



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali
Corso di Laurea in Informatica

Tesi di Laurea

IMPLEMENTAZIONE E TESTING DI UN
CLUSTER DI DATABASE SU UNA RETE DI
PARI

TITOLO INGLESE

LINDA LUCIANO

Relatore: *Lorenzo Bettini*
Correlatore: *Correlatore*

Anno Accademico 2016-2017

INDICE

1	Definizione del problema	7
1.1.1	Cluster di database	7
1.1.2	Rete di pari	10
1.1.3	Sistemi di ridondanza disco (RAID)	10
1.1.4	Codice di correzione errore (Erasure Coding)	15
1.2	Hardware utilizzato per gli esperimenti	15
1.3	Software utilizzato per gli esperimenti	16
1.3.1	PostgreSQL	16
1.3.2	PG Logical	17
2	Definizione del progetto	21
2.1.1	Architettura del progetto	21
2.1.2	Simulazione di un filesystem distribuito (Dati e Metadati)	22
2.2	Considerazioni statistiche sulla ridondanza sul dato	22
2.3	Considerazioni statistiche sulla ridondanza del metadato	22
2.4	Resilienza ai cambiamenti di rete	22
3	Definizione del quadro sperimentale	23
3.1	Lancio in configurazione 1	23
3.2	Lancio in configurazione 2	23
3.3	Lancio in configurazione 3	23
4	Conclusioni e possibili evoluzioni	25
4.1	Utilizzo di dischi SSD	25
4.2	Utilizzo di processori Dual Core	25
5	esercizi	27

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1	Architecture Shared Nothing [4]	8
Figura 2	Architecture Shared Disk - Shared Everything [4]	9
Figura 3	Sezionamento senza ridondanza - Questa configurazione ha sezionamento, ma nessuna ridondanza dei dati. Offre le migliori prestazioni, ma nessuna tolleranza agli errori.[7]	12
Figura 4	Replicazione - Questa configurazione è costituita da almeno due unità che duplicano la memorizzazione dei dati. Non c'è sezionamento. La lettura delle prestazioni è migliorata poiché entrambi i dischi possono essere letti contemporaneamente. La scrittura delle prestazioni è la stessa di quella per il singolo disco. [7]	13
Figura 5	Replicazione - Questa configurazione è costituita da almeno due unità che duplicano la memorizzazione dei dati. Non c'è sezionamento. La lettura delle prestazioni è migliorata poiché entrambi i dischi possono essere letti contemporaneamente. La scrittura delle prestazioni è la stessa di quella per il singolo disco. [7]	14
Figura 6	Sezionamento a livello di bit [7]	14
Figura 10	Sezionamento a livello di blocco con doppia parità distribuita [7]	15
Figura 11	Migrazione e aggiornamenti PostgreSQL [9]	19
Figura 12	Aggregazione [10]	19
Figura 13	A cascata e distribuzione dati [10]	20
Figura 14	A cascata e distribuzione dati [10]	20

"Inserire citazione"
— *Inserire autore citazione*

DEFINIZIONE DEL PROBLEMA

(replicazione dei dati - introduzione)

1.1.1 *Cluster di database*

Un cluster è una raccolta di componenti che garantisce scalabilità e disponibilità distribuendone i costi. Un cluster di database (SQL usa il termine cluster di catalogo) è una collezione di database gestiti da una singola istanza di un server database in esecuzione. Un'istanza è la raccolta di memoria e processi che interagiscono con un database, cioè l'insieme di file fisici che effettivamente memorizzano i dati.[1] A tal fine, è possibile creare un cluster di database per applicazioni enterprise high-end, memorizzando e elaborando informazioni sui nodi.

L'architettura per un cluster di database è distinta da come le responsabilità dei dati sono condivise tra i nodi di calcolo.

Seguono due dei vantaggi principali offerti dal clustering, specialmente in un ambiente di database di alto volume:

- Fault tolerance (tolleranza di guasti): in caso di guasto del singolo server, il cluster offre un'alternativa, poiché esiste più di un server o istanza per gli utenti a cui connettersi.
- Load balancing (bilanciamento del carico): la funzionalità di clustering è generalmente impostata per consentire agli utenti di essere assegnati automaticamente al server con il minor carico.[1]

Ci sono differenti tipi di architetture clustering, che si diversificano da come vengono memorizzati i dati e allocate le risorse. La prima modalità di clustering è conosciuta come architettura "Shared-Nothing" (SN). È un'architettura di elaborazione distribuita in cui ogni nodo/server è totalmente indipendente e autonomo, pertanto nessuno dei nodi condivide memoria o archiviazione del disco. Più generalmente, non esiste un

unico punto di contesa nel sistema.[3] Il partizionamento è tale che ogni nodo possiede un sottoinsieme dei dati, ovvero ogni nodo ha accesso esclusivo su quel particolare sottoinsieme. ((Un esempio di questa forma di clustering potrebbe essere quando un'azienda ha più data centers per un unico sito web. Con molti server in tutto il mondo, nessun singolo server è un "master".[2]))

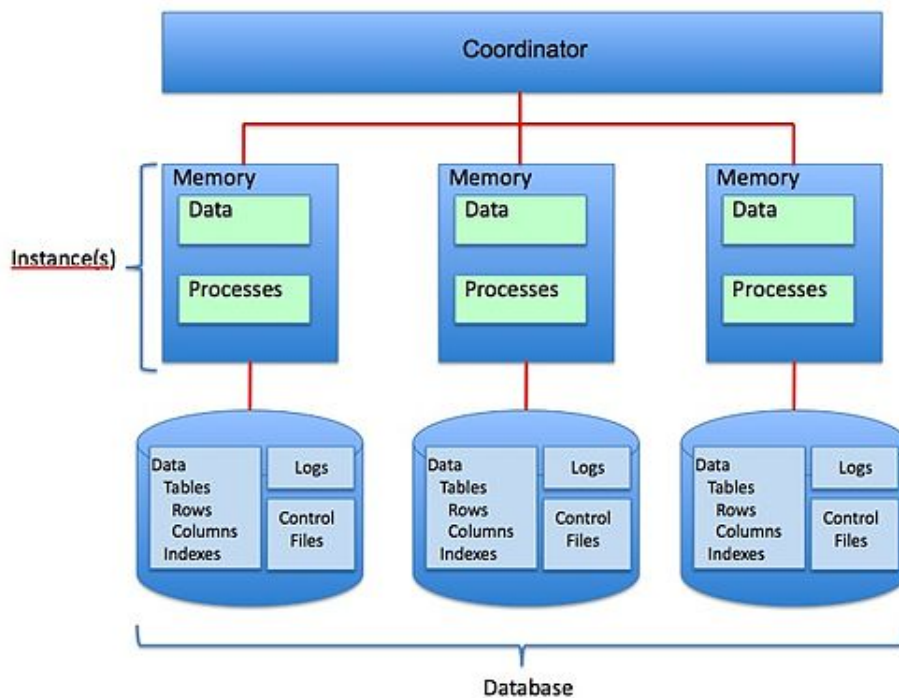


Figura 1: Architecture Shared Nothing [4]

I vantaggi dell'architettura SN rispetto a un'entità centrale che controlla la rete (un'architettura basata su controller) riguarda l'eliminazione di qualsiasi singolo punto di guasto, consentendo funzionalità di (self-healing) auto-riparazione e fornendo un vantaggio nell'offrire aggiornamenti non distruttivi.[5] **DA LEGGERE PER BENE ARTICOLO CITATO.** Shared-nothing è anche noto come "database sharding". In generale, un sistema SN divide i suoi dati in vari nodi su database diversi o può richiedere a ciascun nodo di mantenere la propria copia dei dati dell'applicazione utilizzando un qualche tipo di protocollo di coordinamento.[3]

Si oppone a quest'ultima, l'architettura nota come "shared-disk" (disco condiviso), in cui tutti i dati vengono memorizzati centralmente in un unico disco e sono accessibili da tutti i nodi di cluster.[4] In questo tipo

di struttura quindi più istanze di database vengono raggruppate in un singolo database sul disco. Nei sistemi di dischi condivisi, i blocchi (o pagine) di dati su disco possono avere un solo proprietario. ((La proprietà dei blocchi (o pagine) viene trasferita all'istanza che sta facendo l'aggiornamento. Questo genera traffico di rete e in genere un'infrastruttura dedicata viene implementata tra le istanze di database per far fronte a questo traffico.)) L'architettura Shared-Disk è un esempio di Synchronous Multi-Master, ovvero ogni istanza del database può scrivere (cioè è un master) in modo sincrono.[4] **DA CHIEDERE E DA CONTROLLARE ULTIME FRASI. GUARDA COMMENTO per il sito**

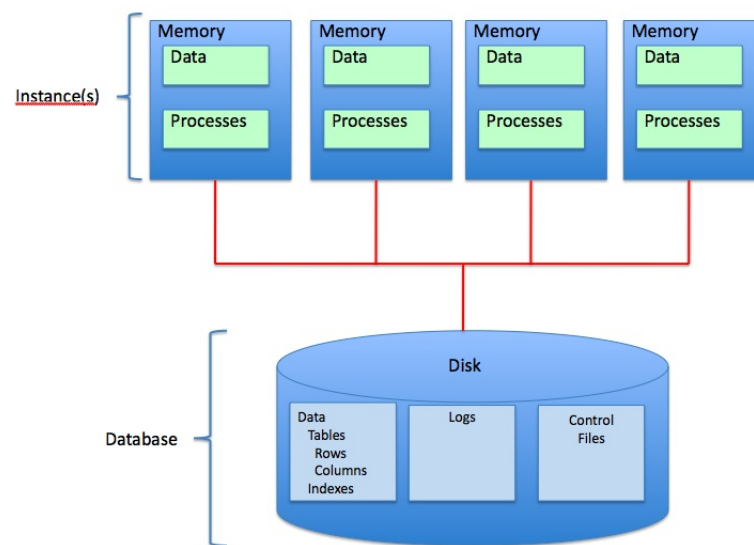


Figura 2: Architecture Shared Disk - Shared Everything [4]

In un'architettura SD, grandi reti di computer possono operare su un singolo set di dati senza la necessità di replicare o bloccare quel set di dati.[4] Shared Disk ha due vantaggi: ogni processore ha la propria memoria, il bus di memoria non è un collo di bottiglia (contrariamente all'architettura "Shared-Everything"). Inoltre il sistema offre un modo semplice per fornire un certo grado di tolleranza agli errori.

((La distinzione tra i due tipi è diventata confusa di recente con l'introduzione di grid computing o distribuzione cache. In questa configurazione, i dati sono ancora gestiti centralmente, ma controllati da un potente "server virtuale" composto da molti server che lavorano insieme come uno.[2]))

1.1.2 Rete di pari

1.1.3 Sistemi di ridondanza disco (RAID)

RAID, acronimo di "Redundant Array of Independent Disks", insieme ridondante di dischi indipendenti (originariamente "Redundant Array of Inexpensive Disks"), è una tecnologia che permette di memorizzare dati su più dischi rigidi in un computer (o collegati ad esso) in modo da garantire una gestione sicura dei dati.[7] I dispositivi RAID sono convenienti per sistemi che abbiano necessità di grandi quantità di dati continuamente disponibili. **History of RAID? non credo**

Il RAID, con modalità differenti a seconda del tipo di configurazione, trae vantaggio dai principi di ridondanza dei dati e di parallelismo in modo da ottenere:

- incrementi di prestazioni (in lettura/scrittura)
- aumenti nella capacità di memorizzazione disponibile
- miglioramenti nella tolleranza ai guasti, ne segue migliore affidabilità. [8] Il RAID rende il sistema resiliente alla perdita di uno o più hard disk, permettendo di sostituirli senza l'interruzione del servizio.

I volumi RAID vengono percepiti dal sistema operativo come una singola unità, indipendentemente dal numero di componenti che li costituiscono.

Il RAID funziona mettendo i dati su più dischi e consentendo operazioni di input/output (I/O) di sovrapporsi in modo equilibrato, migliorando le prestazioni. Poiché l'utilizzo di più dischi aumenta il tempo medio tra i guasti, memorizzare i dati ridondantemente aumenta anche la tolleranza agli errori.

I dati vengono suddivisi in "stripes", ovvero in sezioni di stessa lunghezza, detta l'unità del sezionamento e scritti su differenti dischi. Quando si richiede una lettura di dimensione superiore all'unità di sezionamento, diverse implementazioni di diversi sistemi RAID distribuiscono l'operazione su più dischi in parallelo, aumentando le prestazioni. Ad esempio, se abbiamo sezioni da 1 bit e un array di D dischi, le sequenze di dati lunghe almeno D bit sfruttano tutti i dischi. **preso tutto da wikipedia**

RAID hardware e software

Il RAID può essere implementato sia con hardware dedicato che con software specifico.

Nel primo caso si tratta di unità di controllo che gestiscono tutto autonomamente, facendo in modo che il sistema operativo veda in pratica un disco normale. Nel secondo caso, è il sistema operativo che associa i dischi e li gestisce usando una forma di ridondanza attraverso un normale controller (ATA, SCSI, Fibre Channel o altro).

Come si può comprendere, le unità di controllo RAID sono più costose di quelle normali; tuttavia, se non si creano altri tipi di problemi, hanno il vantaggio di non creare difficoltà al sistema operativo. **FARE CITAZIONE e controllare cosa c'è scritto su etichetta a riguardo**

Controllore RAID

Livelli RAID

La caratteristica fondamentale che identifica una configurazione RAID è l'array, che rappresenta il tipo di collegamento logico che c'è tra i vari dischi. Con tale criterio viene determinato il livello RAID, ovvero la configurazione della tipologia di RAID e stabilito il numero minimo di hard disk che sono necessari per attivarlo. A seconda del livello RAID sono implementate diverse caratteristiche operative per ottenere maggiori prestazioni o una maggiore sicurezza dei propri dati oppure entrambe le condizioni.

Si distinguono sei livelli, da 0 a 5. Questo sistema numerato consente di differenziare le versioni e di scegliere come diffondere i dati attraverso l'array. Il numero di livelli è da allora ampliato ed è stato suddiviso in tre categorie: livelli RAID standard, nidificati e non standard.[7]

LIVELLI RAID STANDARD

- **RAID-0:** livello privo di ridondanza. Si occupa di unire due o più dischi, all'interno dei quali i dati vengono suddivisi equamente (tramite striping o sezionamento), in modo da bilanciare anche il carico di operazioni di lettura e scrittura che li riguardano. In pratica, il livello zero consente di realizzare un disco virtuale di grandi dimensioni, più efficiente, ma la rottura di uno dei dischi porta alla perdita di tutti i dati. RAID-0 è noto anche con il nome di "block striping".

bibliografia commentata

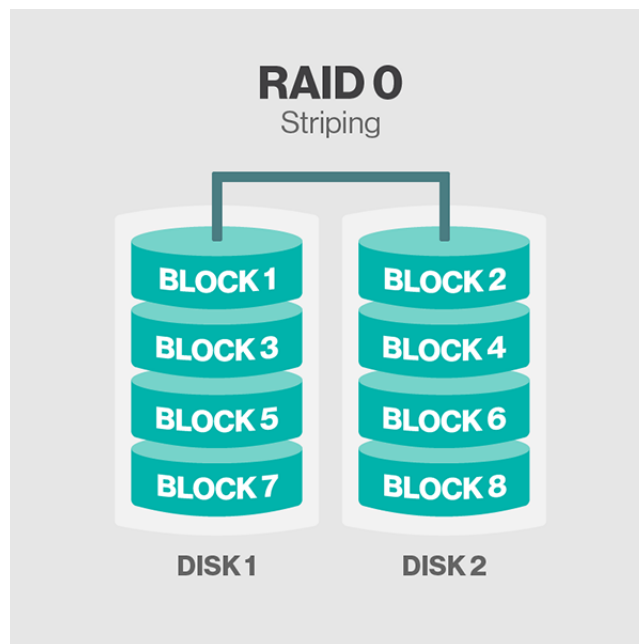


Figura 3: Sezionamento senza ridondanza - Questa configurazione ha sezionamento, ma nessuna ridondanza dei dati. Offre le migliori prestazioni, ma nessuna tolleranza agli errori.[7]

- **RAID-1:** livello che si occupa di unire assieme due o più dischi (generalmente solo due) che si trovano a riprodurre fedelmente tutti gli stessi dati. Questa configurazione mantiene quindi almeno una copia esatta di tutti i dati, detta "mirror". In questo caso, la rottura di un disco non pregiudica l'utilizzo dei dati che sono disponibili nel disco o nei dischi rimanenti.
textbfbibliografia commentata Più precisamente, l'affidabilità aumenta linearmente al numero di dischi presenti: un sistema con N dischi è in grado di resistere alla rottura di $N-1$ componenti. RAID-1 è conosciuto anche come "disk mirroring".
- **RAID-2:**
- **RAID-3:** livello che si occupa di unire assieme $n-1$ dischi, all'interno dei quali i dati vengono
- **RAID-4:** Il livello quattro dei sistemi RAID è simile al livello tre, con la differenza che vengono distribuiti in modo differente ($n-1$ efficiente) tra i dischi, ma rimane compito di un disco separato il sistema di controllo.

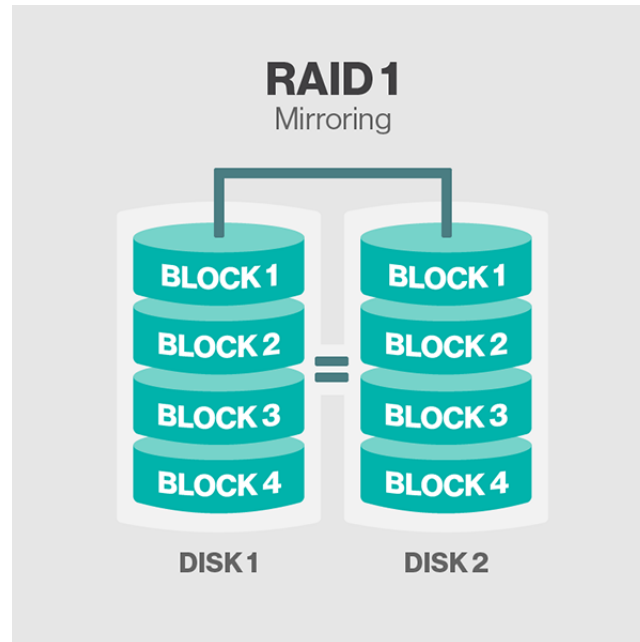


Figura 4: Replicazione - Questa configurazione è costituita da almeno due unità che duplicano la memorizzazione dei dati. Non c'è sezionamento. La lettura delle prestazioni è migliorata poiché entrambi i dischi possono essere letti contemporaneamente. La scrittura delle prestazioni è la stessa di quella per il singolo disco. [7]

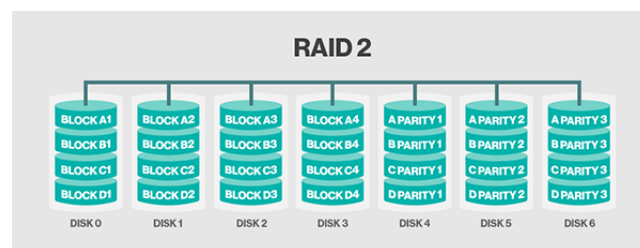


Figura 5: Sezionamento a livello di bit - Questa configurazione utilizza la rigatura tra i dischi, con alcuni dischi che memorizzano le informazioni di errore di verifica e correzione (ECC). [7]

- **RAID-5:** Il livello cinque dei sistemi RAID equivale al livello quattro, dove per \tilde{A}^2 le informazioni che servono per la ricostruzione dei dati sono distribuite tra i dischi.
- **RAID-6:**

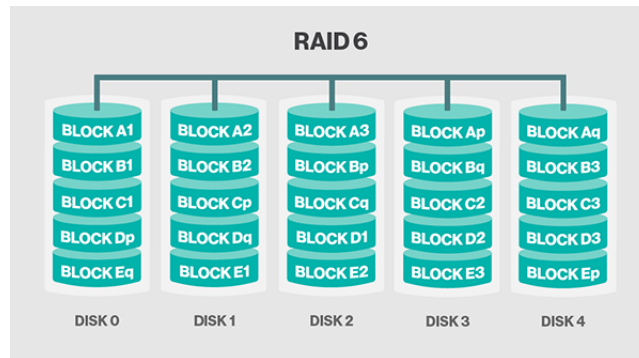


Figura 9: Sezionamento a livello di blocco con doppia parità distribuita [7]

LIVELLI RAID NIDIFICATI ANNIDATI I livelli Annidati sono dei tipi di livelli più complessi ottenuti dalla combinazione di alcuni livelli RAID Standard. Esempi classici sono le configurazioni RAID 0+1 o 10.

LIVELLI RAID NON-STANDARD spiegazione cinci -audio- Nelle macchine non distribuite per garantire la ridondanza dei dati si scrive su più dischi, sincrono (i dati vengono scritti simultaneamente) - come raid mirroring ci può essere o un affarino (scheda) chiamato raid controller. Ha una memoria che puoi configurarlo.. puoi dirgli tra disco 1 e disco 2 imponi un raid 0. Quindi che succede? Da una macchina, cioè dal processore, tutte le volte che viene fatta una scrittura su disco, il raid controller la splitta e viene fatta in entrambi i dischi. quindi hai due dischi clonati (mirroring). Stessa cosa del REPLICA.

1.1.4 Codice di correzione errore (Erasure Coding)

<http://searchstorage.techtarget.com/definition/erasure-coding>

1.2 HARDWARE UTILIZZATO PER GLI ESPERIMENTI

Inserire foto hardware con descrizione

1.3 SOFTWARE UTILIZZATO PER GLI ESPERIMENTI

1.3.1 *PosgreSQL*

(spiegazione cinci -audio-) Uno dei punti di forza che ha reso famoso e versatile Posgres Ã che Ã un DBMS (Database Management System Ã un sistema software progettato per consentire la creazione e manipolazione efficiente di database (ovvero di collezioni di dati strutturati)) (scritto in C). Ha dei rametti dove te riesci ad agganciarci dei software fatti ad OC. te ti agganci a un sistema di segnalistica interna e lui quindi tramite messaggi di scambio interno ti permette di lavorare (ti dice "ho fatto l'inserimento di questa tabella(INSERT), ti scatta il segnale, e te riesci a intercettare e quindi fare delle operazioni)

Pg Logical Ã un estensione di Posgres. Lui capisce quando fa inserimenti e riesce a duplicare soltanto parti di database. Mentre replica di posgres per adesso ti replicherebbe tutto il DB. Invece noi si fa con solo tabelle (R) o quanti record di tabelle (per id maggiori di x) adirittura si vogliono replicare o colonne di tabelle

Con il termine PostgreSQL viene denominato un particolare ORDBMS, acronimo di Object-Relational DataBase Management System, cioÃ un software relazionale e ad oggetti per la gestione di basi di dati. PostgreSQL Ã Open Source, quindi il suo codice sorgente Ã disponibile pubblicamente ed "aperto" ai contributi degli sviluppatori che volontariamente intendono partecipare alla sua implementazione.

In PostgreSQL, ma il discorso puÃ essere allargato a tutti i gestori di database relazionali.

L'SQL Ã quindi un linguaggio a disposizione dell'utente da impiegare per "interfacciarsi" ai gestori di database; esso ha la caratteristica di agire in modo "trasparente", infatti le operazioni svolte a carico dei dati saranno portate avanti senza bisogno che l'utilizzatore sappia in che modo essi vengono trattati.

(spiegazione cinci -audio-

(<http://www.slony.info/images/Slony-I-concept.pdf>

Replicating schema changes is an often discussed problem and only very few database systems provide the necessary hooks to implement it. PostgreSQL does not provide the ability to define triggers called on schema changes, so a transparent way to replicate schema changes is not possible without substantial work in the core PostgreSQL system. Moreover, very often database schema changes are not single, isolated DDL statements that can occur at any time within a running system.

Instead they tend to be groups of DDL and DML statements that modify multiple database objects and do mass data manipulation like updating a new column to its initial value. The Slony-I replication system will have a mechanism to execute SQL scripts in a controlled fashion as part of the replication process.

1.3.2 *PG Logical*

L'estensione pglogical fornisce la replica logica di streaming per PostgreSQL, utilizzando un modulo di pubblicazione / sottoscrizione. Si basa sulla tecnologia sviluppata come parte del Progetto BDR.

PG Logical è un sistema logico di replica implementato come estensione di PostgreSQL. Completamente integrato, non richiede alcun triggers o programmi esterni. Questa alternativa alla replica fisica è un metodo altamente efficiente per replicare i dati utilizzando un modello di publish/subscribe per la replica selettiva.

I vantaggi offerti da Pg Logical sono i seguenti:

- Replica sincrona
- Replica ritardata
- Risoluzione dei conflitti configurabili
- Capacità di convertire lo standby fisico in una replica logica
- Può pubblicare i dati da PostgreSQL a un abbonato Postgres-XL
- Le sequenze possono essere replicate
- Nessun trigger significa ridurre il carico di scrittura sul Provider
- Nessuna re-esecuzione di SQL significa overhead e latenza ridotti per il Sottoscrittore
- Il sottoscrittore non è in ripristino di riposo caldo, in modo da poter utilizzare tavoli temp, non sbloccati o normali
- Non è necessario annullare le query per consentire alla replica di continuare la riproduzione
- Il sottoscrittore (Subscriber) può avere diversi utenti e protezione, indici diversi, impostazioni di parametri diversi

- Replica solo un database o un sottoinsieme di tabelle, noto come set di replica (Replication Sets)
- Replicare in versioni o architetture di PostgreSQL, consentendo aggiornamenti a bassa o zero-downtime
- Più server a monte in un singolo subscriber per l'accumulo di cambiamenti

Come funziona pglogical? Pglogical utilizza le funzioni di Decodifica Logica aggiunte da 2ndQuadrant (e disponibili da PostgreSQL 9.4). Pglogical funziona ancora più veloce con PostgreSQL 9.5 successive, con basso overhead su

Pglogical si basa molto sulle caratteristiche introdotte nell'ambito dello sviluppo BDR, tra cui:

Decodifica logica Slot di replica Lavoratori di sfondo statico Origini di replica Impegnano timestamp Messaggi WAL logici Replica pglogical Bi-Directional Replication (BDR)? No. pglogical non fornisce funzionalità complete di replica multi-master e un supporto di modifica dello schema coerente, come fa la BDR. Pglogical incorpora le funzionalità di BDR e le lezioni apprese da BDR per produrre una soluzione più semplice e più semplice da utilizzare per la replica unidirezionale, utilizzabile da

Lo sviluppo di BDR continuerà per quelli che richiedono piena capacità multi-master, riutilizzando gran parte del codice da pglogical.

Casi di uso: I diagrammi che seguono descrivono i gestori di database delle funzioni che sono in grado di eseguire con PgLogical.

DA METTERE? DIFFERENZA TRA PG LOGICAL E BDR Replica pglogical Bi-Directional Replication (BDR)? No. pglogical non fornisce funzionalità complete di replica multi-master e un supporto di modifica dello schema coerente, come fa la BDR. Pglogical incorpora le funzionalità di BDR e le lezioni apprese da BDR per produrre una soluzione più semplice e più semplice da utilizzare per la replica unidirezionale, utilizzabile da

Migrare e aggiornare PostgreSQL con tempi di inattività quasi a zero

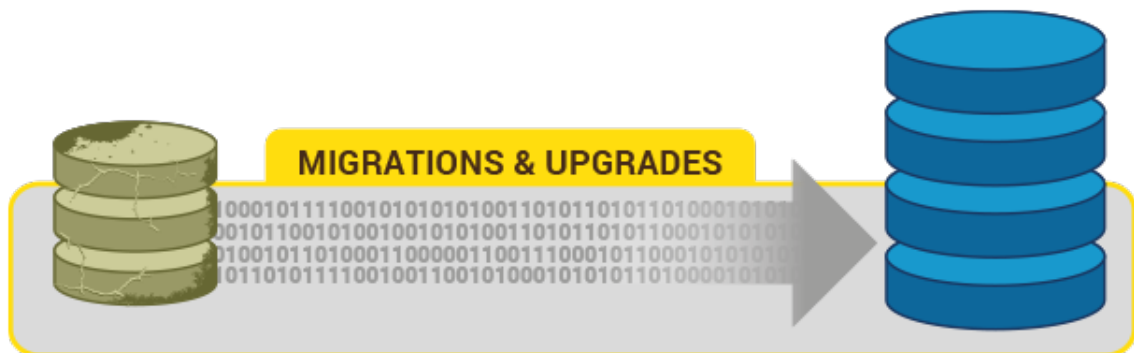


Figura 10: Migrazione e aggiornamenti PostgreSQL [9]

Accumulare le
modifiche provenienti da server di database scartati in un data warehouse

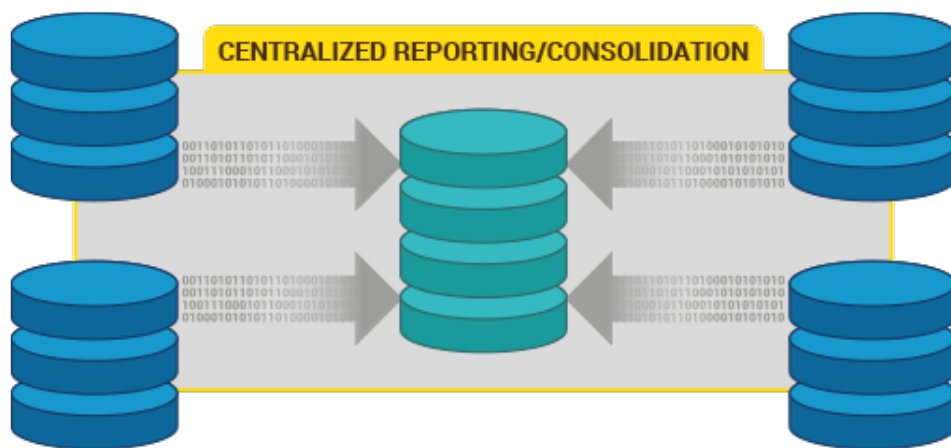


Figura 11: Aggregazione [10]

Copiare tutti o una selezione di tabelle di database ad altri nodi di un cluster

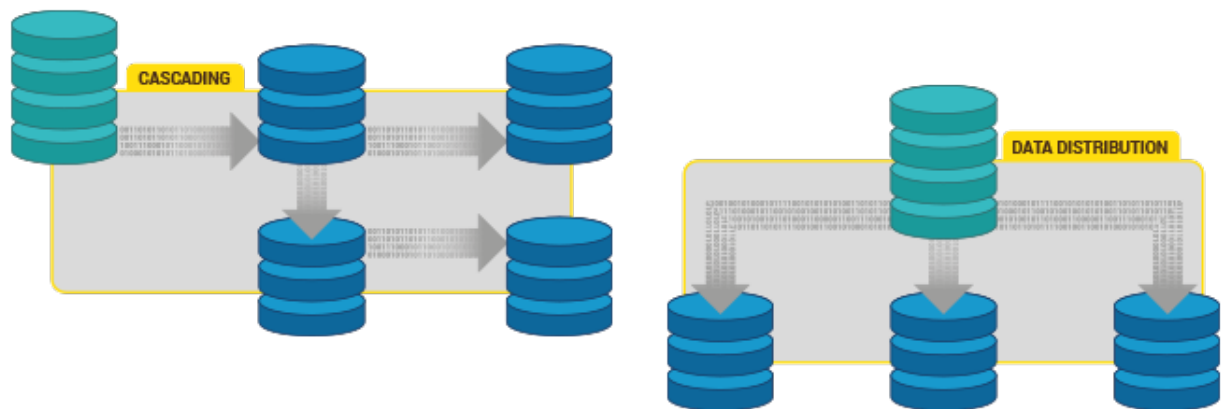


Figura 12: A cascata e distribuzione dati [10]
Le modifiche del database in tempo reale ad altri sistemi

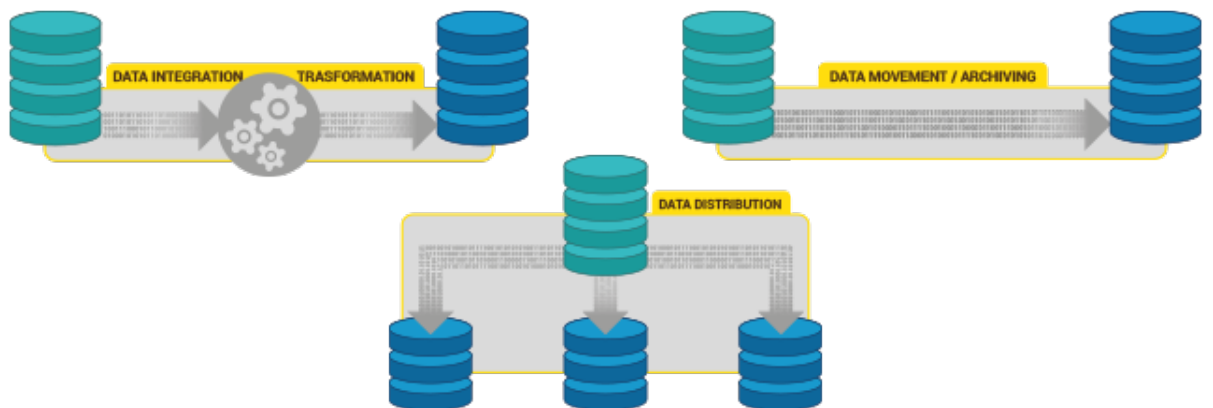


Figura 13: A cascata e distribuzione dati [10]

DEFINIZIONE DEL PROGETTO

2.1.1 *Architettura del progetto*

concept Provider-Subscriber - da scegliere dove inserirlo Master to multiple cascaded slaves The basic structure of the systems combined in a Slony-I installation is a master with one or more slaves nodes. Not all slave nodes must receive the replication data directly from the master. Every node that receives the data from a valid source can be configured to be able to forward that data to other nodes. There are three distinct ideas behind this capability. The first is scalability. One database, especially the master that receives all the update transactions from the client applications, has only a limited capability to satisfy the slave nodes queries during the replication process. In order to satisfy the need for a big number of read-only slave systems it must be possible to cascade. The second idea is to limit the required network bandwidth for a backup site while keeping the ability to have multiple slaves at the remote location. The third idea is to be able to configure failover scenarios. In a master to multiple slave configuration, it is unlikely that all slave nodes are exactly in the same synchronization status when the master fails. To ensure that one slave can be promoted to the master it is necessary that all remaining systems can agree on the status of the data. Since a committed transaction cannot be rolled back, this status is undoubtedly the most recent sync status of all remaining slave nodes. The delta between this one and every other node must be easily and fast generated and applied at least to the new master (if that's not the same system) before the promotion can occur.

Nodes, Sets and forwarding The Slony-I replication system can replicate tables and sequence numbers. Replicating sequence numbers is not unproblematic and is discussed in more detail in section 2.3. Table and sequence objects are logically grouped into sets. Every set should contain a group of objects that is independent from other objects originating from

the same master. In short, all tables that have relationships that could be expressed as foreign key constraints and all the sequences used to generate any serial numbers in these tables should be contained in one and the same set. Figure 1 illustrates a replication configuration that has 2 data sets with different origins. To replicate both data sets to NodeC it is not required that Node C really communicates with the origin of Set 1. This scenario has full redundancy for every node. Obviously if Node C fails, the masters of Set 1 and Set2 are still alive, no problem. If Node A fails, Node B can get promoted to the master of both sets. The tricky situation is if Node B fails. In the case Node B fails, Node C needs to get promoted to the master of Set 2 and it must continue replicating Set 1 from Node A. For that to be possible, Node A must have knowledge about Node C and its subscription to Set 1. Generally speaking, every node that stores replication log information must keep it until all subscribers of the affected set are known to have replicated that data. To simplify the logic, the configuration of the whole network with all nodes, sets and subscriptions will be forwarded to and stored on all nodes. Because the sets, a node is not subscribed to must not even exist in its database, this does not include the information about what tables and sequences are included in any specific set.

Simulazione di un filesystem distribuito (Dati e Metadati)

CONSIDERAZIONI STATISTICHE SULLA RIDONDANZA SUL DATO

CONSIDERAZIONI STATISTICHE SULLA RIDONDANZA DEL METADATO

RESILIENZA AI CAMBIAMENTI DI RETE

DEFINIZIONE DEL QUADRO SPERIMENTALE

DA RIVEDERE - <http://www.slony.info/images/Slony-I-concept.pdf>

Failover: While it is relatively easy to tell in a master to multiple slave scenario which of the slaves is most recent at the time the master fails, it is nearly impossible to tell the actual row delta between two slaves. So in the case of a failing master, one slave can be promoted to the master, but all other slaves need to be re-synchronized with the new master. **Performance:** Storing the logging information in one or very few rotating log tables means that the replication engine can retrieve the actual data for one replication step with very few queries that select from one table only. In contrast to that a system that fetches the current values from the application tables at replication time needs to issue the same number of queries per replicated table and these queries will be joining the log table(s) with the application data table. It is obvious that this system's performance will be reverse proportional to the number of replicated tables. At some time the complete delta to be applied, which can not be split as pointed out already, will cause the PostgreSQL database system to require less optimal than in memory hash join query plans to deal with the number of rows returned by these queries and the replication system will be unable to ever catch up unless the workload on the master drops significantly

LANCIO IN CONFIGURAZIONE 1

LANCIO IN CONFIGURAZIONE 2

LANCIO IN CONFIGURAZIONE 3

CONCLUSIONI E POSSIBILI EVOLUZIONI

UTILIZZO DI DISCHI SSD

UTILIZZO DI PROCESSORI DUAL CORE

ESERCIZI

1. Scrivere le possibili evoluzioni del programma

`co X: = X+2 // X: = X+1 oc`

assumendo che ciascun assegnamento è realizzato da tre azioni atomiche che caricano X in un registro (Load R X), incrementano il valore del registro (Add R v) e memorizzano il valore del registro ((Store R X). Per ciascuna delle esecuzioni risultanti dall'interleaving delle azioni atomiche descrivere il contenuto dopo ogni passo della locazione condivisa X e dei registri privati, R₁ del processo che esegue il primo assegnamento ed R₂ per il processo che esegue il secondo assegnamento. Se assuma che il valore iniziale di X sia 50.

2. Si definisca il problema della *barrier synchronization* e si descrivano per sommi capi i differenti approcci alla sua soluzione. Se ne fornisca quindi una soluzione dettagliata utilizzando i semafori.
3. Considerare n api ed un orso che possono avere accesso ad una tazza di miele inizialmente vuota e con una capacità di k porzioni. L'orso dorme finchè la tazza è piena di k-porzioni, quindi mangia tutto il miele e si rimette a dormire. Le api riforniscono in continuazione la tazza con una porzione di miele finchè non si riempie; l'ape che aggiunge la k-esima porzione sveglia l'orso. Fornire una soluzione al problema modellando orso ed api come processi e utilizzando un monitor per gestire le loro operazioni sulla tazza. Prevedere che le api possano eseguire l'operazione *produce-honey* anche concorrentemente.
4. Descrivere le primitive di scambio messaggi send e receive sia sincrone che asincrone ed implementare

- `synch_send(v:int)`
- `send(v:int)`
- `receive(x:int)`

utilizzando le primitive di LINDA.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Techopedia - *Definition - What does Clustering mean?* (Cited on page 7.)
- [2] Techopedia - *Techopedia explains Clustering* (Cited on pages 8 and 9.)
- [3] Wikipedia, the free encyclopedia - *Shared nothing architecture* (Cited on page 8.)
- [4] DA RIGUARDARE - https://en.wikibooks.org/wiki/Oracle_and_DB2_comparison_and_comparison
- [5] Dave Wright - *The Advantages of a Shared Nothing Architecture for Truly Non-Disruptive Upgrades* solidfire.com. 2014-09-17. Retrieved 2015-04-21 (Cited on page 8.)
- [6] Ben Stopford - *Shared Nothing v.s. Shared Disk Architectures: An Independent View*". November 24, 2009. Retrieved November 1, 2012.
- [7] SearchStorage - *RAID (redundant array of independent disks)* (Cited on pages 3, 10, 11, 12, 13, 14, and 15.)
- [8] Derek Vadala - *Managing RAID on Linux*, O' Reilly, 2002 (Cited on page 10.)
- [9] 2ndQuadrant Ltd - *pglogical* (Cited on pages 3 and 19.)
- [10] Autore - *Titolo* - altre informazioni (Cited on pages 3, 19, and 20.)