

Approfondimento sull'efficienza energetica in ambito software

Architettura del Software – Settembre 2024

Realizzato da:

Cavaleri Matteo – 875050

Gargiulo Elio – 869184

Monti Lorenzo – 869960

Piacente Cristian – 866020

Indice dei contenuti

01 Introduzione

02 Nuovo attributo di qualita'

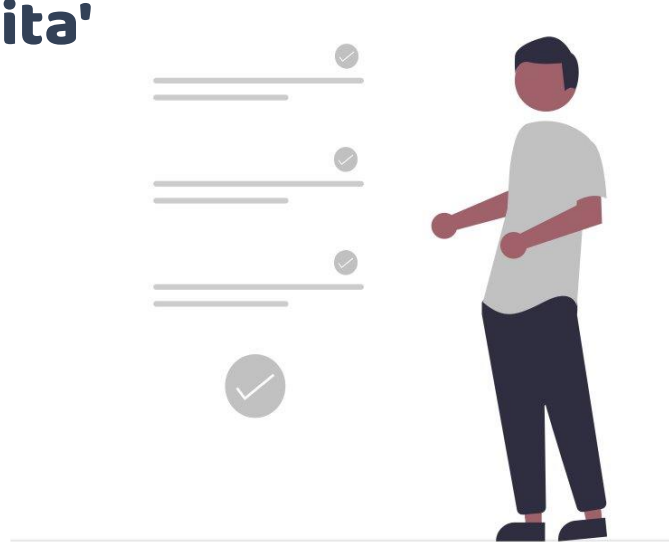
03 Tattiche

03.1 Monitor

03.2 Allocate

03.3 Reduce

04 Patterns



Introduzione

- In passato l'architetto di un progetto non prendeva mai in considerazione il **consumo energetico** dell'intero sistema
- Nel corso degli ultimi decenni con l'avvento dei dispositivi mobile, IoT, cloud computing e politiche green l'**efficienza energetica** dell'intero sistema non può essere più ignorata



Cloud computing

- I data center **consumano più elettricità** rispetto a interi paesi, non solo per il loro funzionamento, ma soprattutto per il **raffreddamento**.

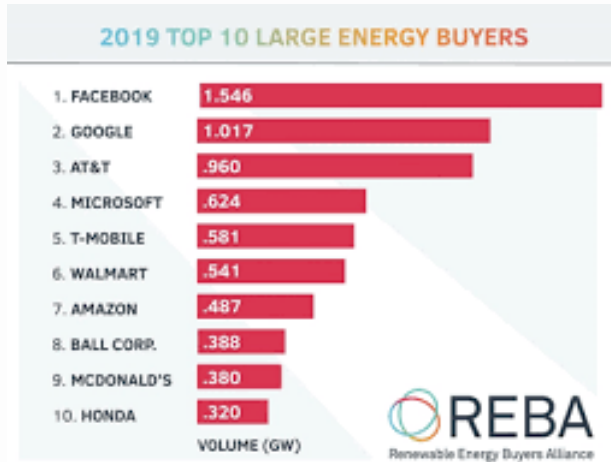


- Con l'aumento dei costi energetici e l'implementazione di politiche green sempre più stringenti, l'attenzione si concentra sull'**aumento dell'efficienza energetica**.

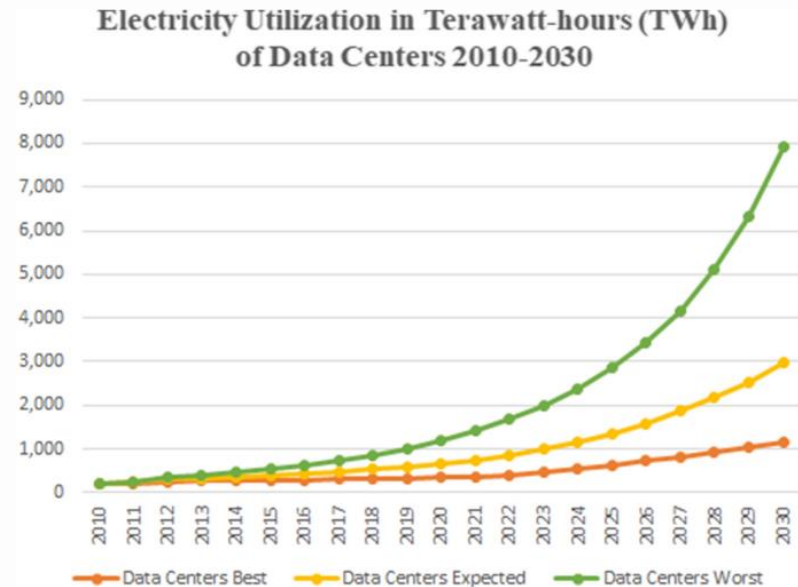
Nel caso del cloud, questo potrebbe portare a spostare i data center nello spazio, sott'acqua o in climi artici, riducendo così la necessità di energia per il raffreddamento.

Consumo del cloud computing

- La richiesta energetica continuerà a salire nei prossimi anni, e quindi gli architetti dovranno tenere in considerazione le **qualità concorrenti di un sistema**.



In meno di un decennio l'energia globale richiesta dal cloud era il 3% del totale, oggi invece siamo al 10%.



Nuova qualità alla lista

Efficienza energetica

Diventando sempre di più un problema dei sistemi, l'architetto deve **aggiungere alla lista** degli attributi di qualità concorrenti l'efficienza energetica e insieme ad essa dovranno essere considerati diversi **trade-off**:

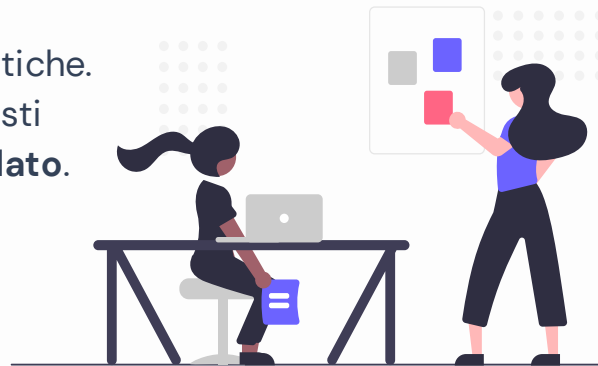
- Energy
- Performance
- Availability
- Modifiability
- Time to market



Aspetti tecnici da considerare

Aspetti Importanti

1. Se mancano tecniche architettoniche a livello di sistema per monitorare e gestire l'energia, gli sviluppatori saranno costretti a inventarle, portando a sistemi **difficili da mantenere** nel lungo periodo.
2. Molti architetti e sviluppatori **non sono consapevoli dell'efficienza energetica** come attributo qualitativo, e quindi non sanno come procedere per ingegnerizzarla e codificarla (comprensione mancante).
3. Vi è una mancanza di concetti strutturati come pattern e tattiche. Essendo l'efficienza energetica una preoccupazione recente, questi concetti sono ancora agli inizi e **non esiste un catalogo consolidato**.



Efficienza energetica scenario generale

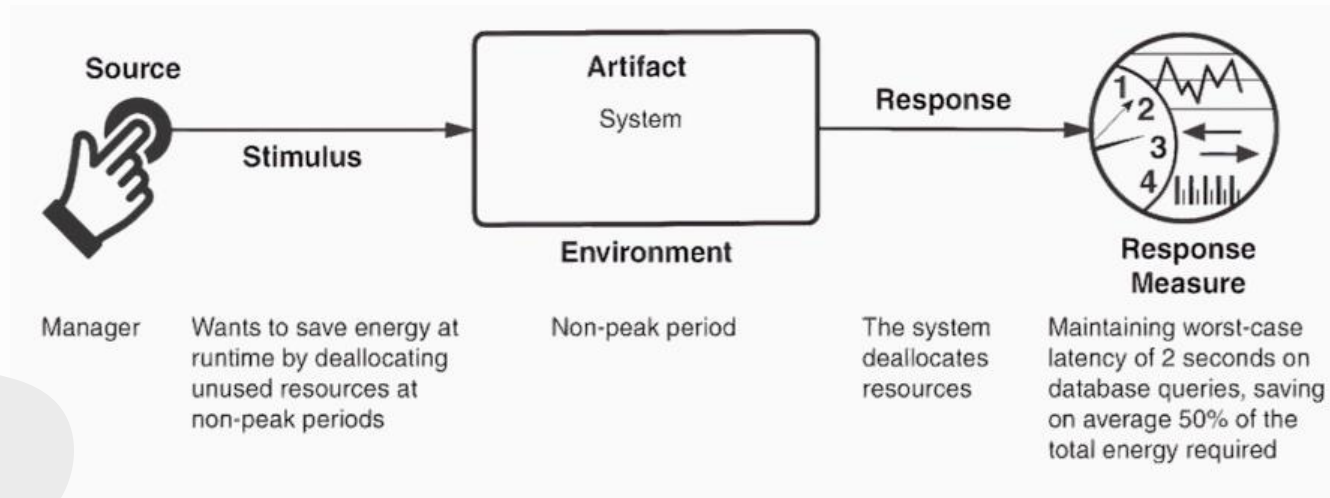
Componente dello scenario	Descrizione	Chi possono essere in uno scenario vero
Sorgente	Questo specifica chi o cosa richiede o avvia una richiesta per conservare o gestire l'energia.	End user, system administrator, agente automatizzato, ecc...
Stimolo	Una richiesta per conservare l'energia.	Kilowatt/h totali/medi, ecc...
Artefatto	Questo specifica cosa deve essere gestito.	Server, VM, ecc...
Ambiente	L'energia è tipicamente gestita durante il runtime, ma esistono molti casi speciali interessanti, basati sulle caratteristiche del sistema.	Low battery mode, power conservation mode, ecc...
Risposta	Quali azioni il sistema intraprende per conservare o gestire il consumo di energia.	Deallocazione delle risorse, cambio delle politiche di scheduling, ecc...
Misurazione della risposta	Le misure riguardano la quantità di energia risparmiata o consumata e gli effetti su altre funzioni o attributi qualitativi.	Energia risparmiata in termini di: Consumo medio/massimo di kilowatt dell'intero sistema, ecc...

Efficienza energetica concrete scenario

Esempio

Illustra uno scenario concreto di efficienza energetica:

Un manager vuole risparmiare energia durante il runtime deallocando risorse non utilizzate nei periodi di non picco. Il sistema dealloca le risorse mantenendo una latenza massima di 2 secondi per le query al database, risparmiando in media il 50 percento dell'energia totale richiesta.

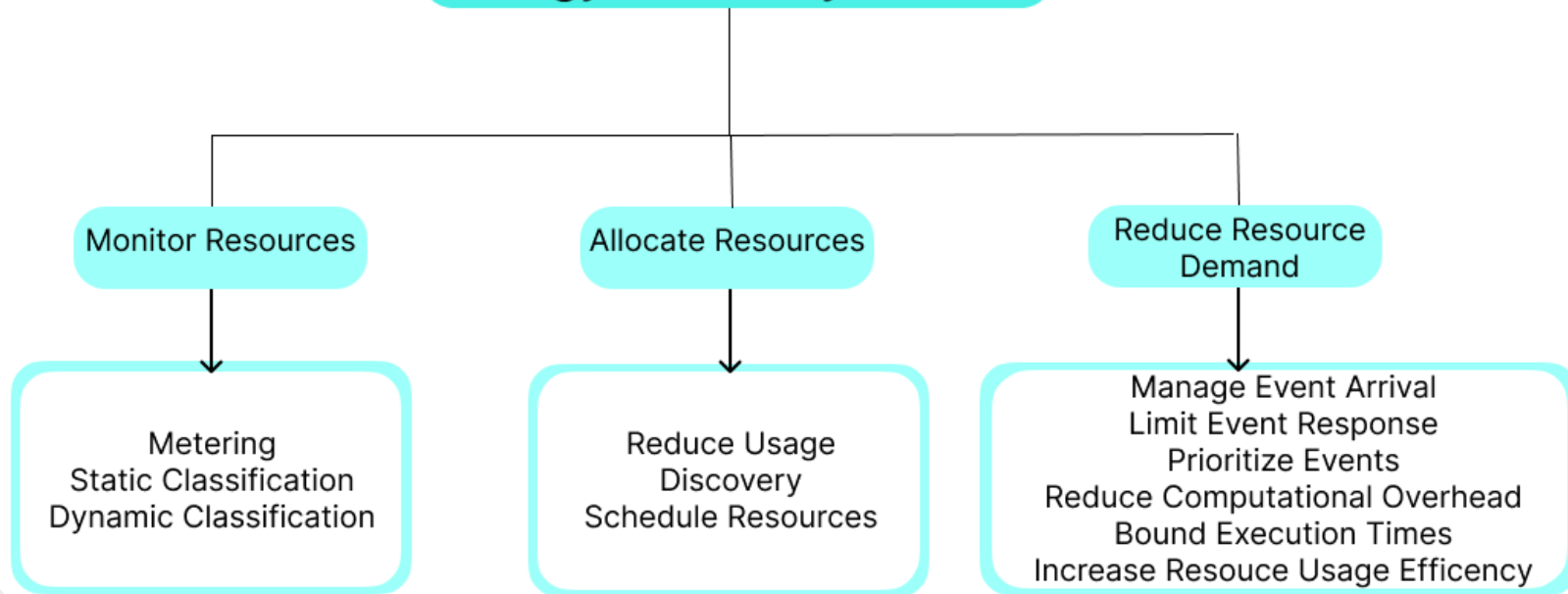


Tattiche per l'efficienza energetica

Consiste nel conservare o organizzare l'energia provvedendo le **required functionality**.
Questo scenario è vincente se la risposta dell'energia è compiuta con accettabili tempo, costo e vincoli di qualità.



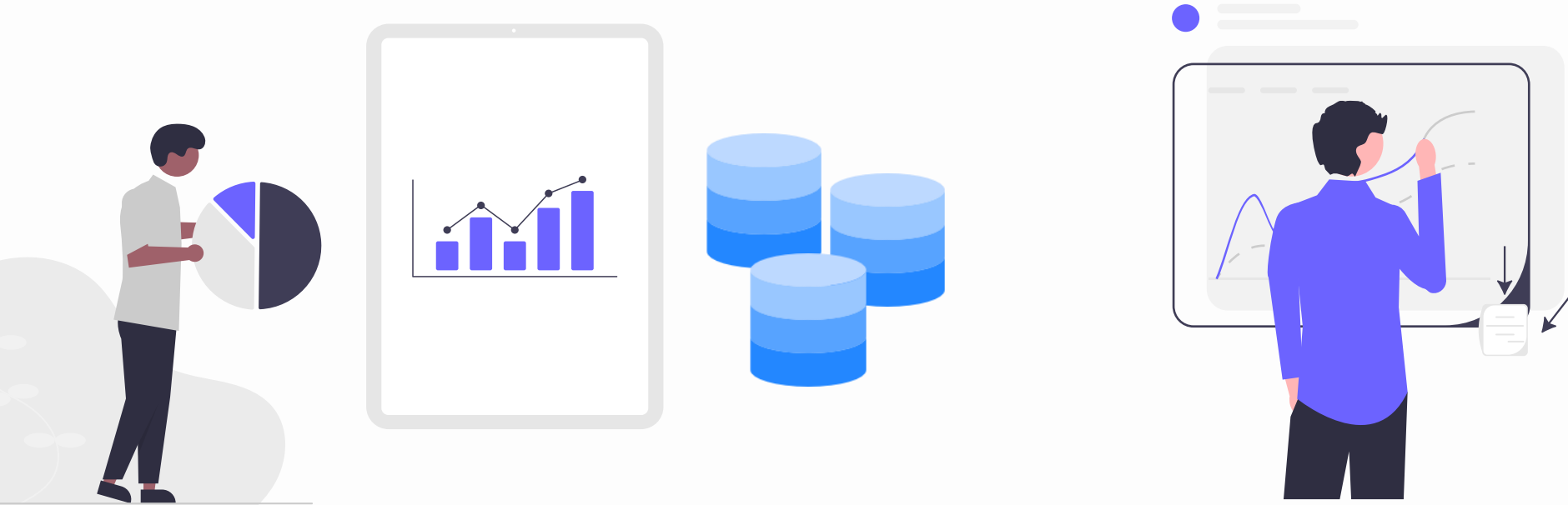
Energy Efficiency Tactics



Monitor Resources

Metering

La tattica di misurazione prevede la **raccolta di dati** sul consumo energetico di risorse tramite un'infrastruttura di sensori quasi in tempo reale.



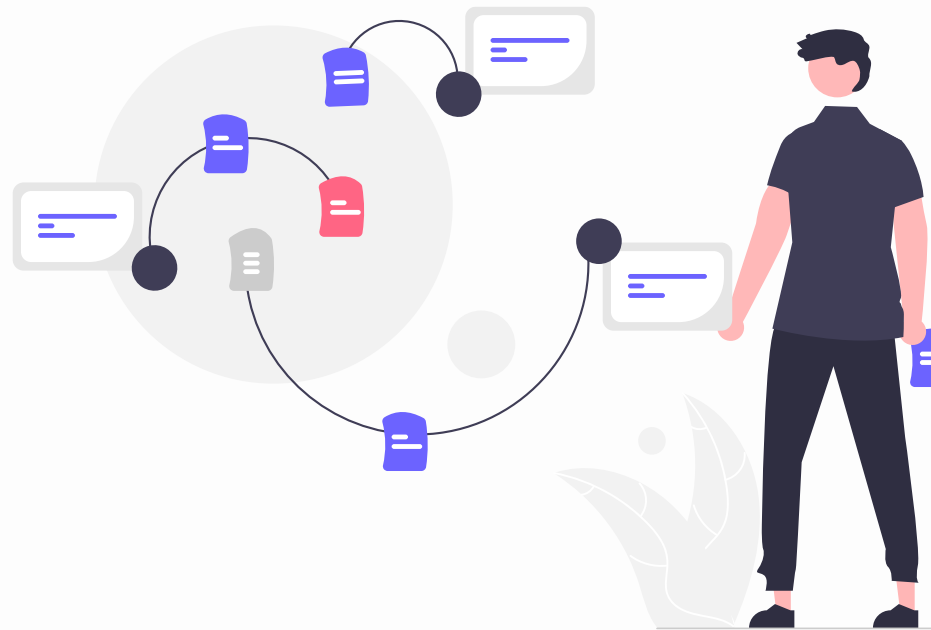
Static Classification

La classificazione statica consente di **stimare il consumo energetico** attraverso l'utilizzo di cataloghi delle risorse impiegate e si basa sulle caratteristiche del consumo di energia disponibili, come i benchmark derivanti dalle specifiche tecniche fornite dai produttori.



Dynamic Classification

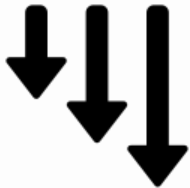
La classificazione dinamica rispetto alla classificazione statica andrà a **stimare il consumo di energia** basato sulla conoscenza di condizioni transitorie, come il workload.



Allocate Resources

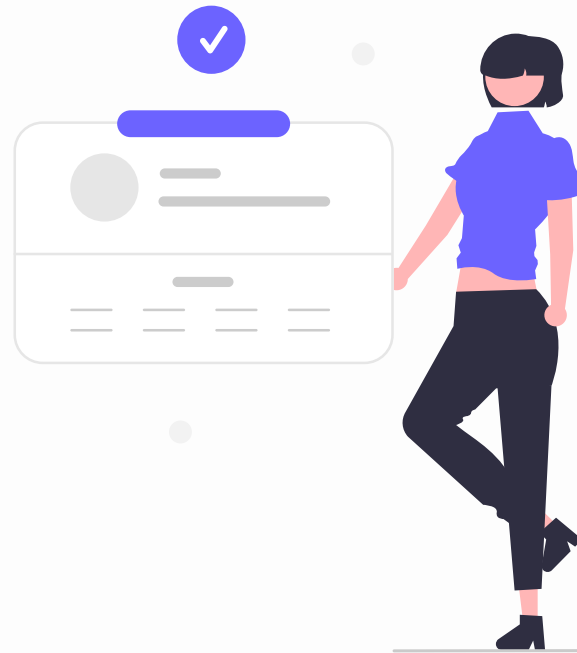
Reduce Usage

L'utilizzo può essere ridotto a livello del dispositivo mediante attività specifiche, **disattivando o rimuovendo risorse** quando non c'è più richiesta, oppure trasferendo parte della computazione al cloud.



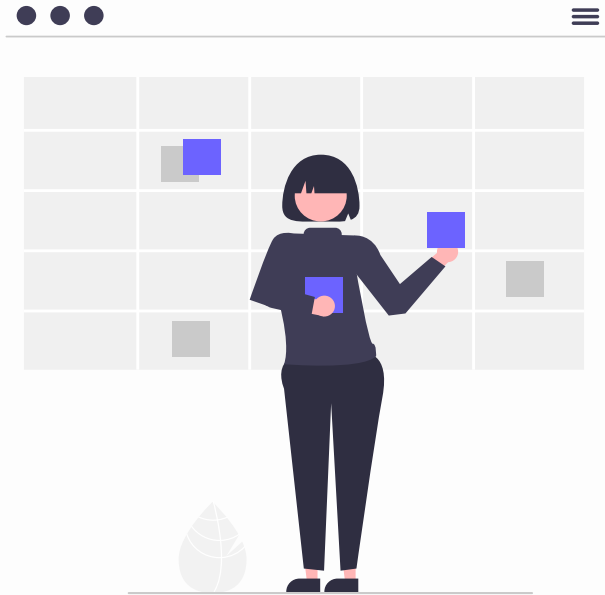
Discovery

Un servizio di discovery abbina le richieste di servizio ai provider di servizi.
L'idea è quella di annotare queste richieste con **informazioni sull'energia** per scegliere un fornitore in base alle sue caratteristiche energetiche (possibilmente dinamiche).



Schedule Resources

La pianificazione consiste nell'allocare le attività alle risorse computazionali. Questo non solo può **migliorare le prestazioni**, ma consente anche di **gestire l'energia** rispettando alcuni vincoli, come la selezione di provider con carichi di lavoro più leggeri.



Reduce Resource Demand

Reduce Resource Demand

Le tattiche di riduzione delle risorse **limitano la risposta e danno priorità** agli eventi, aumentando l'efficienza energetica e riducendo il tempo e la potenza computazionale necessaria per l'uso delle risorse.

Eseguendo meno lavoro, queste tattiche migliorano direttamente l'efficienza energetica e l'efficienza nell'uso delle risorse.



Ridurre le domande inutili



Efficienza sul tempo



Efficienza potenza computazionale

Tactics-Based Questionnaire for Energy Efficiency

Usando le tattiche descritte prima possiamo, tramite il questionario, capire quanto le nostre scelte **supportino** l'efficienza energetica.

Le domande potranno diventare fonte di ulteriori attività.

Ad esempio:

- Indagine sulla documentazione
- Analisi del codice
- Ingegneria inversa del codice



Tactics-Based Questionnaire for Energy Efficiency

Tactics Group	Tactics Question	Supported Y/N?	Risk	Design Decisions and Location	Rationale and Assumptions
Resource Monitoring	Il tuo sistema misura l'uso dell'energia? Ovvero, il sistema raccoglie dati sul consumo effettivo di energia dei dispositivi computazionali attraverso un' infrastruttura di sensori , in tempo quasi reale?				
	Il sistema classifica staticamente i dispositivi e le risorse computazionali? Cioè, il sistema dispone di valori di riferimento per stimare il consumo energetico di un dispositivo o di una risorsa (nei casi in cui la misurazione in tempo reale non sia fattibile o risulti troppo costosa dal punto di vista computazionale)?				
	Il sistema classifica dinamicamente i dispositivi e le risorse computazionali? Nei casi in cui la classificazione statica non sia accurata a causa di carichi variabili o condizioni ambientali, il sistema utilizza modelli dinamici , basati su dati raccolti in precedenza, per stimare il consumo energetico variabile di un dispositivo o di una risorsa durante l'esecuzione?				

Tactics-Based Questionnaire for Energy Efficiency

Tactics Group	Tactics Question	Supported Y/N?	Risk	Design Decisions and Location	Rationale and Assumptions
Resource Allocation	Il sistema riduce l'uso per diminuire il consumo delle risorse ? Cioè, il sistema è in grado di disattivare le risorse quando non sono più necessarie, allo scopo di risparmiare energia? Questo può includere lo spegnimento di hard disk, l'oscuramento degli schermi, lo spegnimento di CPU o server, la riduzione della velocità di clock delle CPU, o lo spegnimento dei blocchi di memoria del processore che non vengono utilizzati.				
	Il sistema pianifica le risorse per utilizzare l'energia in modo più efficace, tenendo conto dei vincoli dei task e rispettando le priorità dei task , passando a risorse computazionali, come i fornitori di servizi, che offrono una migliore efficienza energetica o costi energetici più bassi? La pianificazione si basa su dati raccolti (utilizzando una o più tattiche di monitoraggio delle risorse) sullo stato del sistema?				
	Il sistema utilizza un servizio di discovery per abbinare le richieste di servizio ai fornitori di servizi? Nel contesto dell'efficienza energetica, una richiesta di servizio potrebbe essere annotata con informazioni sui requisiti energetici, permettendo al richiedente di scegliere un fornitore di servizi in base alle sue caratteristiche energetiche .				
Reduce Resource Demand	Cerchi costantemente di ridurre la domanda di risorse ?				

Patterns

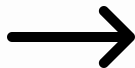
Sensor Fusion

Le app mobili e i dispositivi IoT devono collezionare dati dall'ambiente usando multipli sensori.

Ma molti sensori sono **dispendiosi**, cosa possiamo fare quindi?



Accelerometro



GPS



Sensori a **bassa potenza** per capire se utilizzare sensori a più alta potenza

Vantaggi e Svantaggi

- **Benefit** riduzione di componenti energivori
 - + Capacità di ridurre al minimo l'uso di dispositivi più energivori
- **Trade-off** complessità iniziale, switch tra i componenti, qualità e velocità
 - Complessità iniziale per l'ideazione dello switch dei componenti
 - Switch tra i componenti continuo = maggior consumo di energia
 - Sensore più potente vuol dire qualità superiore e maggior velocità rispetto a un sensore secondario

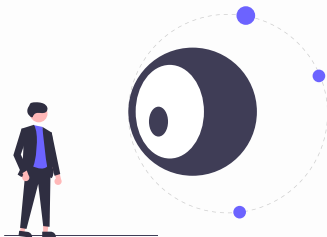


Kill Abnormal Tasks

Molto spesso vengono scaricate app sconosciute che rimangono in **background** oppure che non hanno riguardo della nostra batteria.



In questo caso? Monitorare e interrompere in tal caso



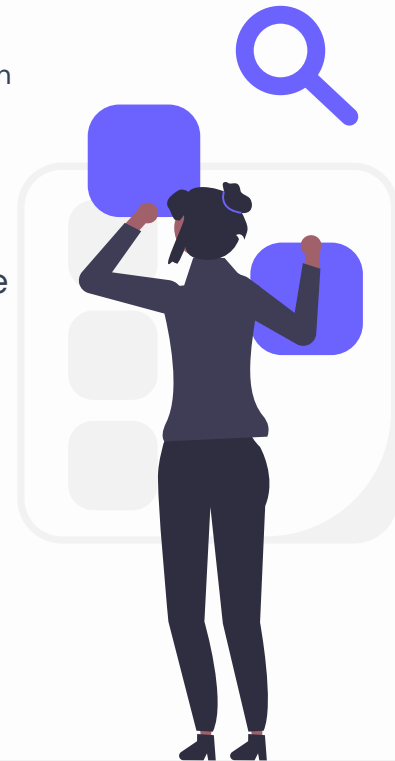
Periodo di time-out



Interrompi Task

Vantaggi e Svantaggi

- **Benefit** fail-safe
 - + Questo modello fornisce un'opzione di 'fail-safe' per gestire il consumo energetico delle app con proprietà energetiche sconosciute
- **Trade-off** overhead, influenza sulle prestazioni e utilizzo di energia in piccole misure con piccolo overhead per operazioni di sistema
 - Influenza sulle prestazioni e utilizzo di energia in piccole misure
 - Usabilità (eliminare le attività che consumano molta energia potrebbe essere contrario alle intenzioni dell'utente)



Power Monitor

Interfacce dimenticate che restano sempre aperte e inutilizzate dall'utente, alcune di queste risulteranno molto costose



In questo caso?

Disattivare automaticamente i dispositivi e le interfacce che non vengono utilizzati attivamente dall'applicazione



Attività dimenticata



Disattiva dispositivi e interfacce

Vantaggi e Svantaggi

- **Benefit** risparmio intelligente
 - + Questo pattern può consentire un risparmio intelligente di energia con un impatto minimo o nullo sull'utente finale, supponendo che i dispositivi spenti non siano realmente necessari.
- **Trade-off** latenza, avvio costoso, monitor di potenza e maggior complessità
 - Latenza e avvio costoso: una volta spento un dispositivo, riaccenderlo introduce una latenza prima che possa tornare operativo, rispetto a mantenerlo in funzione continuamente. In alcuni casi, l'avvio potrebbe richiedere più energia rispetto a un certo periodo di funzionamento regolare.
 - Il monitor di potenza deve conoscere ogni dispositivo e le sue caratteristiche di consumo energetico, il che aggiunge complessità iniziale alla progettazione del sistema.

