

Comparativo de Desempenho entre Bancos de Dados de Código Aberto

Carlos E. S. Pires, Rilson O. Nascimento, Ana C. Salgado

Centro de Informática – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Caixa Postal 7851 – CEP 50732-970 – Recife, PE, Brasil

{cesp, ron2, acs}@cin.ufpe.br

Resumo. *Benchmarks são padrões utilizados em comparações de sistemas computacionais. A aplicação de testes seguindo tais padrões gera medidas quantitativas de desempenho capazes de serem comparadas com as de outros sistemas. Em ambientes computacionais, benchmarks são utilizados para mensurar o desempenho de bancos de dados, sistemas operacionais, entre outros. Dentre os benchmarks para bancos de dados destacamos o AS³AP. Sua principal característica é a abrangência em medir o desempenho das principais funcionalidades de um banco de dados. Algumas organizações de interesse público criaram versões de código livre deste benchmark, como é o caso do benchmark OSDB. Nossa proposta é apresentar um estudo comparativo de desempenho entre os bancos de dados MySQL e PostgreSQL, em plataforma GNU/Linux, utilizando o OSDB. O estudo consiste em analisar as métricas geradas e apontar possíveis melhorias no desempenho dos SGBD.*

1. Introdução

De acordo com a definição do dicionário Webster's II, um *benchmark* é “*um padrão para medida ou avaliação*”. Em ambientes computacionais, um *benchmark* é tipicamente um *software* que realiza um conjunto restrito e pré-definido de operações (uma carga de trabalho) e retorna um resultado em algum formato (uma métrica), que descreve o comportamento do sistema. As métricas dos *benchmarks* computacionais podem medir rapidez (em qual velocidade a carga de trabalho foi completada) ou vazão (quantas cargas de trabalho por unidade de tempo foram medidas). Ao executar o *benchmark* em múltiplos computadores, é possível realizar comparações [Gray 1993].

O *benchmark* AS³AP [Turbyfill et al. 1992] possui como características principais a amplitude na medição do desempenho das principais funcionalidades de um banco de dados, e a variação de tipos de carga de trabalho aplicados. O *benchmark* é dividido em módulos que podem ser executados separadamente ou em conjunto. Cada módulo é responsável por testar uma certa funcionalidade. Algumas organizações de interesse público, como universidades e laboratórios de pesquisa, criaram versões de código livre do *benchmark* AS³AP, como é o caso do *Open Source Database Benchmark* [OSDB 2001], da *Compaq Computer Corporation*[®].

Nossa proposta é apresentar um estudo comparativo de desempenho entre os SGBD MySQL e PostgreSQL, em plataforma GNU/Linux, utilizando o *benchmark* de código livre OSDB. O estudo consiste em analisar as métricas geradas pelo OSDB e estimular melhorias nas funcionalidades dos SGBD relacionadas com desempenho.

A escolha do OSDB é justificada principalmente pela ampla abrangência dos testes e variação dos tipos de carga de trabalho. Utilizamos MySQL e PostgreSQL pelo fato de possuírem as maiores comunidades de usuários de bancos de dados de código livre, e também por serem os únicos SGBD de código livre suportados pelo OSDB.

Este artigo está estruturado da seguinte forma: na seção 2 descrevemos os trabalhos relacionados; na seção 3, apresentamos o *benchmark* OSDB; na seção 4 realizamos uma descrição dos testes realizados; na seção 5 apresentamos um resumo dos resultados obtidos; na seção 6, mostramos as conclusões e as próximas pesquisas.

2. Trabalhos Correlatos

Recentemente, foram publicados poucos trabalhos acadêmicos de criação e aperfeiçoamento de *benchmarks*. Um dos principais motivos é a restrição imposta pela “cláusula DeWitt” [Moran 2003], que proíbe a realização de testes em bancos de dados comerciais sem a prévia autorização do fabricante. Em razão disso, vários *benchmarks* foram construídos para comparar o desempenho de SGBD de código aberto, tais como DBT-2 [OSDL 2002], TPCC-UVA [Hernández e Gonzalo 2002] e OSDB [OSDB 2001]. Os dois primeiros utilizam uma carga de trabalho OLTP similar a do consagrado *benchmark* TPC-C, da TPC™ (*Transaction Processing Performance Council*) [TPC 2001]. O *benchmark* TPC-C é a principal referência no mundo quando se trata de desempenho de sistemas computacionais.

A maioria dos resultados comparando o desempenho de SGBD de código livre foi produzida através de uma ampla variedade de *benchmarks* e estes resultados são muitas vezes contraditórios e tendenciosos. Os estudos apresentados em [GreatBridge 2000] e [MySQL 2005] comparam o desempenho dos SGBD PostgreSQL e MySQL, exibindo resultados contrários. Em [GreatBridge 2000], o PostgreSQL mostra-se superior, porém por estar ligado a uma fornecedora de soluções para o PostgreSQL o resultado é bastante contestado [Wideneus 2000]. O comportamento repete-se em favor do MySQL no trabalho [MySQL 2005].

3. O *Benchmark* OSDB

O *benchmark* OSDB (*Open Source Database Benchmark*) foi criado com o objetivo inicial de avaliar a taxa de I/O e o poder de processamento da plataforma GNU Linux/Alpha. Sua implementação é baseada no *benchmark* AS³AP, diferindo em alguns aspectos, tais como: quantidade de métricas retornadas e número de módulos. Enquanto a análise dos resultados gerados pelo *benchmark* AS³AP baseia-se em uma única métrica (tamanho máximo do banco de dados suficiente para completar o teste em menos de 12 horas), o OSDB possibilita a comparação através de várias outras métricas, tais como: tempo de resposta das consultas e número de linhas retornadas por segundo.

Este *benchmark* é dividido em três módulos: **carga e estrutura**, **mono-usuário** e **multi-usuário**. O módulo de carga e estrutura inclui a criação e carga de tabelas a partir de dados armazenados em arquivos texto, além da criação de índices clusterizados e não-clusterizados (apenas *B-tree*). No módulo mono-usuário é testado o desempenho de seleções, junções, projeções, agregações e atualizações. A ordem de execução das consultas é definida de forma a não favorecer a utilização de dados em *cache*.

No módulo multi-usuário, os testes simulam perfis de carga de trabalho diferentes. Para cada tipo, um determinado número de processos é executado concorrentemente, simulando uma massa de usuários conectados. A quantidade de usuários é um quarto do tamanho do banco de dados. Os perfis de carga de trabalho incluem: (i) **perfil OLTP**, considerando a base de dados de 512MB, 127 usuários executam operações de atualização em uma única tabela. O outro usuário executa um conjunto de 08 (oito) consultas pré-definidas sobre uma mesma tabela; (ii) **perfil misto**, 01 (um) usuário executa um conjunto de operações incluindo atualizações e consultas, enquanto que os demais executam o conjunto de consultas do perfil OLTP.

4. Descrição dos Testes

Todos os testes foram realizados no Laboratório de Análise de Performance Centro de Informática-Itautec, criado em 2002, a partir de um convênio firmado entre a UFPE e a Itautec[®]. Foram utilizados dois servidores Itautec InfoServer 1250, com configurações idênticas: processador Intel[®] Xeon 3.06 GHz HTT, com 512KB de *cache* L2, RAM de 1GB e disco SATA de 80GB e 7200 rpm.

A etapa inicial consiste na instalação do sistema operacional GNU/Linux Fedora Core 3, versão de *kernel* 2.6.9-1.667. As versões dos SGBD PostgreSQL e MySQL utilizadas foram 8.0.3 e 5.0.4 beta, respectivamente. Os parâmetros de inicialização utilizados foram *default*, entretanto, em função dos testes, alguns parâmetros tiveram seus valores modificados. No PostgreSQL: *max_connections* (1500) e *shared_buffers* (90000). No MySQL: *max_connections* (1000) e *innodb_buffer_pool_size* (720).

Para os testes com o *benchmark* OSDB, foram criadas duas bases de dados com tamanhos distintos: 512MB e 1GB. Para esses tamanhos de base a quantidade de linhas por tabela é de 1.280.000 (512MB) e 2.500.000 (1GB), respectivamente.

5. Resultados dos Testes

Durante a apresentação dos resultados, destacamos apenas os testes que apresentaram maior discrepância. Inicialmente, apresentamos o sumário executivo dos testes e, em seguida, mostramos os resultados de forma mais detalhada.

Sumário Executivo. De acordo com a Tabela 1, o desempenho do PostgreSQL foi superior ao MySQL apenas no módulo de carga e estrutura. Nos demais módulos, o MySQL mostrou-se superior.

Tabela 1 – Sumário Executivo

| Módulo | 512MB | | 1GB | |
|-------------------|------------|-------|------------|---------|
| | PostgreSQL | MySQL | PostgreSQL | MySQL |
| Carga e Estrutura | 14min | 39min | 45min | 1h23min |
| Mono-Usuário | 27min | 8min | 57min | 19min |
| Multi-Usuário | 1h06min | 50min | 3h43min | 1h34min |

Carga e Estrutura. O desempenho do PostgreSQL foi melhor em todos os testes (ver Tabela 2). O maior grau de disparidade ocorreu na criação de índices. Para a base de 512MB, por exemplo, o desempenho foi quase quatro vezes melhor.

Tabela 2 – Resultados do Módulo Carga e Estrutura

| Módulo | 512MB | | 1GB | |
|--------------------|------------|---------|------------|---------|
| | PostgreSQL | MySQL | PostgreSQL | MySQL |
| Criação de Tabelas | 0,02s | 0,15s | 0,03s | 0,11s |
| Carga de Tabelas | 4min | 4min35s | 8min | 10min |
| Criação de Índices | 10min | 35min | 37min | 1h12min |

Seleções. Os testes revelaram resultados semelhantes em quase todos os casos, com exceção do teste *selectivity 25%* (ver Tabela 3), que verifica a habilidade do otimizador de consultas de, em tempo de execução, escolher corretamente entre uma leitura completa de tabela ou a utilização de um índice. Ao analisar o plano de consulta gerado por cada SGBD, constatamos que, diferentemente do PostgreSQL, o otimizador de consulta do MySQL optou por utilizar índice. Em alguns SGBD, a escolha de índices é influenciada pela existência de estatísticas sobre as estruturas de armazenamento. No PostgreSQL, as estatísticas são geradas apenas sob demanda. Como o *kit* do *benchmark* não contempla a geração de estatísticas em seu código, isso ajuda a explicar o resultado.

Tabela 3 – Resultados dos Testes de Seleção

| Nome | 512MB | | 1GB | |
|------------------------|------------|--------|------------|--------|
| | PostgreSQL | MySQL | PostgreSQL | MySQL |
| <i>selectivity 25%</i> | 28,38s | 12,43s | 68,12s | 21,47s |

Junções. Os testes verificam a eficiência do otimizador de consultas na realização de junções entre duas, três e quatro tabelas. Todos os testes apresentaram resultados similares, com exceção de *join_2* (ver Tabela 4), que realiza junção entre duas tabelas sem a utilização de índices. O tempo de execução foi quase três vezes maior no PostgreSQL para a base de 1GB.

Tabela 4 – Resultados dos Testes de Junção

| Nome | 512MB | | 1GB | |
|---------------|------------|-------|------------|-------|
| | PostgreSQL | MySQL | PostgreSQL | MySQL |
| <i>join_2</i> | 3,51s | 1,26s | 15,66s | 5,80s |

Projeções. Os testes de projeção verificam a utilização do operador SQL *Distinct* em colunas contendo valores repetidos. Nos testes *proj_100* e *proj_10pct*, as linhas duplicadas são eliminadas e são retornadas respectivamente 100 e 10% das linhas, de modo ordenado. Conforme podemos observar na Tabela 5, no MySQL o desempenho de *proj_100* chegou a ser quinze vezes melhor considerando a base de 1GB. O resultado pode sugerir melhorias no algoritmo de ordenação do PostgreSQL.

Tabela 5 – Resultados dos Testes de Projeção

| | | 512MB | | 1GB | |
|------------|--------------|------------|-------|------------|--------|
| Nome | Seletividade | PostgreSQL | MySQL | PostgreSQL | MySQL |
| proj_100 | 100 linhas | 89,89s | 7,20s | 221,03s | 14,46s |
| proj_10pct | 10% linhas | 17,97s | 5,86s | 48,20s | 13,59s |

Agregações. Os testes envolvem o uso do operador SQL *Group By* e funções de agregação em colunas indexadas. Dentre as consultas, *agg_subtotal_report* foi a que apresentou maior disparidade (ver Tabela 6). No MySQL, usando a base de 1GB, seu tempo de resposta chegou a ser cerca de 30 vezes melhor. O resultado pode sugerir melhorias no algoritmo de agregação do PostgreSQL.

Tabela 6 – Resultados dos Testes de Agregação

| | | 512MB | | 1GB | |
|---------------------|--|------------|--------|------------|---------|
| Nome | | PostgreSQL | MySQL | PostgreSQL | MySQL |
| agg_simple_report | | 22,85s | 26,17s | 234,29s | 164,74s |
| agg_subtotal_report | | 2,63s | 0,34s | 20,83s | 0,65 |

Atualizações. Os testes verificam restrições de integridade e o desempenho de operações *insert*, *update* e *delete* envolvendo múltiplas linhas. No teste *refer_integrity* é feita uma tentativa de inserção de linhas duplicadas em uma coluna chave. Pela Tabela 7, observamos que o teste no PostgreSQL, para a base de 512MB, foi executado em um tempo 94 vezes inferior ao do MySQL. Entretanto, nas operações de atualização e remoção de múltiplas linhas através de um mesmo comando, *bulk_modify* e *bulk_delete* respectivamente, o MySQL demonstrou desempenho superior, em ambas as bases.

Tabela 7 – Resultados dos Testes de Atualização

| | | 512MB | | 1GB | |
|-----------------|-------------------|------------|--------|------------|---------|
| Nome | # Linhas Afetadas | PostgreSQL | MySQL | PostgreSQL | MySQL |
| refer_integrity | ins 1, del 1 | 3,14s | 284,1s | 12,29s | 590,8s |
| update_btree | ins 1, mod 1 | 16,64s | 65,12s | 84,16s | 148,92s |
| update_alpha | ins 1, mod 1 | 10,15s | 57,85s | 39,25s | 124,06 |
| bulk_modify | mod 1000 | 666,49s | 0,15s | 2000,14s | 0,11s |
| bulk_delete | del 1000 | 668,68s | 0,05s | 2038,5s | 0,09s |

Multi-Usuário. Para esse teste dispomos apenas dos resultados para a base de 512MB (ver Tabela 8). Para análise de desempenho são consideradas as seguintes métricas definidas pelo OSDB: rendimento global (linhas/seg) e tempo de resposta (seg), para o conjunto de oito consultas mencionado na Seção 3.

Tabela 8 – Resultados do Módulo Multi-Usuário

| Métrica | 512MB | | | |
|--------------------------------|------------|--------|------------|--------|
| | OLTP | | Mista | |
| | PostgreSQL | MySQL | PostgreSQL | MySQL |
| Rendimento (linhas/seg) | 12,38 | 25,09 | 0,01 | 25,78 |
| Tempo de Resposta (seg) | 608,32 | 210,15 | 1657,56 | 113,93 |

6. Conclusões e Trabalhos Futuros

O objetivo do trabalho foi apresentar um estudo comparativo de desempenho entre os SGBD MySQL e PostgreSQL, em plataforma GNU/Linux, utilizando o *benchmark OSDB*. O MySQL apresentou melhores resultados na maioria dos testes. O desempenho do PostgreSQL foi superior apenas no módulo de carga e estrutura, especialmente na criação de índices. Os resultados apresentados podem indicar oportunidades de melhoria no ajuste de desempenho e configuração dos SGBD, aperfeiçoamento de algoritmos, necessidade de auto-gerenciamento e detecção de falhas em situações específicas.

Embora o ajuste de desempenho dos SGBD tenha sido realizado com base nas informações disponibilizadas nos manuais de cada fabricante, acreditamos que um ajuste ainda mais elaborado pode produzir resultados diferentes. Além disso, um melhor ajuste do sistema operacional pode proporcionar benefícios para ambos os SGBD.

As próximas pesquisas incluem a realização dos mesmos testes utilizando bases de dados com tamanhos mais diferenciados (1GB, 10GB e 100GB, por exemplo) e o uso de outros tipos de *filesystems* (*ReiserFS* e *ext2*, por exemplo). Nossa intenção é também comparar os resultados apresentados com os de outros *benchmarks*, tais como DBT-2 [OSDL 2002] e TPCC-UVA [Hernández e Gonzalo 2002].

Agradecimentos. Os autores gostariam de agradecer a Mark Wong, da *Open Source Development Labs*, Andy Riebs, da *Compaq Corporation*, e Josh Berkus, do *PostgreSQL Project*, pelo apoio técnico recebido.

Referências

- Gray, J. (1993). Database and Transaction Processing Performance Handbook. Chapter 1. Morgan Kaufmann Publishers.
- GreatBridge Performance Comparison. (2000). <http://www.angelfire.com/country/aldev0/pgsql/GreatBridge.html>, último acesso em 16/12/2005.
- Hernández, P. e Gonzalo, J. (2002). Implementación en C del benchmark de transacciones distribuidas TPC-C", Bs.C Thesis. Escuela Universitaria Politécnica de Valladolid, Universidad de Valladolid, Spain.
- Moran, B. (2003). The Devil's in the DeWitt clause. <http://www.windowsitpro.com/Article/ArticleID/38587/38587.html>, último acesso em 16/12/2005.
- MySQL. (2005). Performance Comparison by MySQL Group. <http://sunsite.mff.cuni.cz/MIRRORS/ftp.mysql.com/information/benchmarks.html>, último acesso em 16/12/2005.
- OSDL. Open Source Development Labs – Database Test 2. (2002). <http://www.osdl.org/>, último acesso em 16/12/2005.
- OSDB. The Open Source Database Benchmark. (2001). <http://osdb.sourceforge.net/>, último acesso em 16/12/2005.
- TPC. Transaction Processing Performance Council. (2001). <http://www.tpc.org/>, último acesso em 16/12/2005.
- Turbyfill, C., Orji, C and Bitton, D. (1992). AS³AP: An ANSI SQL Standard Scalable and Portable Benchmark for Relational Database Systems. The Benchmark Handbook for Database and Transaction Processing, Chapter 4. Morgan Kaufmann.
- Widenius, M. (2000). MySQL Developer Contests PostgreSQL Benchmarks. <http://www.devshed.com/c/a/BrainDump/MySQL-Developer-Contests-PostgreSQL-Benchmarks>, último acesso em 16/12/2005.