



Un framework unificato per il monitoraggio di risorse e la migrazione di macchine virtuali in OpenStack



Relatore

Prof.ssa Valeria Cardellini

Candidato

Claudio Pupparo

Cloud Computing



- Abbattimento dei costi
- Potenza virtualmente infinita

Cloud Computing



- Abbattimento dei costi
- Potenza virtualmente infinita
- Nuove sfide per i fornitori di servizi
- Necessità di nuove tecniche di gestione infrastruttura

Cloud Computing



- Abbattimento dei costi
- Potenza virtualmente infinita
- Nuove sfide per i fornitori di servizi
- Necessità di nuove tecniche di gestione infrastruttura



Migrazione di macchine virtuali

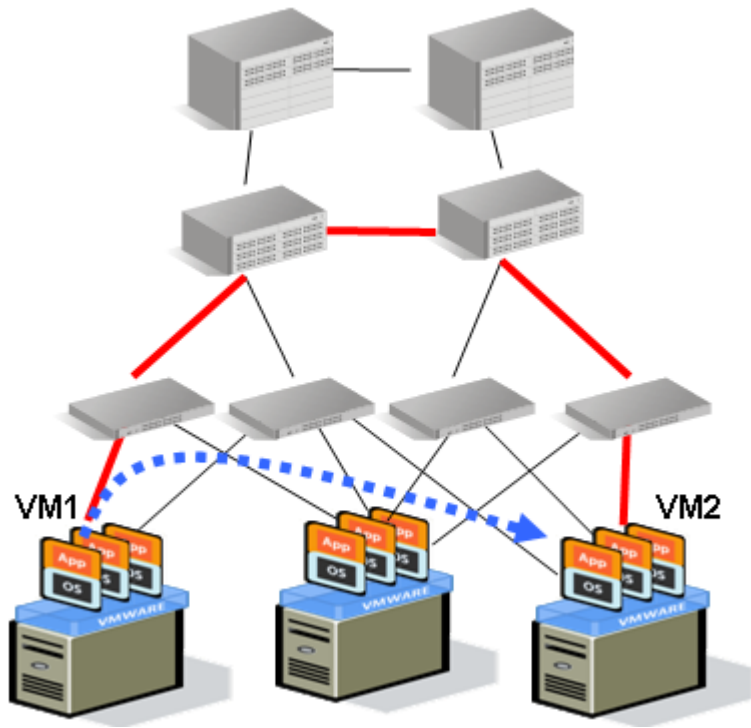
Macchina Virtuale (VM)

Una macchina eseguita in un ambiente virtuale all'interno di una macchina fisica



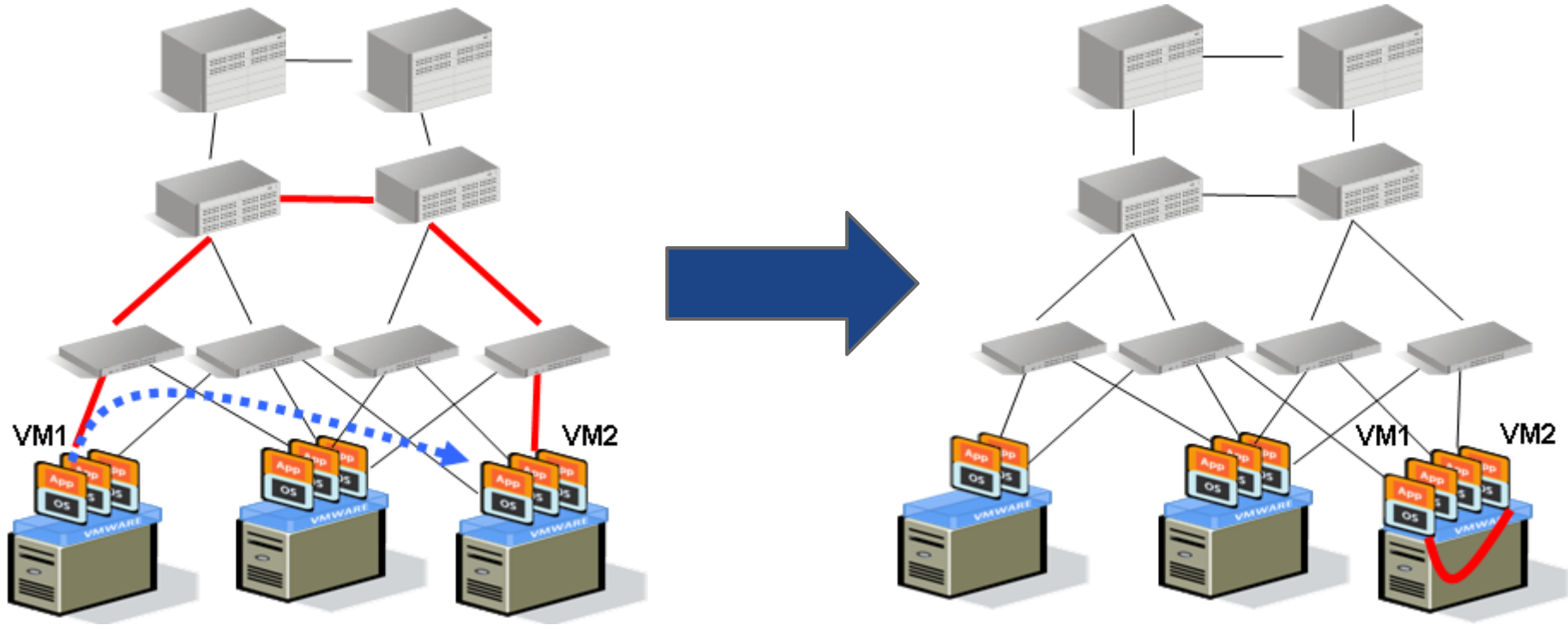
- Alla base del Cloud Computing
- Molteplici VM su una singola macchina fisica
- Aumenta utilizzazione risorse fisiche

Migrazione di Macchine Virtuali



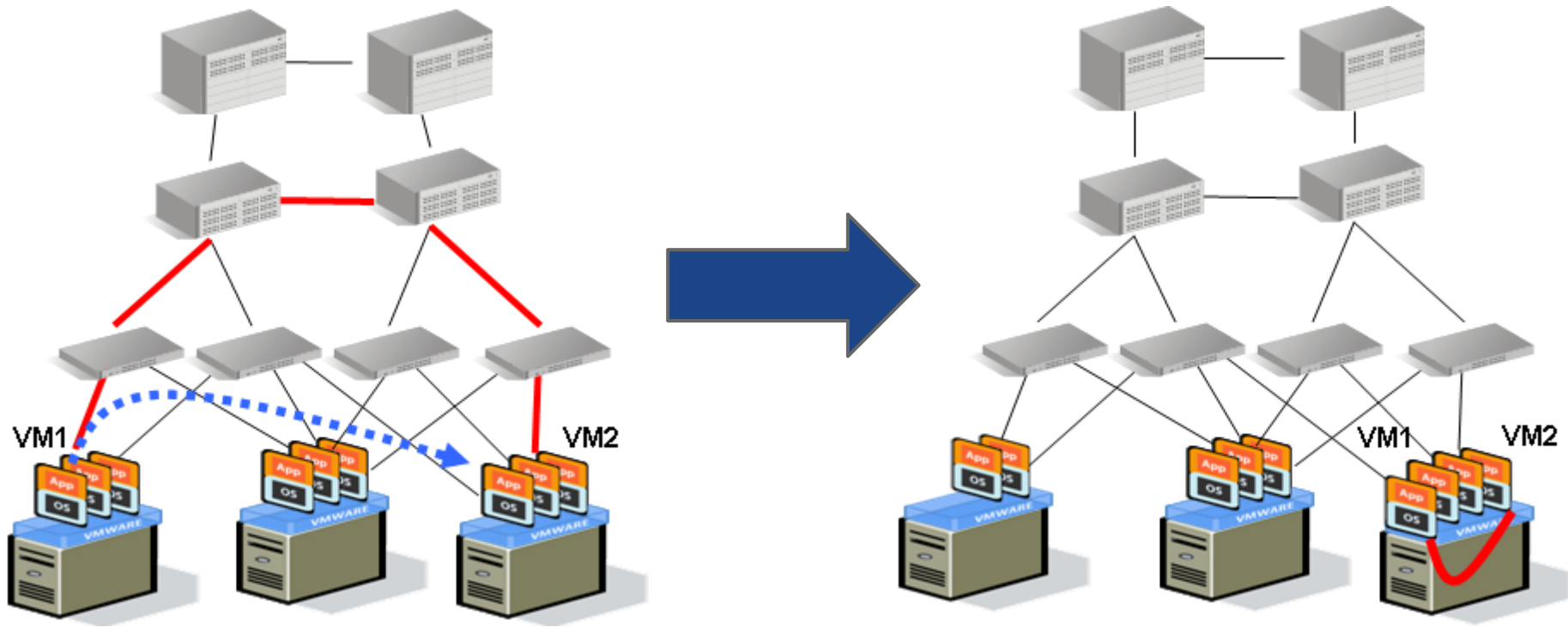
Trasferimento di una VM da una macchina fisica (host) ad un'altra [1]

Migrazione di Macchine Virtuali



Trasferimento di una VM da una macchina fisica (host) ad un'altra [1]

Migrazione di Macchine Virtuali



Trasferimento di una VM da una macchina fisica (host) ad un'altra [1]

- Trasparente al sistema operativo sulla VM
- Può essere reso trasparente anche agli utenti delle applicazioni in esecuzione sulla VM (**Live Migration**)

Migrazione di Macchine Virtuali

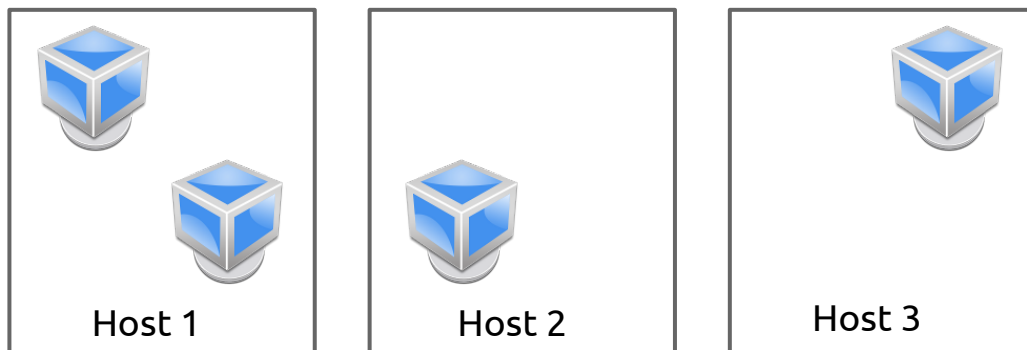
Trasferimento di una VM da una macchina fisica (host) ad un'altra

Casi d'uso:

- Bilanciamento del carico
- Risposta ad eventi di failure
- Manutenzione
- Consolidamento di macchine virtuali

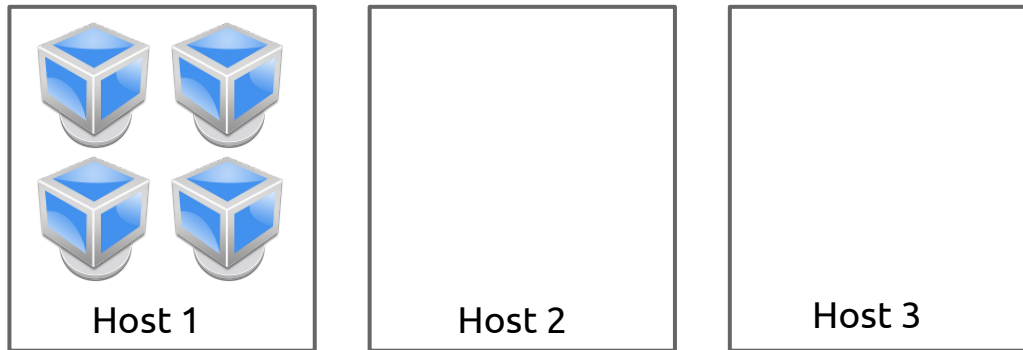
Consolidamento di Macchine Virtuali

Un insieme di VM sparse su un gran numero di host sottoutilizzati, viene migrato su un insieme più piccolo di host [2]



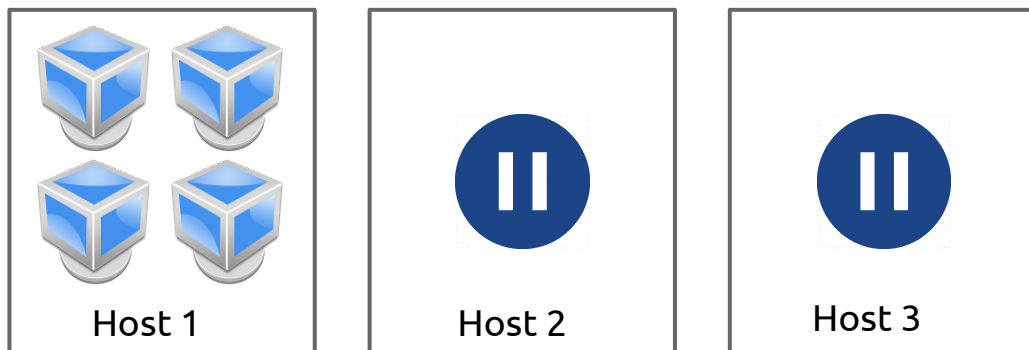
Consolidamento di Macchine Virtuali

Un insieme di VM sparse su un gran numero di host sottoutilizzati, viene migrato su un insieme più piccolo di host [2]



Consolidamento di Macchine Virtuali

Un insieme di VM sparse su un gran numero di host sottoutilizzati, viene migrato su un insieme più piccolo di host [2]



Consolidamento di Macchine Virtuali

Un insieme di VM sparse su un gran numero di host sottoutilizzati, viene migrato su un insieme più piccolo di host [2]



- Risolve il problema del “Server Sprawl”
- Migliora l'utilizzazione delle risorse fisiche
- Riduce il consumo energetico

Obiettivo

La gestione di questi casi d'uso può essere migliorata tramite l'utilizzo di **politiche** di migrazione di VM, eliminando la necessità di un intervento manuale

Obiettivo

La gestione di questi casi d'uso può essere migliorata tramite l'utilizzo di **politiche** di migrazione di VM, eliminando la necessità di un intervento manuale

Realizzazione di un framework per il monitoraggio di risorse e la gestione di politiche di migrazione di VM, con particolare focus sul consolidamento

Obiettivo

La gestione di questi casi d'uso può essere migliorata tramite l'utilizzo di **politiche** di migrazione di VM, eliminando la necessità di un intervento manuale

Realizzazione di un framework per il monitoraggio di risorse e la gestione di politiche di migrazione di VM, con particolare focus sul consolidamento

Quale piattaforma di Cloud Computing utilizzare?

Obiettivo

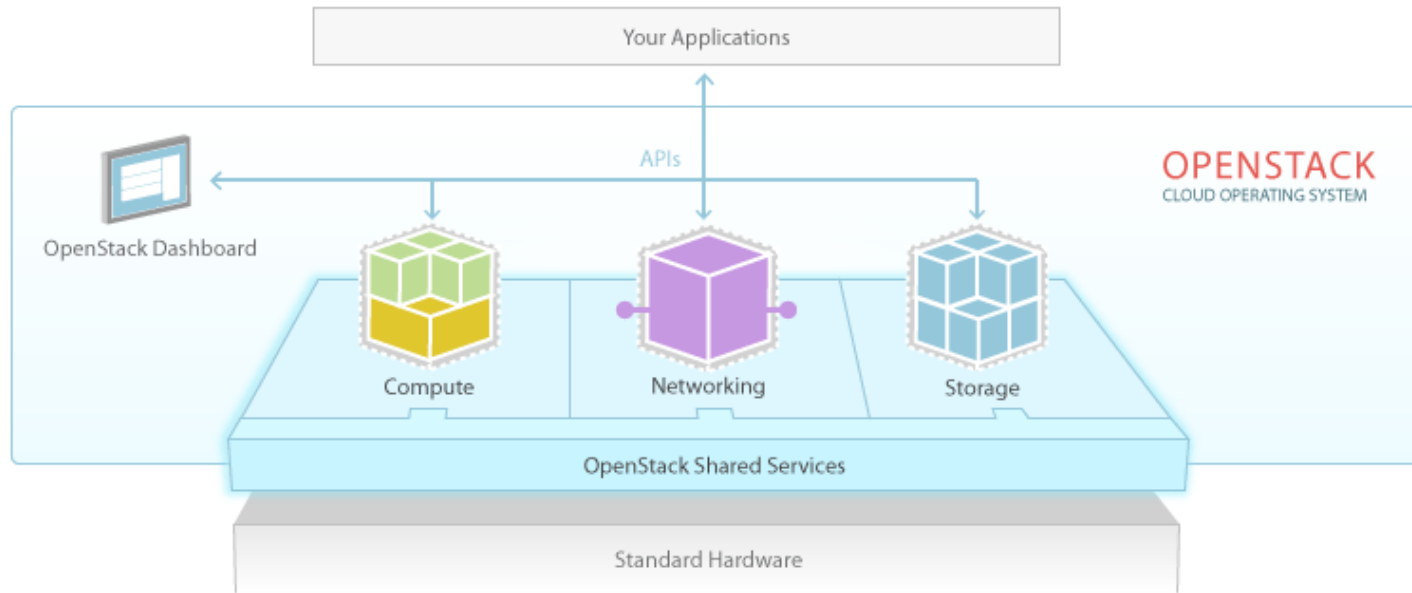
La gestione di questi casi d'uso può essere migliorata tramite l'utilizzo di **politiche** di migrazione di VM, eliminando la necessità di un intervento manuale

Realizzazione di un framework per il monitoraggio di risorse e la gestione di politiche di migrazione di VM, con particolare focus sul consolidamento

Quale piattaforma di Cloud Computing utilizzare?



OpenStack



Un insieme di progetti (open source) per la creazione e mantenimento di una infrastruttura cloud

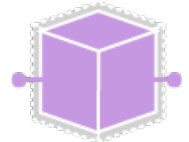
- **Nova:** Compute



- **Swift:** Storage



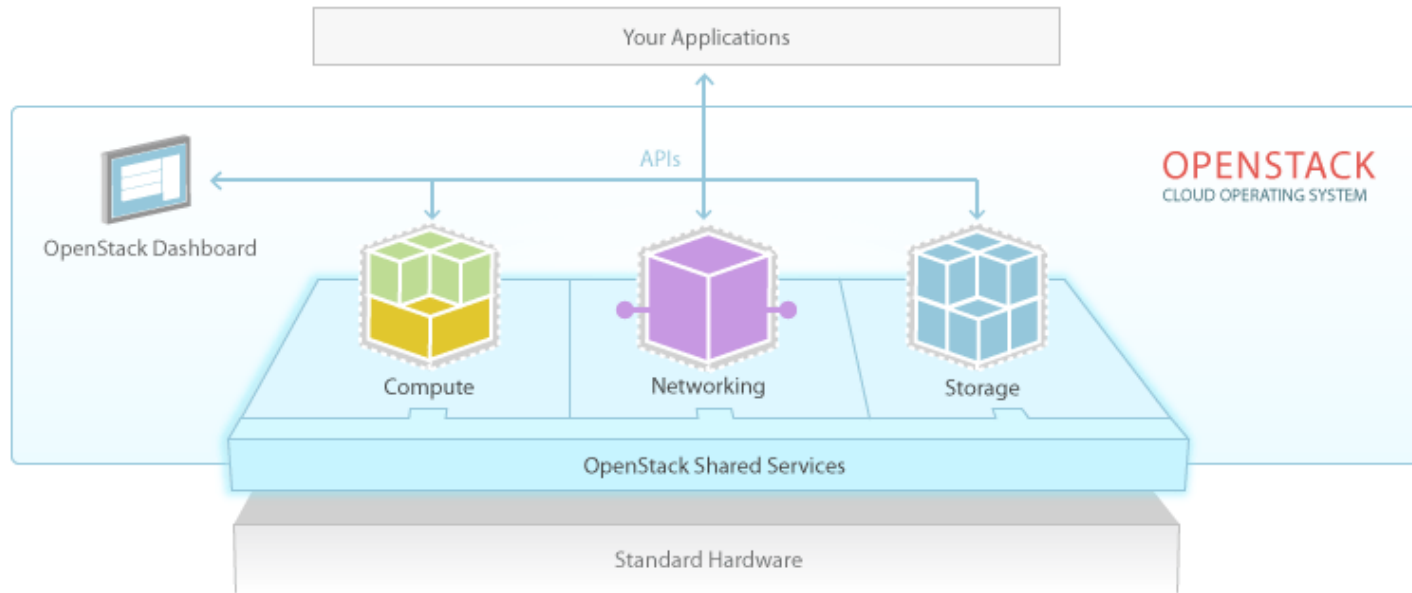
- **Neutron:** Networking



- **Horizon:** Dashboard



OpenStack



Un insieme di progetti (open source) per la creazione e mantenimento di una infrastruttura cloud

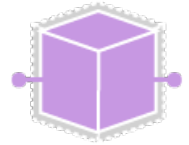
- **Nova:** Compute



- **Swift:** Storage



- **Neutron:** Networking



- **Horizon:** Dashboard



Open Source == No Vendor Lock-In

OpenStack

Obiettivo:

Realizzazione di un framework per il monitoraggio di risorse e la gestione di politiche di migrazione di VM, con particolare focus sul consolidamento

OpenStack

Obiettivo:

*Realizzazione di un framework per il **monitoraggio** di risorse e la gestione di politiche di migrazione di VM, con particolare focus sul consolidamento*

- Quale progetto per il monitoraggio di risorse?

Ceilometer

OpenStack

Obiettivo:

*Realizzazione di un framework per il monitoraggio di risorse e la gestione di **politiche di migrazione** di VM, con particolare focus sul consolidamento*

- Quale progetto per il monitoraggio di risorse?

Ceilometer

- Quale progetto per la gestione di politiche di migrazione?

Non esistono progetti (ufficiali)

OpenStack Neat

Un framework (non ufficiale) per il consolidamento di VM in OpenStack [3]

Il problema del consolidamento di VM viene diviso in **quattro sottoproblemi**:

- Rilevamento dello stato di *Overload* di un host
- Rilevamento dello stato di *Underload* di un host
- *Selezione* delle VM da migrare da un host in overload/underload
- *Posizionamento* delle VM selezionate sugli altri host

OpenStack Neat

Risultati:

- Riduzione del 25%-33% del consumo energetico dei nodi di computazione

OpenStack Neat

Risultati:

- Riduzione del 25%-33% del consumo energetico dei nodi di computazione

Problemi:

- Per la rilevazione dello stato degli host utilizza unicamente **una metrica:**
Utilizzo CPU
- Integrazione con OpenStack migliorabile. **Non utilizza Ceilometer** per la raccolta dei dati, ma una soluzione ad hoc

OpenStack Neat

Risultati:

- Riduzione del 25%-33% del consumo energetico dei nodi di computazione

Problemi:

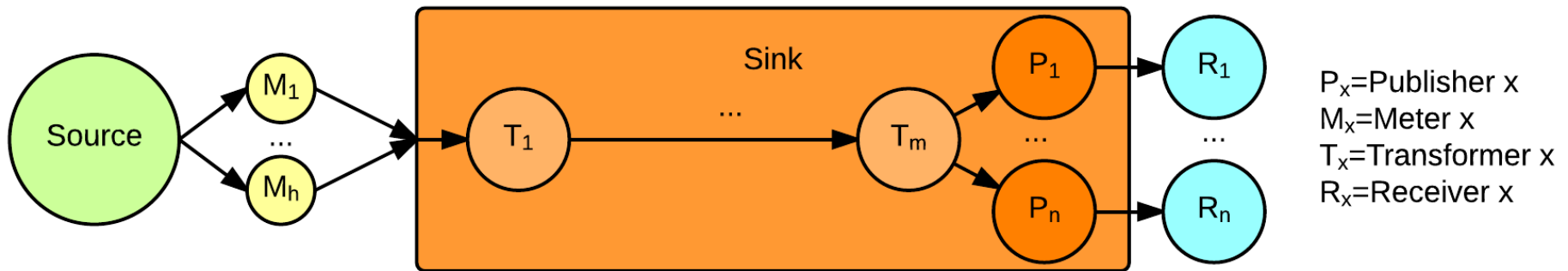
- Per la rilevazione dello stato degli host utilizza unicamente **una metrica**:
Utilizzo CPU
- Integrazione con OpenStack migliorabile. **Non utilizza Ceilometer** per la raccolta dei dati, ma una soluzione ad hoc

Obiettivi:

- **Estendere Neat** per la realizzazione di politiche di migrazione che tengano conto di molteplici metriche
- **Estendere Ceilometer** per realizzare **combinazioni lineari** di metriche
- **Integrare** Ceilometer in Neat.

Estensione di Ceilometer

- Meccanismo di collezione, trasformazione e pubblicazione campioni di metriche: **pipeline**
- *Una pipeline è una associazione fra una sorgente e un sink (insieme di transformer e publisher)*



- Quale transformer per effettuare combinazioni di metriche?
Multi Meter Arithmetic Transformer

Estensione di Ceilometer

L'arithmetic transformer non era sufficiente per i nostri scopi

Estensione di Ceilometer

L'arithmetic transformer non era sufficiente per i nostri scopi

- Bug nella combinazione di campioni di metriche diverse, ma **stessa** sorgente.

Estensione di Ceilometer

L'arithmetic transformer non era sufficiente per i nostri scopi


- Bug nella combinazione di campioni di metriche diverse, ma **stessa** sorgente.

Segnalato alla community e corretto.



Estensione di Ceilometer

L'arithmetic transformer non era sufficiente per i nostri scopi

- Bug nella combinazione di campioni di metriche diverse, ma **stessa** sorgente.
Segnalato alla community e corretto. 
- Impossibilità di combinare campioni di metriche prodotte da sorgenti **differenti**.

Estensione di Ceilometer

L'arithmetic transformer non era sufficiente per i nostri scopi

- Bug nella combinazione di campioni di metriche diverse, ma **stessa** sorgente.

Segnalato alla community e corretto.



- Impossibilità di combinare campioni di metriche prodotte da sorgenti **differenti**.

Ridefinizione del concetto di pipeline.

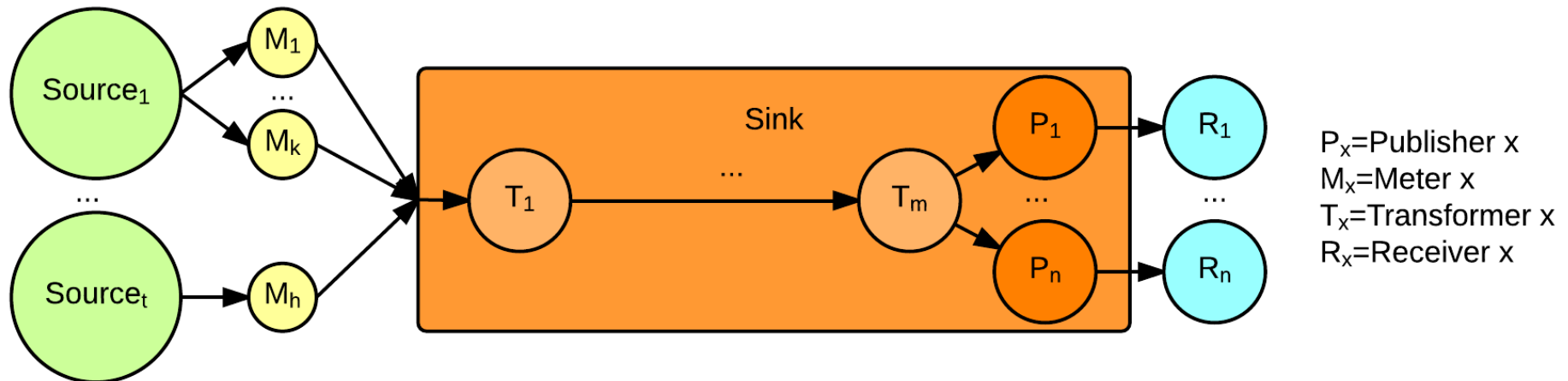


Estensione di Ceilometer

- Precedente definizione:
*Una pipeline è una associazione fra **una sorgente** e un sink (insieme di transformer e publisher)*

Estensione di Ceilometer

- Precedente definizione:
*Una pipeline è una associazione fra **una sorgente** e un sink (insieme di transformer e publisher)*
- Nuova definizione:
*Una pipeline è una associazione fra **una o più sorgenti** e un sink*



Estensione di Ceilometer

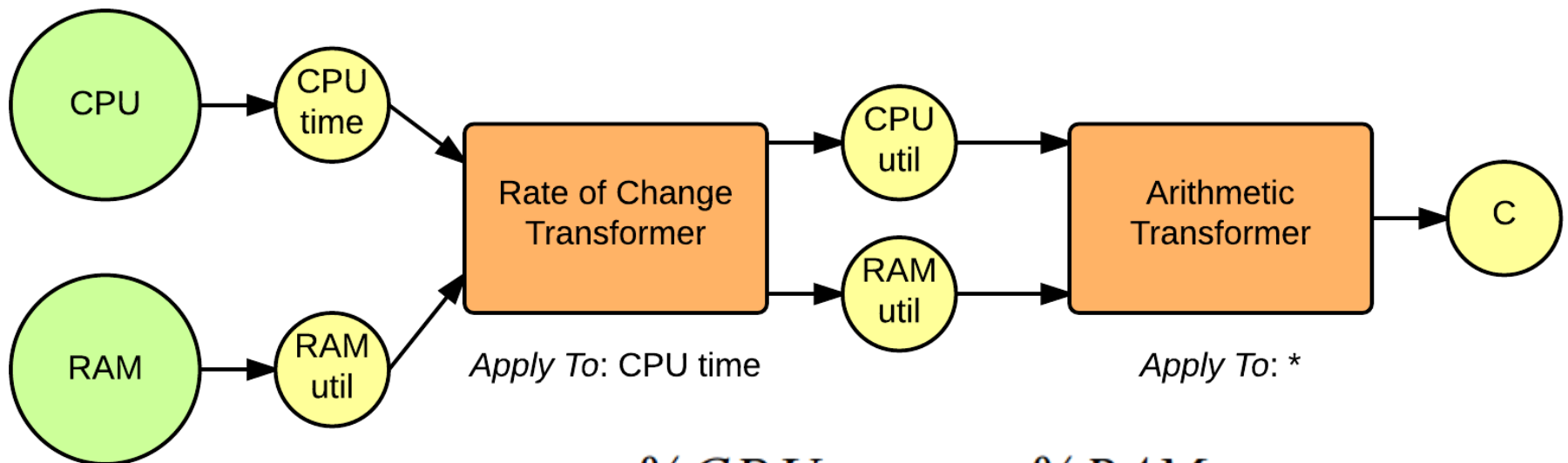
- Ridefinire la pipeline **non era ancora sufficiente**

Estensione di Ceilometer

- Ridefinire la pipeline **non era ancora sufficiente**
- *Introduzione del **Selective Transformer**: tipologia di trasformatore che **non** applica le trasformazioni su tutti i campioni in una pipeline*

Estensione di Ceilometer

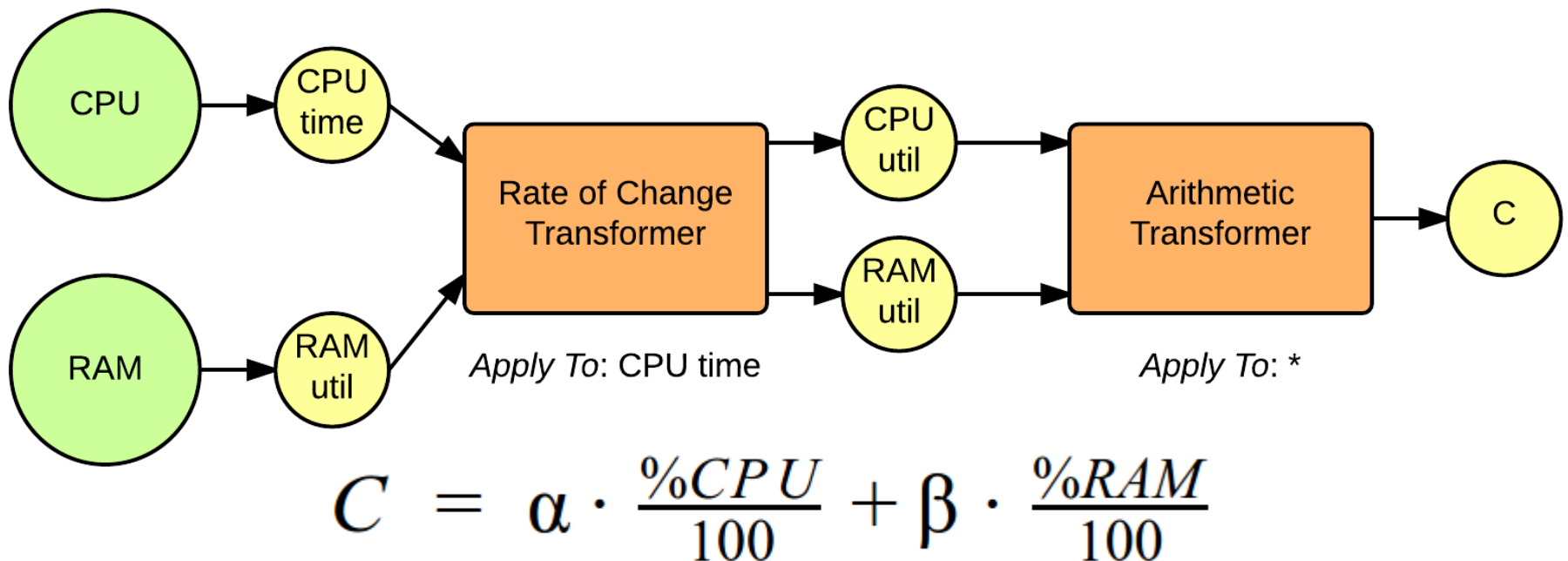
- Ridefinire la pipeline **non era ancora sufficiente**
- *Introduzione del **Selective Transformer**: tipologia di trasformatore che **non** applica le trasformazioni su tutti i campioni in una pipeline*



$$C = \alpha \cdot \frac{\%CPU}{100} + \beta \cdot \frac{\%RAM}{100}$$

Estensione di Ceilometer

- Ridefinire la pipeline **non era ancora sufficiente**
- *Introduzione del **Selective Transformer**: tipologia di trasformatore che **non** applica le trasformazioni su tutti i campioni in una pipeline*

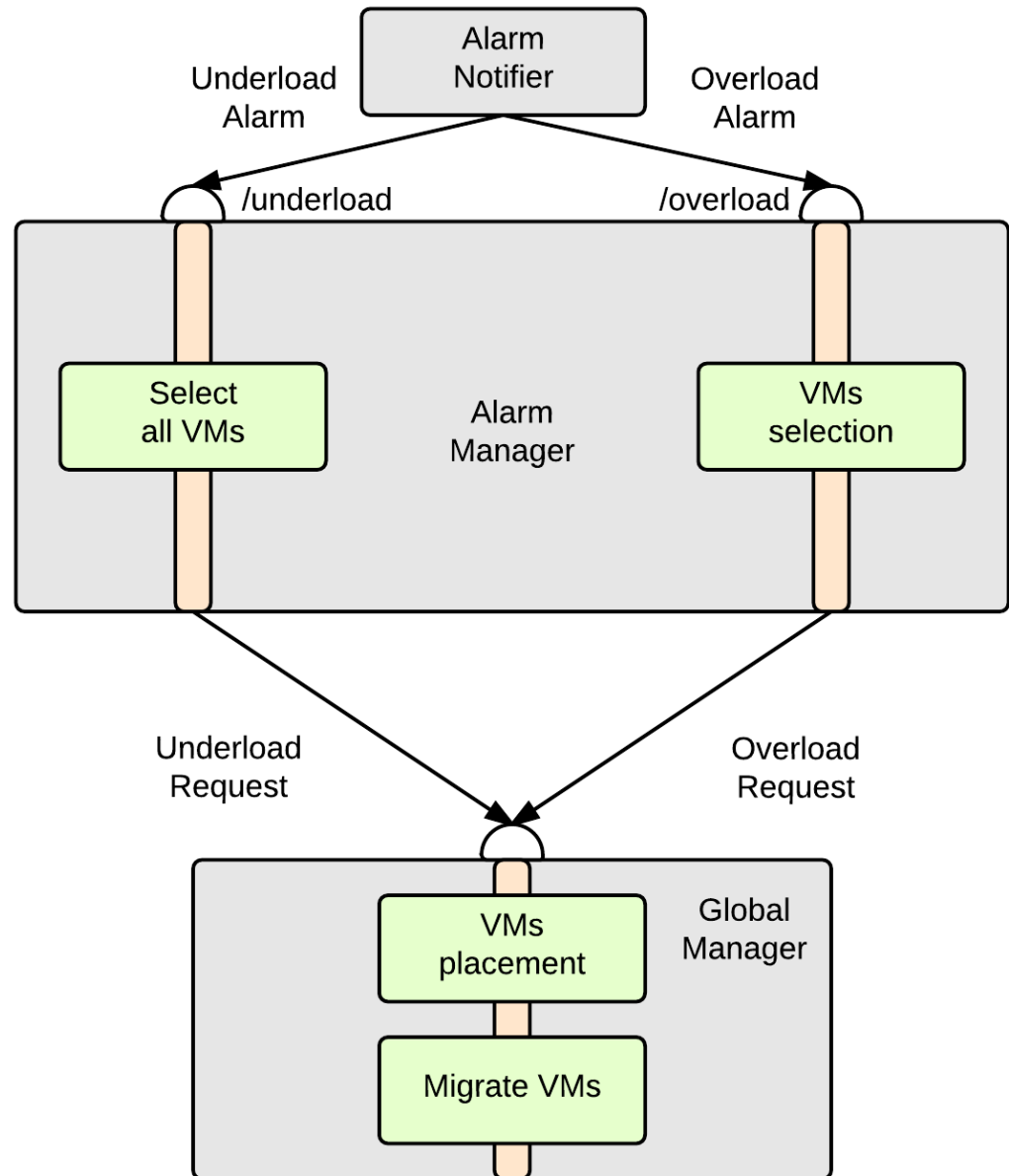


- Sulla metrica combinata sono stati definiti **allarmi di overload e underload**

Estensione di Neat

Architettura a **due** componenti:

- Alarm Manager
 - Decisioni locali
- Global Manager
 - Decisioni globali



Estensione di Neat

Architettura a **due** componenti:

- Alarm Manager
 - Decisioni locali
- Global Manager
 - Decisioni globali

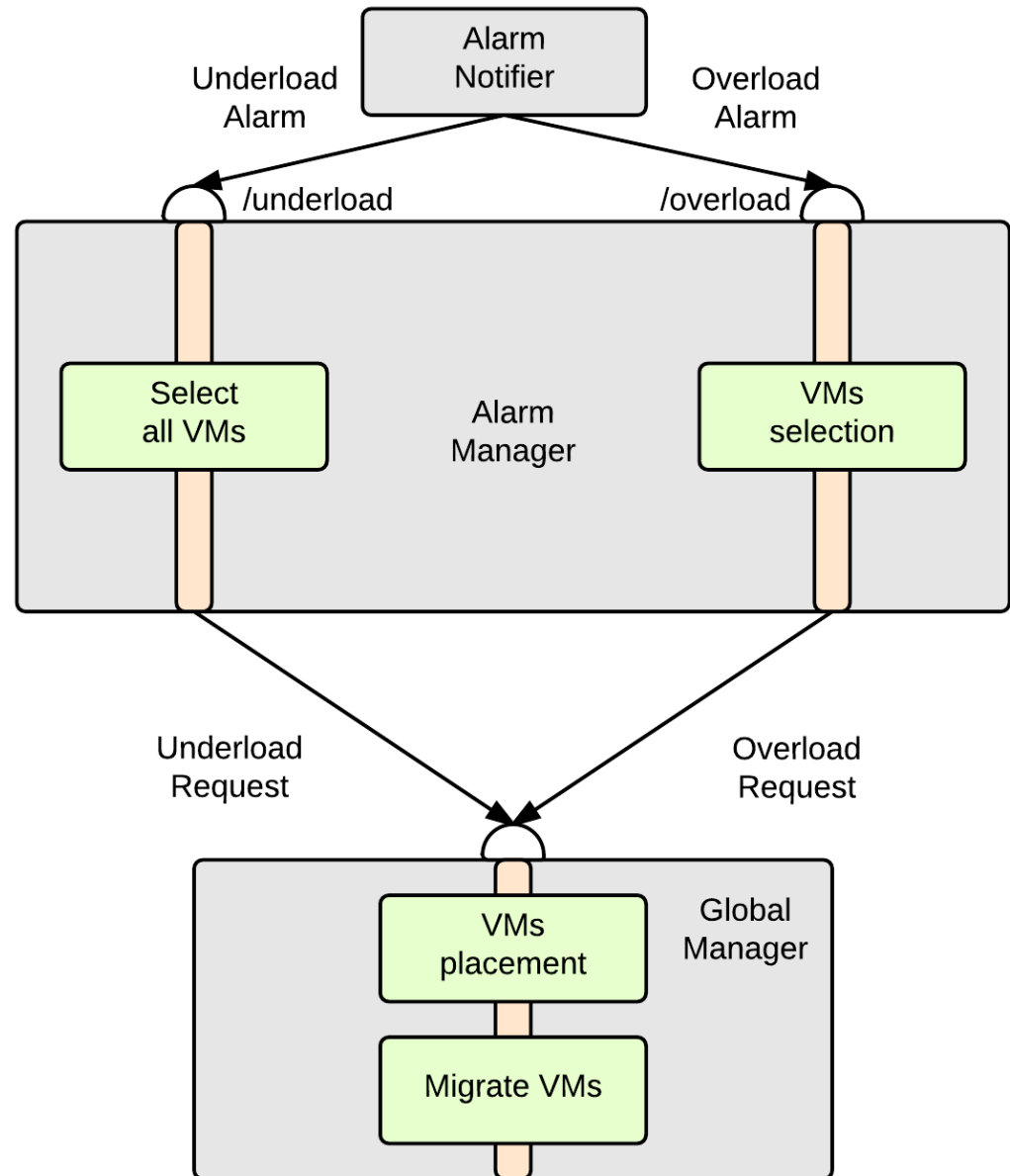
Posizionamento VM



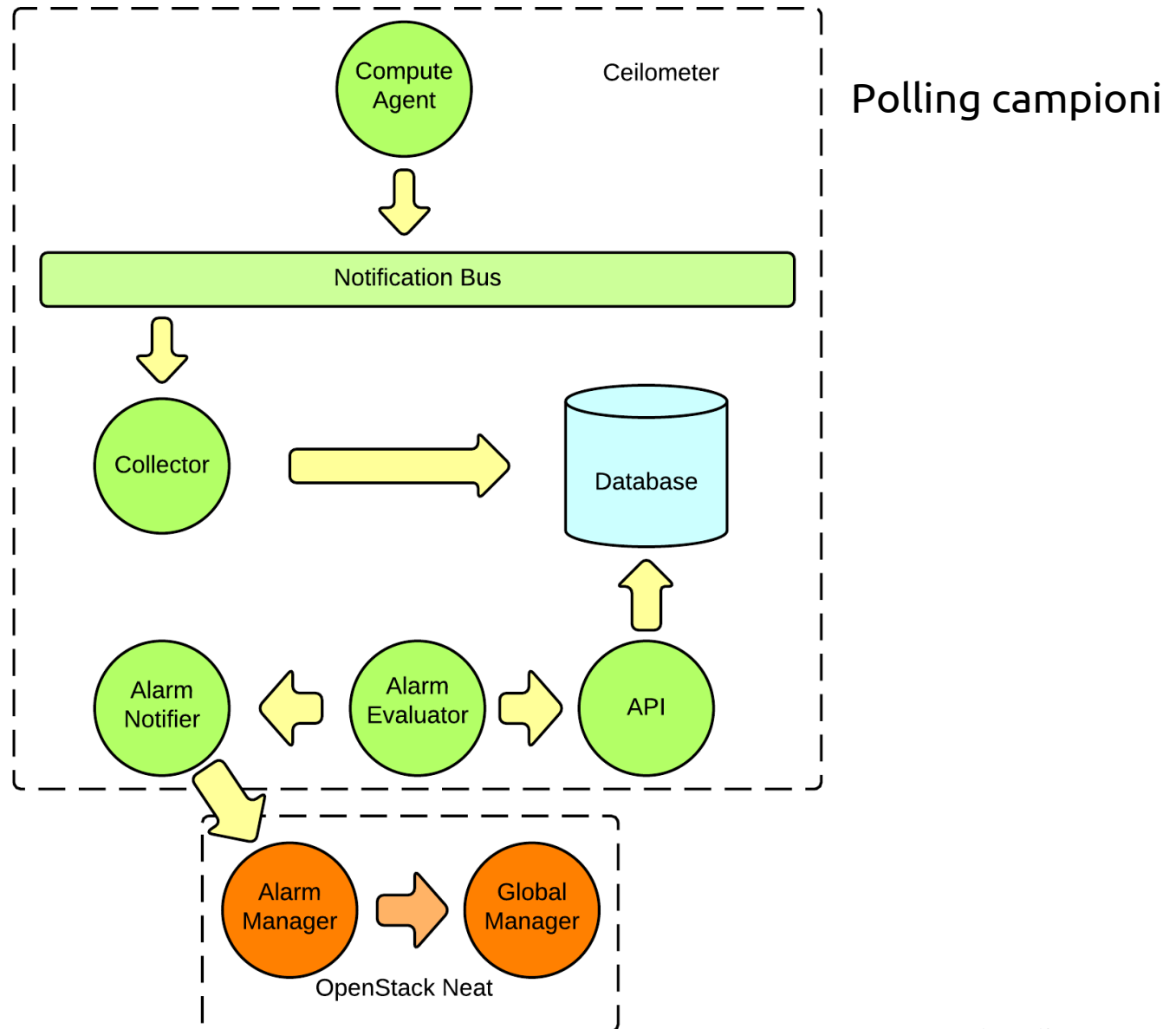
Bin Packing



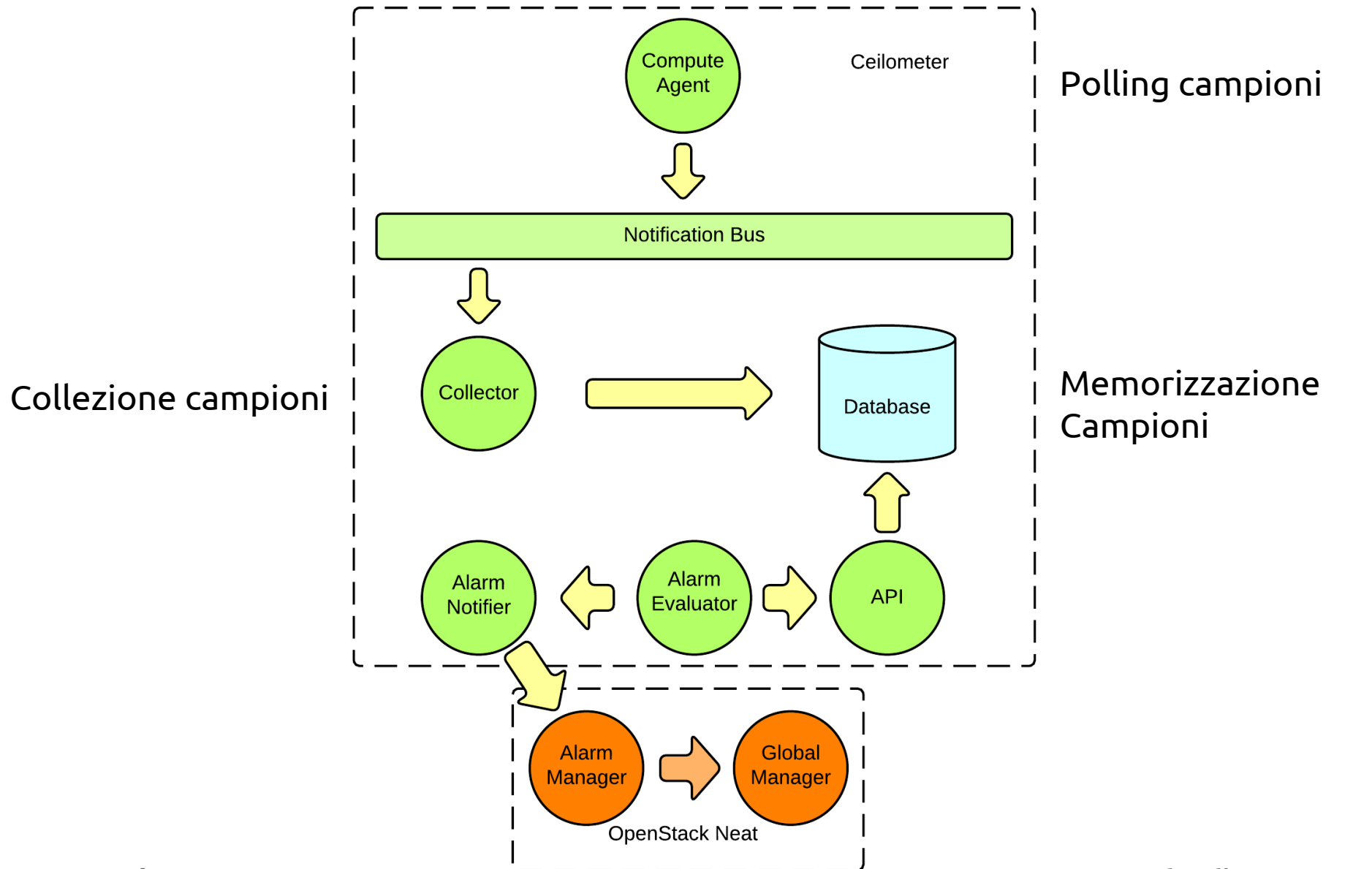
Best Fit Decreasing



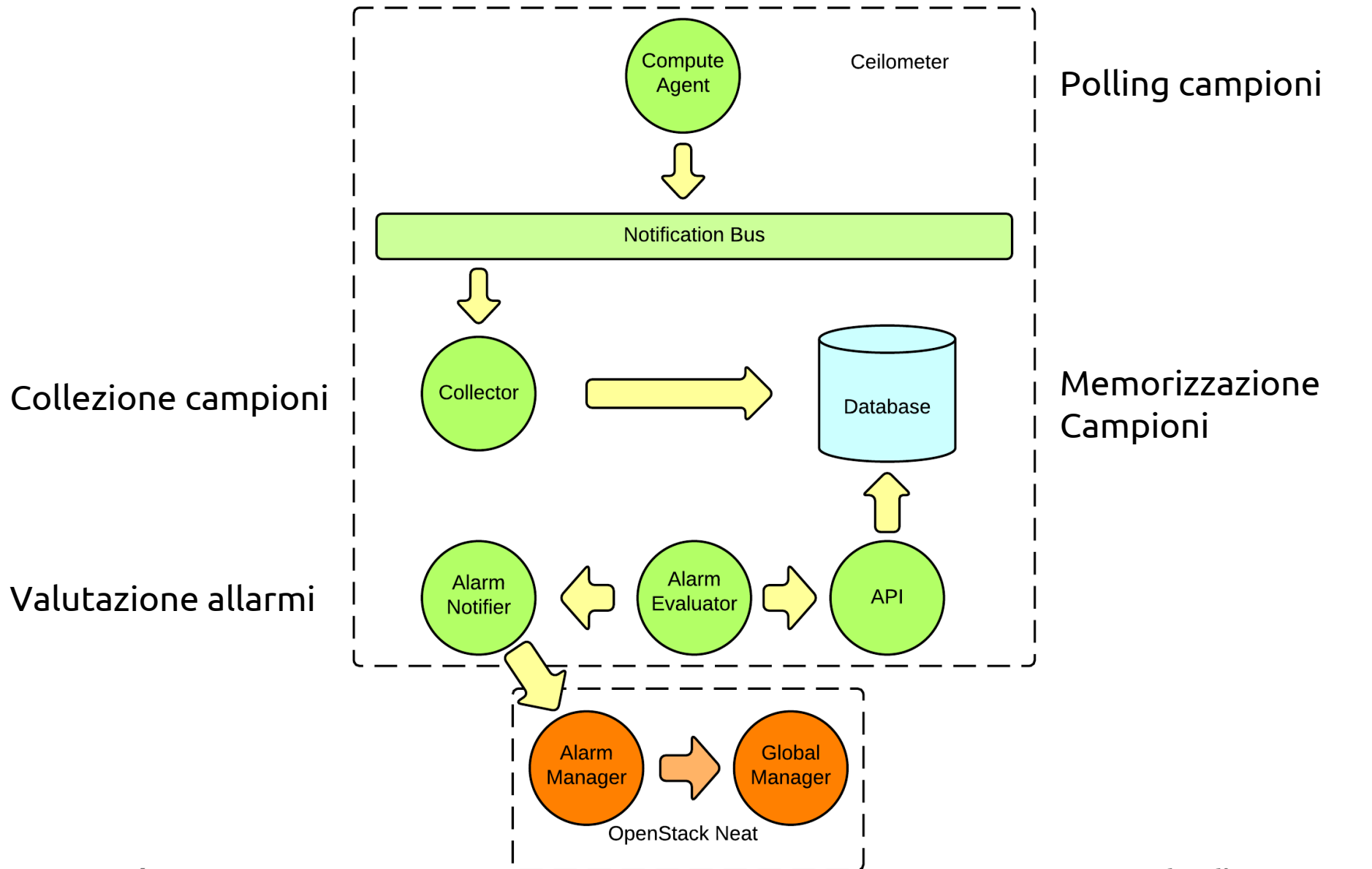
Integrazione di Ceilometer in Neat



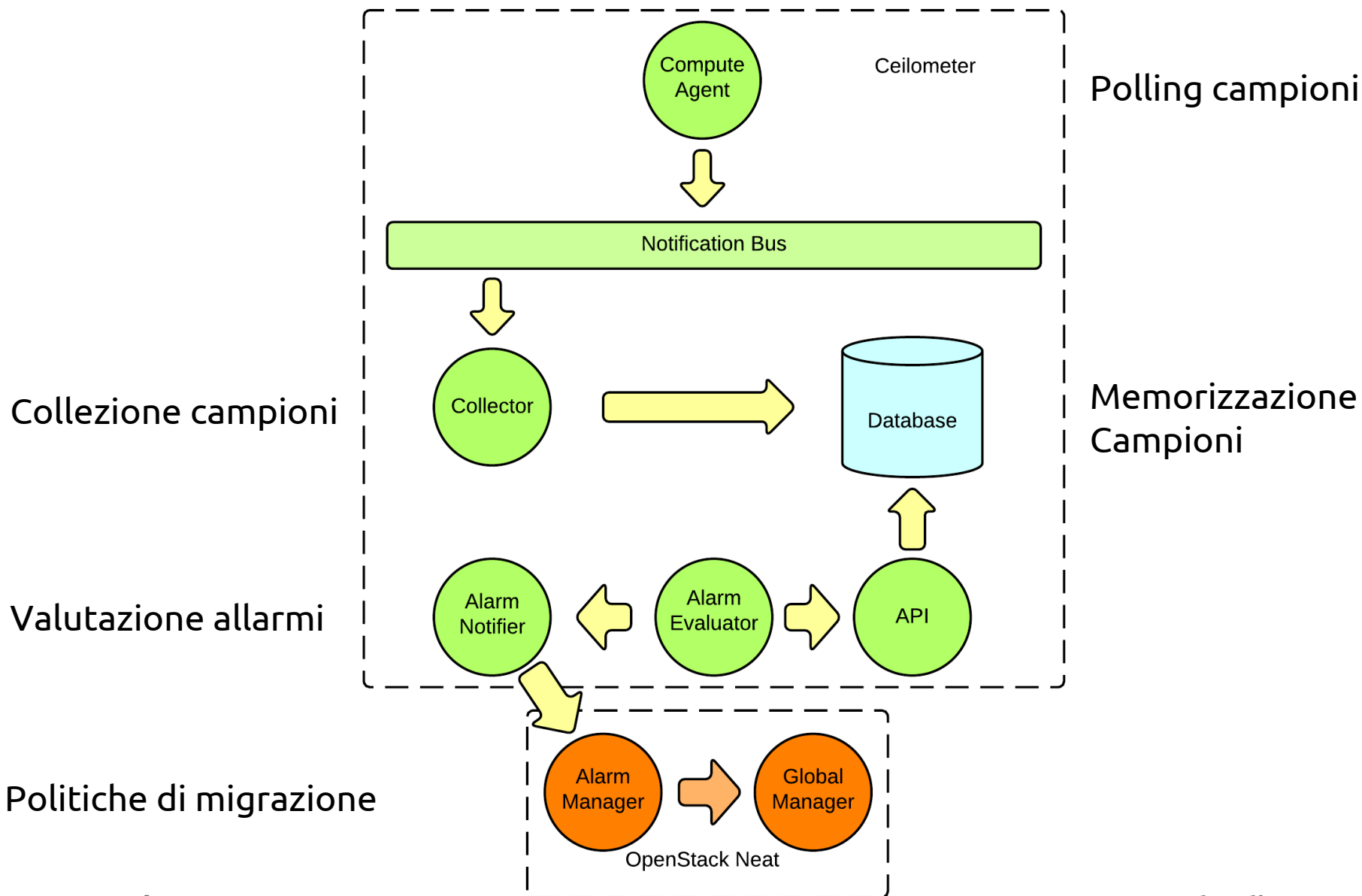
Integrazione di Ceilometer in Neat



Integrazione di Ceilometer in Neat



Integrazione di Ceilometer in Neat



Risultati Sperimentali

- Piattaforma di benchmark:
 - Realizzato un Cloud interamente **virtuale** basato su *Amazon Web Services* e *Digital Ocean*

Risultati Sperimentali

- Piattaforma di benchmark:
 - Realizzato un Cloud interamente **virtuale** basato su *Amazon Web Services* e *Digital Ocean*
 - Utilizzato un **Cluster** all'università di Tor Vergata [4]

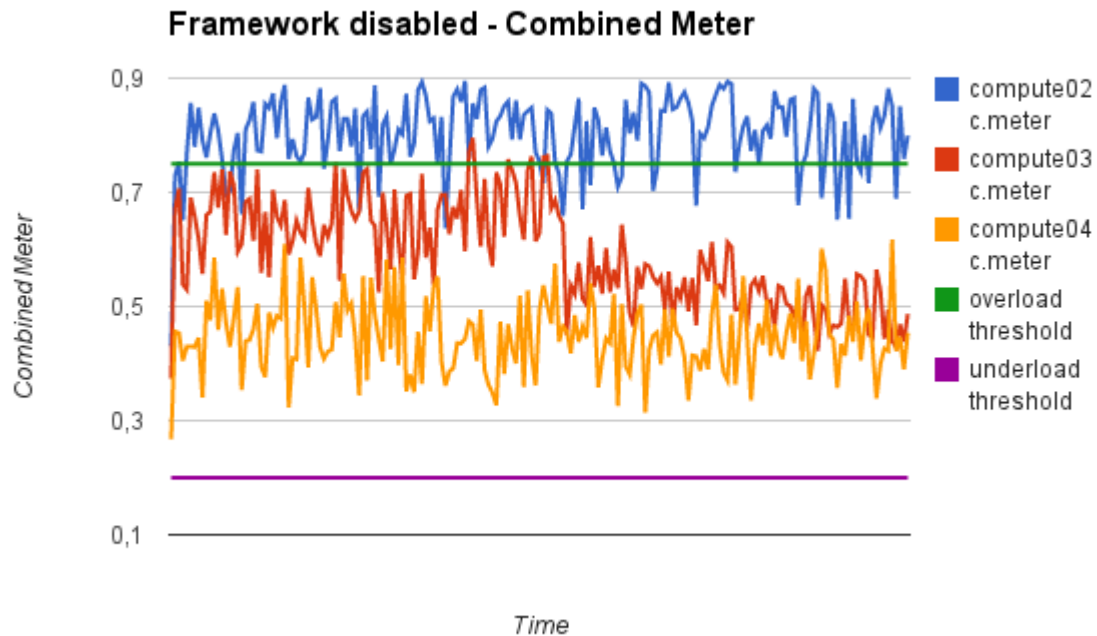
Risultati Sperimentali

- Piattaforma di benchmark:
 - Realizzato un Cloud interamente **virtuale** basato su *Amazon Web Services* e *Digital Ocean*
 - Utilizzato un **Cluster** all'università di Tor Vergata [4]
- Eseguite diverse tipologie di test per trovare parametri ottimali e mostrare validità del framework
 - Test basati su tracce di carico **reale** di VM di **PlanetLab**

Risultati Sperimentali

Framework **disattivato**

- Numero di VM: 20
- Distribuzione iniziale VM: 3 nodi
- VM per host: 8, 6, 6 (**statico**, deciso da scheduler Nova)

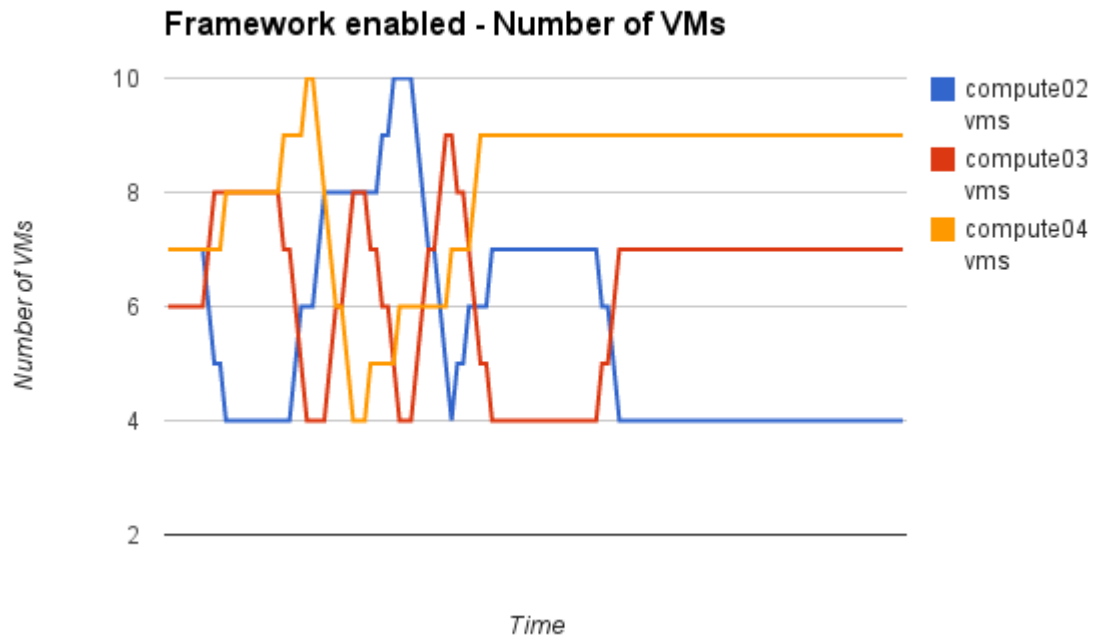


- compute02
89% overload
- compute03
0% overload
- compute04
0% overload

Risultati Sperimentali

Framework **attivato**

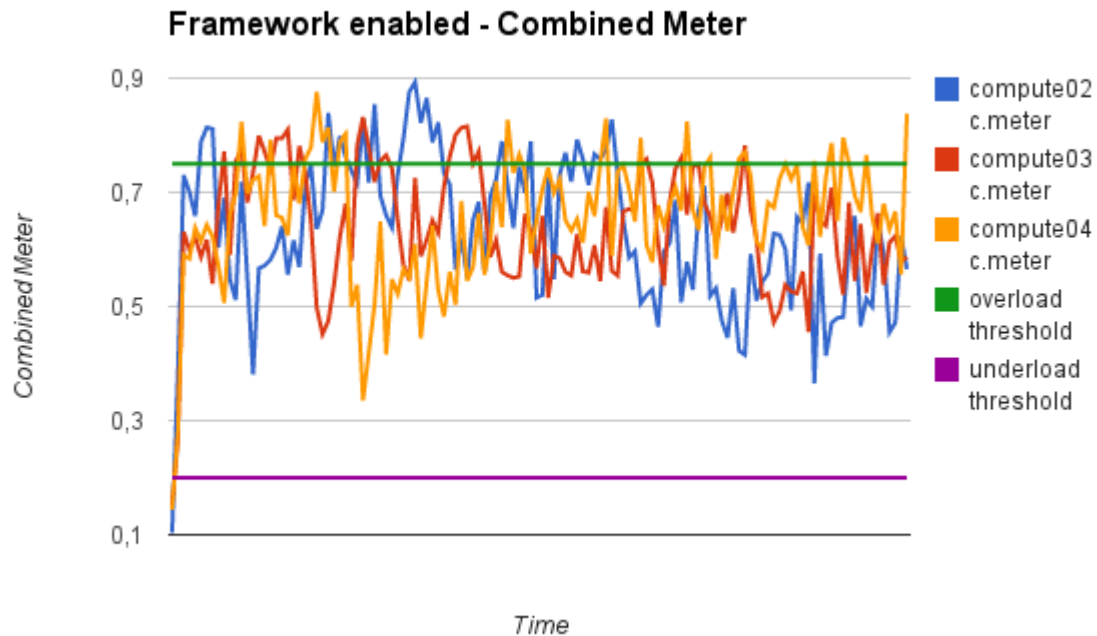
- Numero di VM: 20
- Distribuzione iniziale VM: 3 nodi
- VM per host: **dinamico** per via delle migrazioni



Risultati Sperimentali

Framework **attivato**

- Numero di VM: 20
- Distribuzione iniziale VM: 3 nodi
- VM per host: **dinamico** per via delle migrazioni

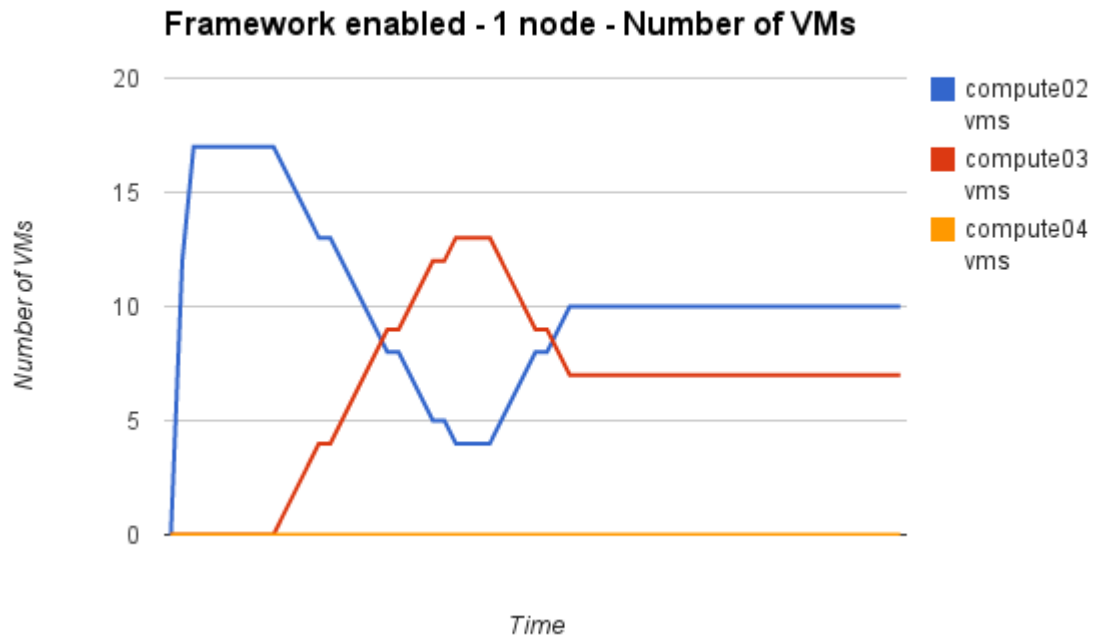


- compute02
12% overload
- compute03
14% overload
- compute04
7% overload

Risultati Sperimentali

Framework **attivato**

- Numero di VM: 17
- Distribuzione iniziale VM: **1 nodo**
- VM per host: **dinamico** per via delle migrazioni



- compute02
10% overload
- compute03
8% overload
8% underload
- compute04
100% underload

Conclusioni

- Realizzazione di un framework per il monitoraggio di risorse e il consolidamento di macchine virtuali

Conclusioni

- Realizzazione di un framework per il monitoraggio di risorse e il consolidamento di macchine virtuali
- Estensione di Ceilometer
 - Ridefinito pipeline
 - Introduzione del selective transformer

Conclusioni

- Realizzazione di un framework per il monitoraggio di risorse e il consolidamento di macchine virtuali
- Estensione di Ceilometer
 - Ridefinito pipeline
 - Introduzione del selective transformer
- Estensione di Neat
 - Architettura a due componenti
 - Nuovi algoritmi

Conclusioni

- Realizzazione di un framework per il monitoraggio di risorse e il consolidamento di macchine virtuali
- Estensione di Ceilometer
 - Ridefinito pipeline
 - Introduzione del selective transformer
- Estensione di Neat
 - Architettura a due componenti
 - Nuovi algoritmi
- Integrazione di Ceilometer in Neat

Conclusioni

- Realizzazione di un framework per il monitoraggio di risorse e il consolidamento di macchine virtuali
- Estensione di Ceilometer
 - Ridefinito pipeline
 - Introduzione del selective transformer
- Estensione di Neat
 - Architettura a due componenti
 - Nuovi algoritmi
- Integrazione di Ceilometer in Neat
- Test del framework con carico reale
 - Cloud virtuale
 - Cluster

Conclusioni

- Realizzazione di un framework per il monitoraggio di risorse e il consolidamento di macchine virtuali
- Estensione di Ceilometer
 - Ridefinito pipeline
 - Introduzione del selective transformer
- Estensione di Neat
 - Architettura a due componenti
 - Nuovi algoritmi
- Integrazione di Ceilometer in Neat
- Test del framework con carico reale
 - Cloud virtuale
 - Cluster
- I risultati dimostrano la validità del framework realizzato

Sviluppi Futuri

- **Overcommit** delle risorse
- **Machine Learning** per previsioni comportamento VM
- Posizionamento delle VM **resource-utilization aware**
- Collaborazione fra Nova e il framework. **Nuovo scheduler VM**

Bibliografia

- [1] M. Mishra, A. Das, P. Kulkarni, A. Sahoo
"Dynamic Resource Management Using Virtual Machine Migrations"
- [2] A. Corradi, M. Fanelli, L. Foschini
"VM consolidation: A real case based on OpenStack Cloud"
- [3] A. Beloglazov, R. Buyya
"OpenStack Neat: A Framework for Dynamic and Energy-Efficient Consolidation of Virtual Machines in OpenStack Clouds"
- [4] A. Mercanti
"Analisi delle prestazioni della piattaforma OpenStack"

**Grazie per
l'attenzione**

