

Università degli Studi della Campania

Luigi Vanvitelli - Dipartimento di Ingegneria

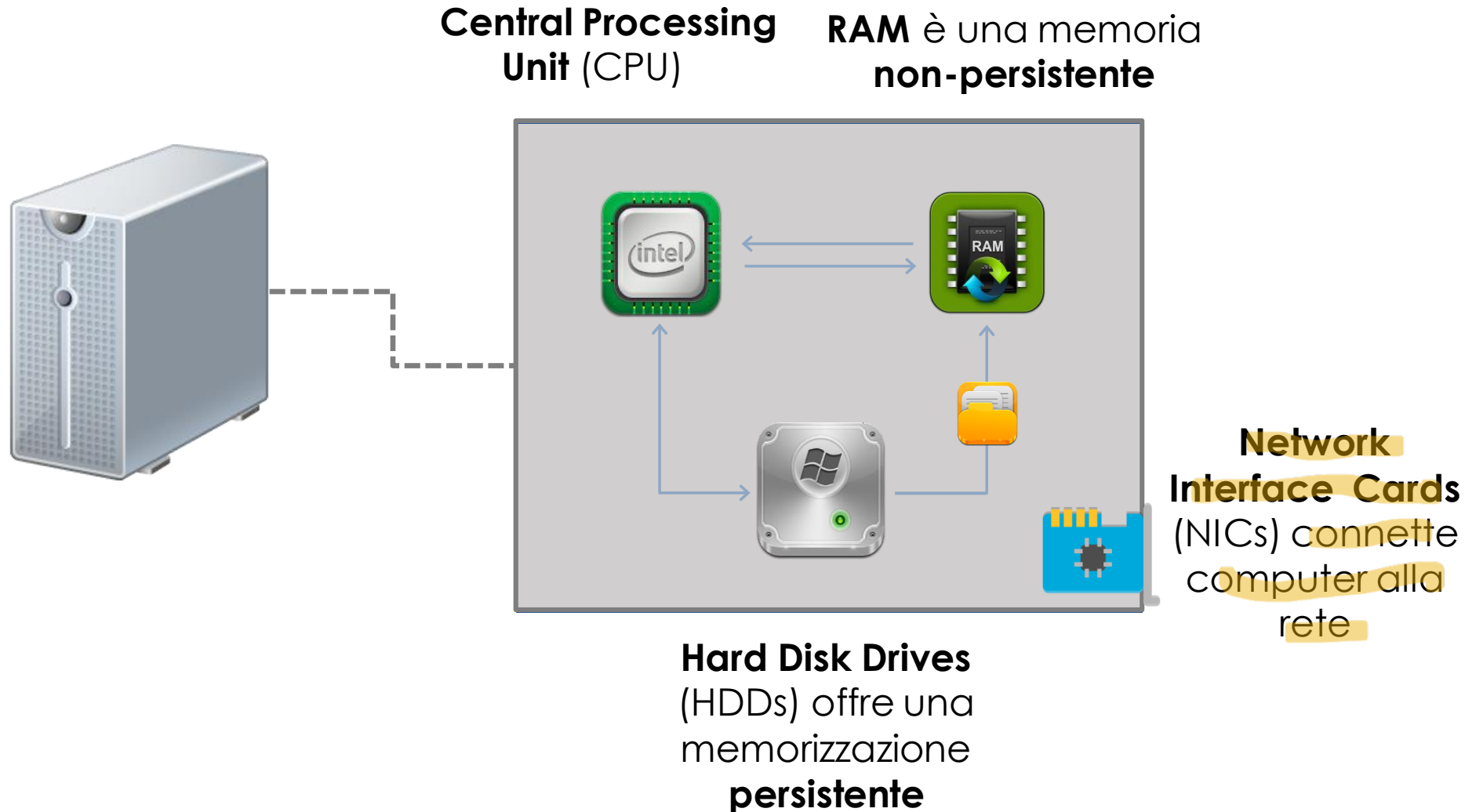
Laurea Triennale in Ingegneria Elettronica e Informatica

Laboratorio di Sviluppo di Applicazioni per IoT
a.a. 2023-2024

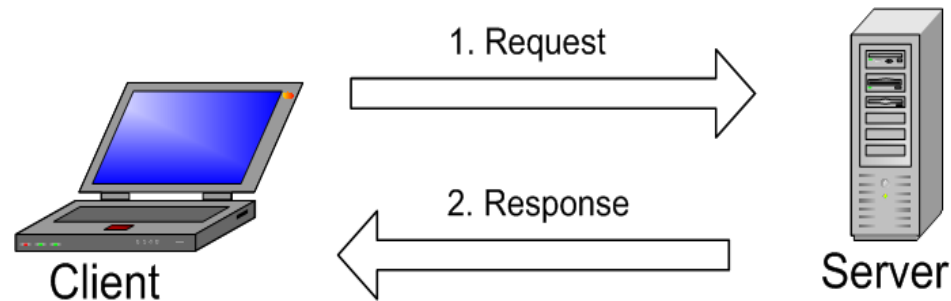
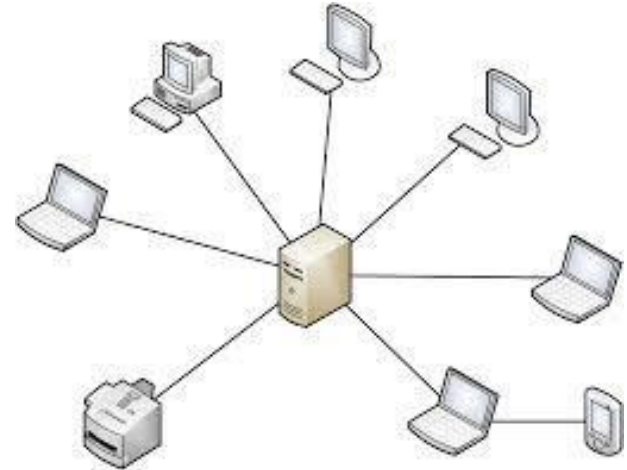
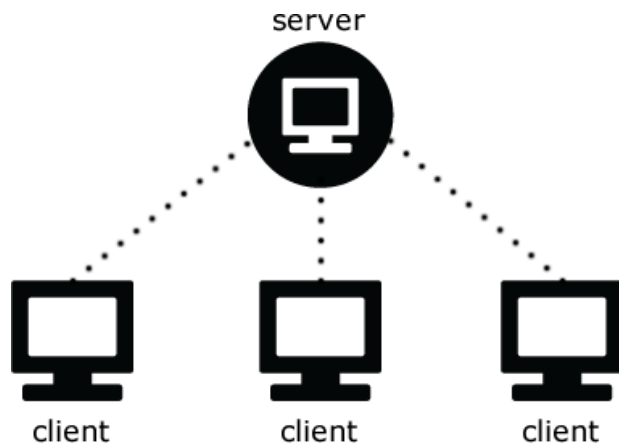
Cloud, Fog, Edge

Docente: Carlo Mazzocca
e-mail: carlo.mazzocca@unibo.it

Architettura di un Calcolatore



Modello Client/Server



Modello Client/Server

Il modello **Client/Server** definisce come due entità possano interagire

Il default quando si parla di Client/Server è:

- **Molti a uno**: molti client e un server
- **Bloccante**: il client aspetta il risultato prima di continuare
- **Asimmetrico**: il client conosce il server, ma non viceversa

Modello Client/Server

- La maggior parte delle applicazioni in sistemi distribuiti sono C/S
- La maggior parte della programmazione per il Web è C/S (Web Services, REST,)
- L'astrazione C/S è facile da comprendere e user-friendly

Esempi



Cloud Computing: Origins

*“It starts with the premise that the **data services and architecture** should be on **servers**. We call it **cloud computing** – they should be in a ‘cloud’ somewhere. And that if you have the right kind of **browser** or the right kind of access, it doesn’t matter whether you have a PC or a Mac or a mobile phone or a BlackBerry or what have you – or new devices still to be developed – you can get access to the cloud...”*

Dr. Eric Schmidt, Google CEO, August 2006

Cloud Computing: Motivazioni



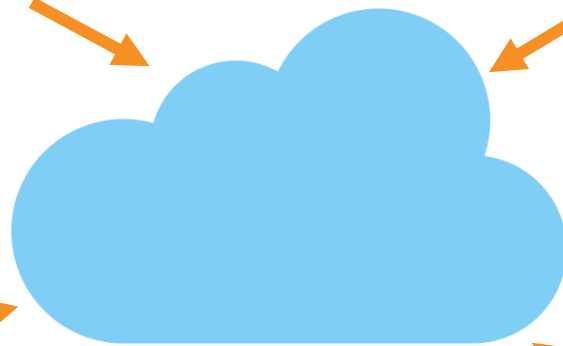
Esplosione applicazioni
web data intensive



Drastica crescita del costo
dell'elettricità, dello spazio
e del mantenimento (di
server classici)



Crescita esponenziale
di dispositivi mobili
connessi ad Internet



Avanzamento
tecnologico per i
computer multi-core

Definizione di Cloud Computing

Il cloud computing è un **modello** per abilitare l'**accesso ubiquo, conveniente, on-demand** alla rete a una **condivisione di risorse informatiche configurabili** (ad esempio, **reti, server, archiviazione, applicazioni e servizi**) che **possono essere rapidamente forniti e rilasciati con un minimo sforzo di gestione o interazione con il fornitore di servizi**

Definizione di Cloud Computing

Questo modello è composto da:

- cinque caratteristiche essenziali
- tre modelli di servizio
- quattro modelli di distribuzione

Caratteristiche Essenziali

1. Self service ed on-demand: L'utilizzatore può richiedere ed utilizzare le risorse di calcolo e di storage secondo le sue necessità, senza richiedere nessuna interazione umana con il fornitore di servizi

2. Accesso di rete: Le capacità fornite dal servizio sono disponibili sulla rete e accessibili attraverso meccanismi standard che permettono l'utilizzo ad applicazioni eseguite su piattaforme eterogenee

Caratteristiche Essenziali

3. Resource pooling: Le risorse del fornitore di servizio sono raggruppate allo scopo di servire gli utilizzatori attraverso un modello di erogazione multi-tenant. Le risorse fisiche e virtuali sono assegnate dinamicamente secondo le esigenze degli utilizzatori. Questi ultimi non hanno visibilità dell'effettiva posizione fisica delle risorse utilizzate se non con un livello di astrazione molto elevato (nazione, stato o al massimo datacenter)

Caratteristiche Essenziali

4. Elasticità: Le risorse possono essere fornite in modo elastico, veloce e, a volte, automatico permettendo una veloce scalabilità verso l'alto e verso il basso. L'utilizzatore, potendo acquistare l'uso di risorse in qualsiasi quantità ed in qualunque momento, ha la percezione di una disponibilità potenzialmente infinita.

5. Costo commisurato: I sistemi cloud controllano ed ottimizzano automaticamente l'uso delle risorse facendo leva sulla capacità di misura dell'uso delle tipologie di servizio (es. storage, computing time, banda). L'utilizzo delle risorse può essere monitorato e controllato in modo trasparente per il fornitore di servizio e l'utilizzatore

Modelli di Deployment

Private Cloud: l'infrastruttura cloud è nelle mani di un preciso responsabile sia tecnico che legale (ditta e/o persona fisica/giuridica) ed i servizi sono forniti dal cloud a precisi enti e solo ad essi

Vantaggi: dedicato ad una sola organizzazione, maggiore sicurezza in quanto le risorse non sono condivise e flessibilità nel controllare l'ambiente cloud

Svantaggi: acquistato e mantenuto dall'organizzazione, più costoso del cloud pubblico

Modelli di Deployment

Public Cloud: l'infrastruttura cloud è sostenuta da ditte private, enti accademici e/o istituzionali. I servizi cloud disponibili sono venduti o resi disponibili (talvolta anche gratis) al pubblico (talvolta senza identificazione forte dell'utente)

Vantaggi: servizi gestiti da un provider esterno che è anche responsabile per la manutenzione. Meno costoso

Svantaggi: meno sicuro in quanto la piattaforma è condivisa, minore flessibilità e controllo dell'ambiente cloud

Modelli di Deployment

Hybrid Cloud: l'infrastruttura cloud si compone da una o più tipologie delle precedenti. Queste mantengono le loro peculiarità ma si compongono così da generare una miriade di servizi finali, alcuni gratis, altri a pagamento, alcuni sicuri e garantiti, altri assolutamente inaffidabili ma comunque con molto richiamo sul pubblico

Vantaggi: combina i vantaggi del pubblico e privato, offre maggiore flessibilità e opzioni di deployment (cloud bursting)

Svantaggi: Complessità di rete, problemi con le conformità, può essere molto costoso

Modelli di Deployment

Community Cloud: l'infrastruttura cloud è fornita per l'uso esclusivo di una comunità di consumatori che appartengono ad organizzazioni con obiettivi comuni. Può essere gestito da una o più organizzazioni che fanno parte della comunità, da una terza parte o da una combinazione di queste

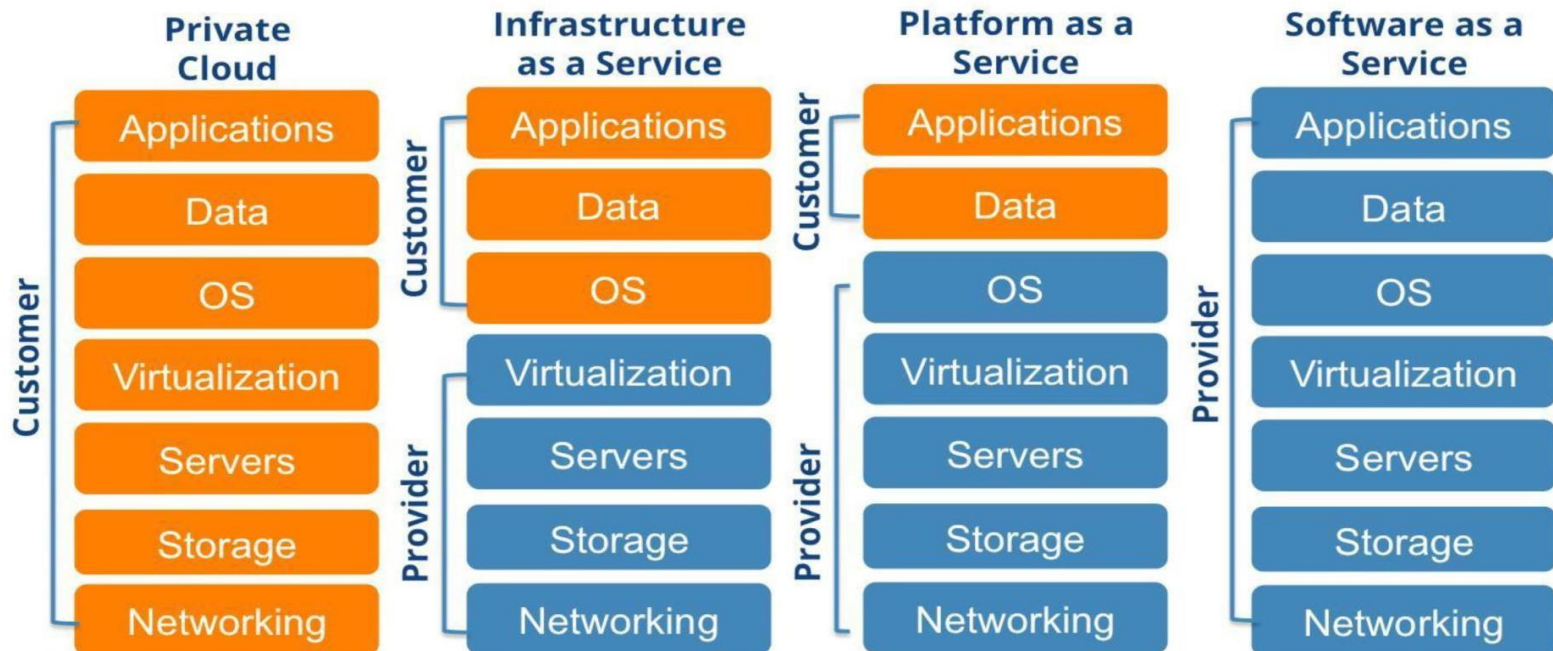
Vantaggi: costi condivisi tra le organizzazioni, favorisce collaborazione, possibilità di adattare le risorse e servizi alle proprie esigenze

Svantaggi: la condivisione delle risorse può ridurre per prestazioni, problemi di sicurezza e conformità, dipendenza dalla comunità

Modelli di Servizio

Il cloud offre risorse IT «as a Service».

A seconda del livello di astrazione fornito come servizio dal cloud si possono classificare diversi modelli di servizio: **SaaS**, **PaaS** e **IaaS**.



Modelli di Servizio

Software as a Service (SaaS): il cliente utilizza via rete le applicazioni offerte dal fornitore in remoto, e non ha il controllo dell'infrastruttura sottostante il livello applicativo, anche se può talvolta disporre di possibilità limitate di configurazione



Modelli di Servizio

Platform as a Service (PaaS): il cliente può dispiegare le proprie applicazioni sull'infrastruttura fornita, nei limiti consentiti dal fornitore. Non ha controllo sull'infrastruttura sottostante, ma può controllare le applicazioni e configurare l'ambiente applicativo



App Engine



HEROKU

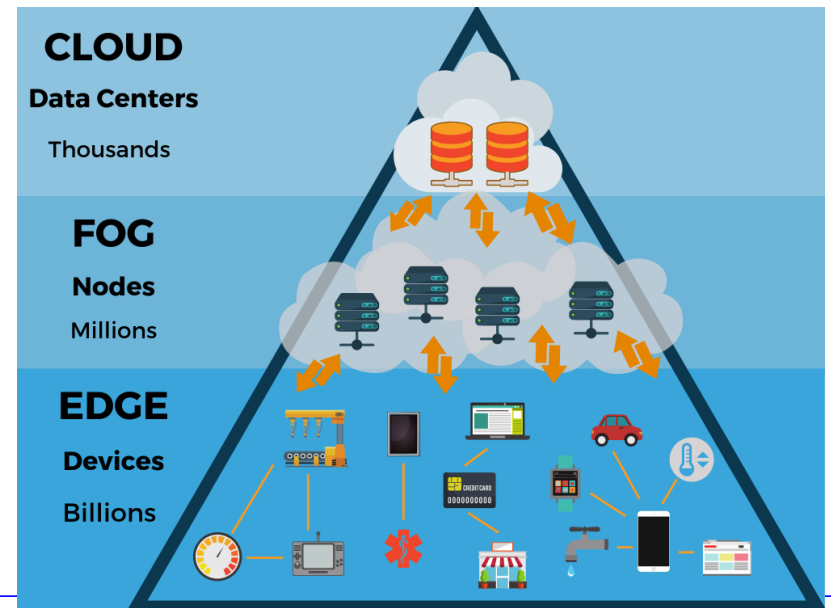
Modelli di Servizio

Infrastructure as a Service (IaaS): il cliente controlla le risorse di elaborazione, archiviazione, rete e calcolo. Non ha la gestione né il controllo dell'infrastruttura cloud sottostante, ma può modificare entro limiti prestabiliti la configurazione e la capacità complessiva del sistema



Definizione di Fog Computing

Il fog computing è un paradigma orizzontale, fisico o virtuale, che risiede tra i dispositivi intelligenti terminali e i tradizionali data center o cloud. Questo paradigma supporta applicazioni verticalmente isolate e sensibili alla latenza, fornendo una computazione, uno storage e una connettività di rete ubiqui, scalabili, stratificati, federati e distribuiti



Architettura Fog Computing

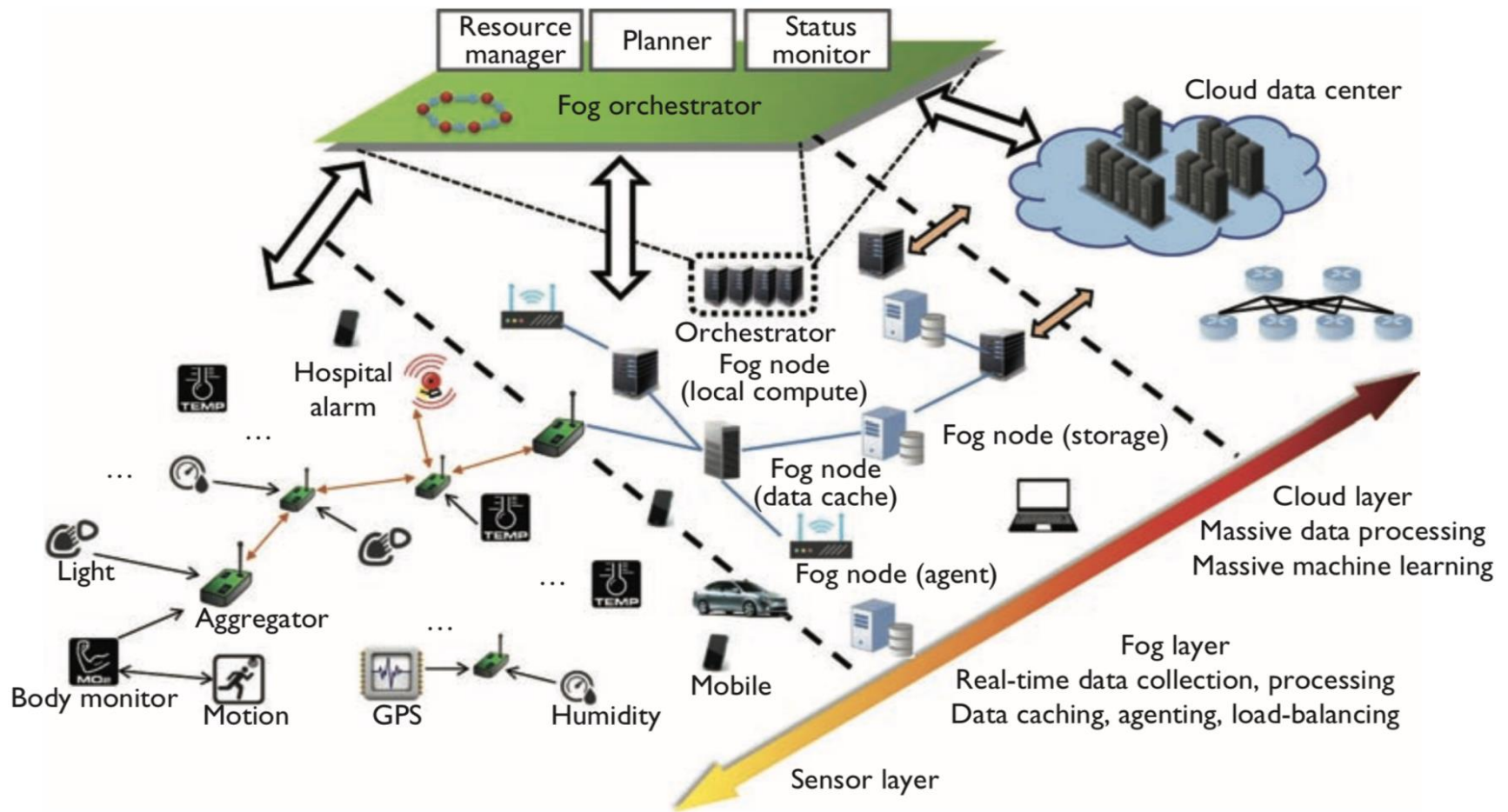


Immagine presa da: [Salaht et al. "An Overview of Service Placement Problem in Fog and Edge Computing", ACM Computing Survey 2020.](#)

Caratteristiche

Consapevolezza della posizione e bassa latenza: Fog computing nasce per supportare applicazioni con bassi requisiti di latenza. I nodi fog sono più vicini ai dispositivi IoT, quindi le risposte sono molto più veloci rispetto al cloud

Distribuzione geografica: i servizi e applicazioni basati sul fog computing sono quelli che richiedono un deployment fortemente distribuito

Supporto alla mobilità: le applicazioni fog devono poter comunicare direttamente con device mobili

Caratteristiche

Real-time: richiedono interazioni real time piuttosto che processazioni batch

Accessi Wireless: dato la grande scale di sensori wireless in IoT che richiedono computazioni e analisi distribuite, fog computing support per access wireless a reti IoT

Eterogeneità: i nodi fog hanno diverse risorse and possono essere installati in ambienti molto diversi. Anche i device con qui interagiscono possono avere risorse e capacità eterogenee

Caratteristiche

Interoperabilità e federazione: il supporto senza interruzioni di certe servizi richiede la cooperazioni tra diversi provider. I componenti fog devono essere in grado di collaborare

Supporto per analitiche real-time e interazioni con il cloud: il fog gioca un ruolo cruciale nel processamento dei dati vicino a dove sono generati per soddisfare i requisiti di certe applicazioni. Ad ogni modo, molte applicazioni richiedono sia la località del fog che la globalizzazione del cloud. In particolare, per le analitiche su grandi moli di dati

Nodo Fog

- I nodi Fog sono elementi **intermedi** di calcolo situati tra il Cloud e gli smart end-device
- Possono essere elementi **fisici o virtuali** e sono strettamente accoppiati con gli smart end-device o le reti di accesso
- Forniscono tipicamente qualche forma di servizio di **gestione dei dati e comunicazione tra il livello periferico** dove risiedono gli smart end-device **e il Cloud**
- I nodi Fog, specialmente quelli virtuali, anche noti come **cloudlet**, possono essere federati per fornire un'espansione orizzontale delle funzionalità su geolocalità disparate

Modelli di Deployment e Servizio

Essendo il fog un'estensione del tradizionale modello di cloud computing, questo supporta gli stessi modelli di deployment e servizio

Edge Computing

- Edge è il livello di rete più vicino alla generazione dei dati
- Lavora con un numero minore di periferiche
- Si concentra principalmente sulla computazione dei dati