Sensori e camere che processano dati real-time per applicazioni come
        - Gestione del traffico
        - Pubblica sicurezza
      - **Cloud Computing** — Il cloud aggrega e analizza i dati da multipli dispositivi, rendendo disponibili
        - Planning a lungo termine
        - Analisi city-wide
        - Ottimizzazione delle risorse
    - **Healthcare Applications**
      - **Edge Computing**
        - Dispositivi wearable e sensori medici locali che
          - Processano
          - Monitorano
          - } I dati dei pazienti
        - Abilitano
          - Feedback immediati
          - Alerts
      - **Cloud Computing**
        - Il cloud aggrega i dati dei pazienti
        - Facilita la collaborazione tra professionisti della sanità per piani di trattamento a lungo termine

2. Modelli

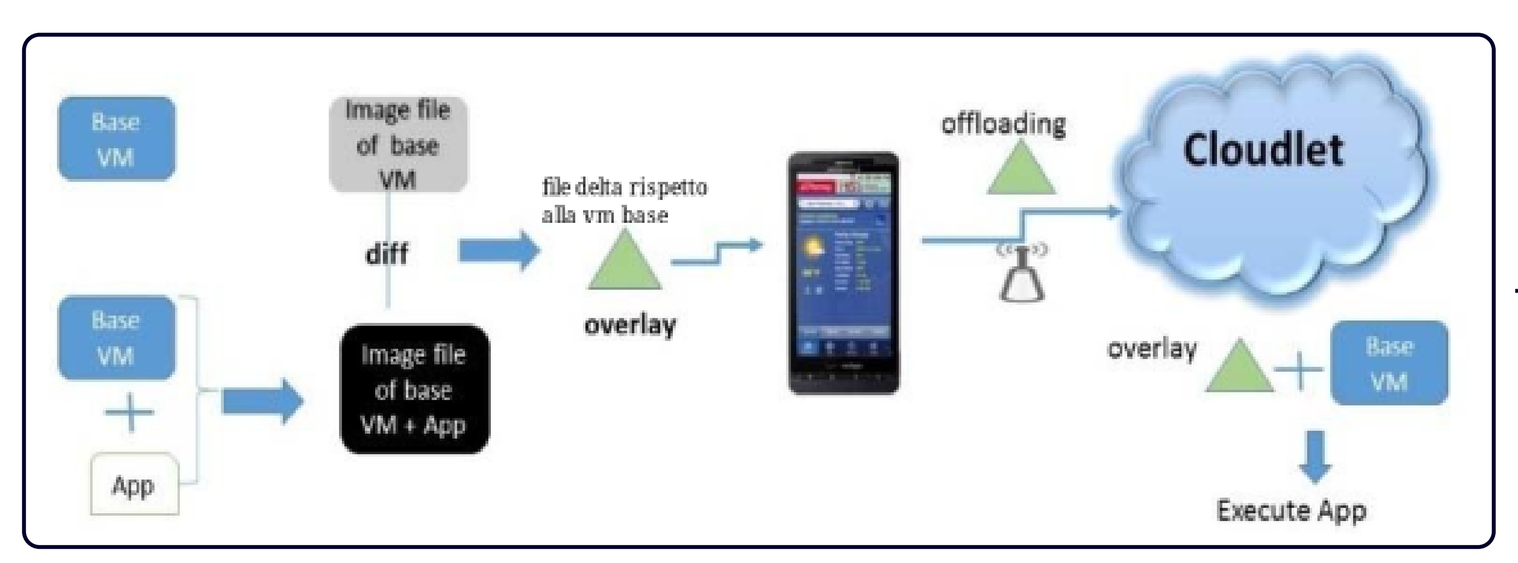
- **Edge vs Fog Computing**
  - Spesso usati come sinonimi — Ma sono concetti molto diversi
    - L'edge computing avviene al bordo della rete dell'applicazione
      - Ergo nel nodo più vicino all'endpoint o sull'endpoint stesso della rete
      - I nodi edge possono portare al trasferimento di grandi flussi di dati verso il cloud
        - Hanno potenza computazionale molto bassa
        - Non possono aggregare flussi di dati multipli
      - Questa cosa può portare a conseguenze su
        - Tempi di risposta
        - Efficienza
        - Sicurezza
    - Il **fog computing** mira a risolvere questo problema, introducendo un **layer di processing intermedio tra edge e cloud**
      - Il nodo fog riceve dati raccoltiu dall'edge e li processa prima che essi raggiungano il cloud
      - Il fog computing può aggregare dati provenienti da diversi nodi edge e differenziarli tra rilevanti e irrilevanti
        - I rilevanti possono essere mandati al cloud storage
        - Gli irrilevanti possono essere cancellati o trasmessi ad un opportuna piattaforma locale

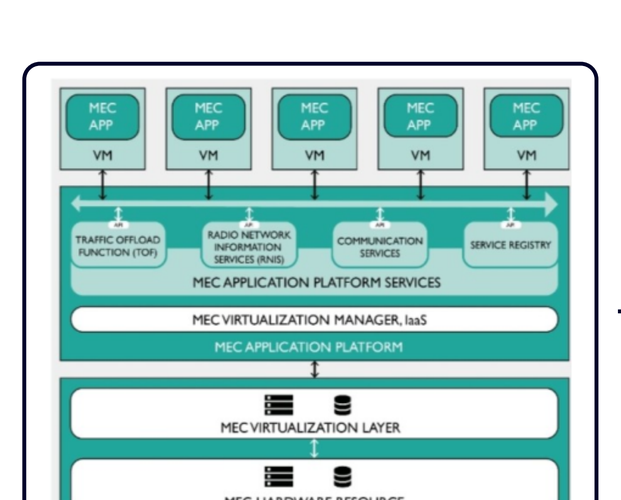
Edge computing	Fog computing
Key Characteristics:	**Key Characteristics:**
Proximity to Data Source: Edge computing process data at the edge of the network, near the devices or sensors producing the data.	**Intermediate Structure**: Intermediate nodes (fog nodes) between edge devices and the centralized cloud.
Device-Centric: Edge computing is often associated with individual devices or gateways attached to the devices	**Scalability**: It offers a more scalable architecture by distributing processing tasks across edge devices and fog nodes.
Individual Processing: Processing occurs on local devices, that do not cooperate among them	**Load Balancing**: Fog nodes can distribute and balance load between edge, fog nodes and cloud

  - Edge e fog collaborano per
    - Minimizzare la latenza
    - Massimizzare l'efficienza
    - } Di sistemi enterprise cloud-enabled
- Esempi di applicazione
  - **Edge** — **Videosorveglianza di un negozio**
    - Una telecameta di sicurezza smart processa e analizza i footage localmente per rilevare anomalie in tempo reale
    - Non si deve mandare tutto lo stream a un server cloud centralizzato
  - **Fog** — **Smart city**
    - In una smart city i nodi fog sono piazzati su pali della luce
    - Possono processare dati da vari sensori edge nelle loro vicinanze
    - Possono aggregare i dati dei sensori
    - Possono fare analisi localizzate — Mandando poi insights locali al cloud per analisi city-wide e per prendere delle decisioni
- 

  Infrastruttura completa Edge-to-Cloud

3. Mobile Computing - MCC e MEC

- Sono legati ad applicazioni mobili
  - Nello specifico se abbiamo applicazioni troppo pesanti da girare direttamente sul telefono
  - Si delega parte del processing a cloud o edge
  - Obiettivo
    - Ridurre latenza
    - Aumentare la capacità delle applicazioni mobili
- **Mobile Cloud Computing**
  - **MCC**
  - Nasce prima — Emerge nel 2009/2010
  - Inegra cloud computing con dispositivi mobili per aumentare le loro capacità — Si superano limitazioni come
    - Processing power
    - Storage
    - Batteria
  - **Motivazione**
    - Domanda sempre crescente di servizi cloud sui dispositivi mobile degli users — Ex. Intrattenimento, social network, news, giochi
    - **Conseguenze** — I dispositivi mobile hanno poca potenza e poche risorse
  - **Soluzione** — **Offload** di task intensivi sul cloud
  - Esempio d'uso — **Cloud mobile gaming** — Il dispositivo è un controller di input e display, che mostra il video che viene streammato da un servizio cloud
  - **Limitazioni**
    - **Alta latenza**
      - I dati devono viaggiare tra dispositivo e data center
      - Spesso quest'ultimo è molto lontano
    - **Dipendenza dalla connettività** — In aree a bassa connettività l'MCC non è praticabile
  - **Cloudlet**
    - Nascono per risolvere il problemi del MCC
    - Sono data center di piccole dimensioni che si trovano all'edge della rete
      - Più vicini ai dispositivi mobili
      - Ad esempio sulle stazioni base degli operatori
    - Offrono potenza computazioneale per le applicazioni mobile — Oltre che garantire bassa latenza
    - **Allocazione delle risorse dinamica**
      - Allocazione di memoria, cpu e storage on demand
      - Se la cloudlet rileva un aumento del traffico o del carico scala le risorse o offloada alcuni task al cloud centrale o a cloudlet vicine
    - Ad oggi questa tecnologia è fondamentale per applicazioni di
      - Edge computing
      - AI on the edge
      - Gaming in streaming
    - **Implementazione**
      - Immagine VM creata a runtime sulle cloudlet per fare offload del workload in modo flessibile
      - Il dispositivo mobile, sull'applicazione ha la stessa VM — In più, avrà tutte le differenze con la VM in un file delta
        - **VM Overlay**
        - Contiene tutte le configurazioni specifiche dell'applicazione
        - 

      - Quando il dispositivo richiede l'offload manda solo il file overlay (delta con tutte le differenze) — Rendendo il tempo di startup molto più breve
      - Esempio
        - Una cloudlet per il gaming serve diversi users usando una stessa VM di base per il processing della grafica
        - Mantiene diversi overlay per le specifiche impostazioni degli utenti
  - **Differenze con il fog computing**
    - **Scope**
      - **Fog**
        - Rete distriibuita e in larga scala
        - La potenze è la cooperazione tra più nodi
      - **Cloudlet**
        - Micro-data-centers localizzati
        - Concentrano su un'antenna la potenza computazionale per specifici contesti
    - **Scalabilità geografica**
      - **Fog** — Alta, distribuita su aree ampie
      - **Cloudlet**
        - Limitata a contesti specifici
        - Ex. Campus
    - **Scopo**
      - **Fog** — Supporta sistemi IoT e applicazioni di rete
      - **Cloudlet** — Processing localizzato per applicazioni specifiche
    - **Latenza**
      - **Fog**
        - Variabile
        - Dipende dai nodi fog
      - **Cloudlet**
        - Bassa latenza
        - Ottimizzata per utenti locali
    - **Complessità della rete**
      - **Fog**
        - Alta
        - Con tanti dispositivi interconnessi
      - **Cloudlet**
        - Bassa
        - Focus sui nodi locali
- **Mobile Edge Computing**
  - **MEC** — Anche **Multi-access Edge Computing**
  - Evoluzione generalizzata delle cloudlet
    - Il loro concetto e i loro vantaggi hanno ricevuto le attenzioni dagli operatori delle **Radio Access Network (RAN)** — Ex. Operatori di telefonia mobile tipo Tim, Vodafone, Verizon, ...
    - Si crea nel 2014 l'Industry Specification Group (ISG) in cui i principali operatori creano un ambiente standard per il MEC
    - Introduzione di stazioni base ad alta performance
      - Dette **edge computing enabled base station**
      - O **MEC-enabled base station**
    - Dal 2018 il MEC è diventato la parte critica per l'architettura di rete 5G
    - In una MEC-enabled base station è presente un server edge computing per processare i dati localmente
    - **MEC-Server**
      - Server virtualizzato localizzato su una base station o vicino ad essa
      - Runna applicazioni e processa dati localmente
  - **Architettura di un MEC Server** — Composto da
    - **MEC Application Platform**
      - Fornisce la capacità di hostare applicazioni mobile per gli utenti
      - Composta da
        - **Gestore della virtualizzazione dell'applicazione** — IaaS che funge da ambiente di hosting delle applicazioni
        - **Servizi di piattaforma dell'applicazione** — Fornisce un set di servizi di middleware alle applicazioni
          - **API di servizi di comunicazione**
          - **TOF**
            - Traffic Offload Function
            - Instrada il data stream dell'user da e verso l'applicazione
          - **Service Registry** — Fornisce informazioni sui servizi disponibili
          - 

    - **MEC hosting infrastructure** — Macchine fisiche su cui hostare un MEC server

4. Conclusioni

Edge computing model suggested for generic use case

Use Cases	Recommendation
Smart Cities	FC + MEC
RAN-aware Context Optimization	MEC
Augmented Reality	MEC/CC + FC
E-Health	FC
Autonomous Vehicles	FC + MEC
Smart Grid	FC
Video Caching & Analysis	MEC/CC

Casi d'uso consigliati

- RAN — Radio Access Network
- FC — Fog Computing
- CC — Cloudlet computing
- MEC — Mobile Edge Computing