

Datenbanksysteme II Benchmarks

18.6.2007
Felix Naumann

Überblick

2

- ➔ ■ Motivation
- Komponenten eines Benchmarks
- Der TPC-C Benchmark
 - Überblick
 - Anfragen
 - Ergebnisse
- Der TPC-H Benchmark
 - Überblick
 - Anfragen
 - Ergebnisse
- XML Benchmarks



Motivation

3

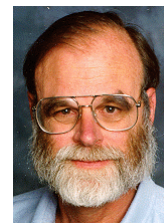
- Viele kommerzielle DBMS
 - Unterschiedlichste Eigenschaften und Fähigkeiten
- Zusätzlich: Viele DBMS in der Forschung
 - Unterschiedlichste Eigenschaften und Fähigkeiten
- Allgemeiner, objektiver Vergleich durch Leistungsbewertung
 - Benchmarks
- Allgemeiner, objektiver Vergleich durch Bewertung der Kosteneffektivität
 - Anzahl Dollar pro Transaktionen pro Sekunde
- Vergleich in Abhängigkeit von der geplanten Anwendung
 - Analyse
 - Oder Testimplementierungen (teuer)

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

Anforderungen an Benchmarks

4

- Relevanz zum Anwendungsgebiet
 - Wesentliche Merkmale
 - Wesentliche Operationen
- Portabilität
 - auf alle gängigen Rechnerplattformen
- Skalierbarkeit
 - Menge der Daten
 - Menge der Rechner
 - Architekturen
 - Skalierungsfaktoren
 - Garantiert lange Lebensdauer des Benchmarks
- Einfachheit
 - Verständlichkeit, Nachvollziehbarkeit, Implementierbarkeit
 - Garantiert Prüfbarkeit der Ergebnisse
 - Verifikation durch Konkurrenz



Nach [Gray93] Jim Gray: Database and Transaction Processing Performance Handbook. The Benchmark Handbook 1993

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

Weitere Eigenschaften

5

- Domänenspezifisch
 - Es gibt keine allgemeingültige Metrik
 - Je allgemeiner der Benchmark, desto nutzloser ist er für spezielle Messungen
 - Destillation aller relevanten Eigenschaften einer workload.
- Akzeptiert
 - Durch Industrie
 - Durch Käufer/Nutzer
 - Aber auch: „Benchmark wars“ – Mehr Geld in Marketing als Entwicklung
- Aber auch: Vergänglich
 - Gute Benchmarks treiben Entwicklung voran
 - Irgendwann sind alle sinnvollen Fortschritte erzielt
 - Benchmarks werden schädlich, da Sie künstliche Optimierung fördern

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

Benchmark Results

These performance results are audited, certified, and published by application vendors or independent performance evaluators.

DATA WAREHOUSING

- Oracle Database 10g Release 2 Sets New World Record For Performance—[Holds three TPC-H world records](#) (April 2007)
- Oracle Database 10g Release 2 Sets New [3TB TPC-H World Record](#) (April 2007)
- Oracle Database 10g Release 2 Sets [10TB TPC-H Non-Clustered World Record](#) (December 2006)
- Oracle Sets [World Record TPC-H One Terabyte Clustered Benchmark Result on PANTA Systems PANTAmatrix](#) (October 2006)
- Oracle Database 10g Release 2 and HP Set New [1TB TPC-H World Record](#) (August 2005)

ONLINE TRANSACTION PROCESSING

- Oracle Database Standard Edition One on Oracle Enterprise Linux Delivers [45% More Performance at 14% Less Cost Than Its Nearest Competitor](#) (June 2007)
- Oracle Database 10g [Achieves Record-Breaking Performance on Linux](#) (February 2007)
- Oracle Database 10g Release 2 Sets [New Industry World Record with TPC-C Benchmark](#) (February 2007)
- Oracle Database 10g [Runs 1.6 Million Transactions per Minute](#) (April 2005)
- Oracle and HP Run [1.18 Million Transactions per Minute on Linux](#) (December 2003)

SAP PERFORMANCE

- Oracle Sets [Oracle Sets New World Record on Two-Tier SAP Sales and Distribution Standard Application Benchmark](#) (February 2007)
- Oracle wins in head-to-head comparison with Microsoft SQL Server 2005 with [Two-Tier SAP SD Standard Application Benchmark](#) (December 2006)
- Oracle Sets [New World Record with SAP Business Information Warehouse Standard Application Two-Tier Benchmark](#) (January 2006)
- SAP Clustered Server: [World record SAP SD Parallel benchmark with Oracle9i/RAC](#) (January 2003)
- See all [SAP benchmark results](#)



Software > Information Management

DB2 is the right choice

Performance

DB2 UDB Takes the Database Performance Triple Crown

DB2 has once again demonstrated unmatched performance leadership by simultaneously leading all the major performance benchmarks. No other data server has ever accomplished this [Data Server Performance Triple Crown](#).

Benchmark Highlights

- DB2 9: Hands-down World Record TPC-C Holder
- New leading 10TB TPC-H result for DB2
- DB2 outperforms Oracle by 68% on SAP Benchmark using 1/2 the CPUs

Value of Benchmarks

DB2 publishes a broad spectrum of benchmark results to provide the information you need to make an informed decision. IBM is proud of the outstanding results we've achieved across virtually all the industry standard benchmarks. They cover a variety of hardware providers including IBM HP, Sun, and others running on IBM, Linux, Windows, Solaris, HP-UX, and additional operating systems. DB2 benchmarks consistently demonstrate:

- Strong support for transactional applications (e.g. TPC-C and other partner applications)
- Strong support for data warehouse and analytic applications (e.g. TPC-H and many partner applications)
- Strong support for both industry standard benchmarks (TPC) and application partner benchmarks
- Broad hardware platform support
- Broad operating system support, including Linux, UNIX, and multiple versions of Windows

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

Überblick

7



- Motivation
- Komponenten eines Benchmarks
- Der TPC-C Benchmark
 - Überblick
 - Anfragen
 - Ergebnisse
- Der TPC-H Benchmark
 - Überblick
 - Anfragen
 - Ergebnisse
- XML Benchmarks



Schema

8

- Relationales Schema
 - Reflektiert Ausschnitt eines real-world Szenarios
- Mehrere Relationen
- Attributtypen: Kleinster gemeinsamer Nenner
- Schematisch und als Download

Daten

9

- Zum Befüllen aller Relationen
- Datengenerator
- Verschiedene Skalierungsgrade
- Schwierigkeiten
 - Realistische Werte
 - Realistische Verteilungen (skew)
 - Fremdschlüsselbeziehungen

Workload

10

- Eine Menge von SQL Anfragen
 - INSERT, UPDATE, DELETE, SELECT
- Mit relativen Häufigkeiten
- Parametrisiert statt Konstanten

- Eigene Workload: Query log

Metrik

11

- Erfolgsmaß
- Kosten, Zeit, Durchsatz
- Hier nicht, aber sehr wichtig: TCO – total cost of ownership
 - Administration der Datenbank

- Auch wichtig: Preise
 - Werden zusammen mit Benchmark veröffentlicht
 - Kombination Software/Hardware
 - Wie werden sie ermittelt
 - Ändern sich ständig
 - Lieferbar?

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

Historie

12

- Anon, et al, "A Measure of Transaction Processing Power", Datamation, April fools day, 1985.
 - Anon = Jim Gray and Tandem colleagues
 - Sort: 1M 100 byte records
 - Mini-batch: copy 1000 records
 - DebitCredit: simple ATM style transaction
- Tandem TopGun Benchmark
 - DebitCredit
 - 212 tps on NonStop SQL in 1987

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

TPC

13

- TPC = Transaction Processing Performance Council
- Gegründet 1988 durch Omri Serlin und 8 Hersteller
- Ca. 40-45 Mitglieder in den letzten Jahren
 - Software und Hardware
- De facto Industriestandard
- www.tpc.org



Full Members

TPC

Transaction Processing
Performance Council

The TPC defines transaction processing and database benchmarks and delivers trusted results to the industry.

- ▢ Home
- ▢ Results
 - TPC-App
 - TPC-C
 - TPC-E
 - TPC-H
- ▢ Benchmarks
 - TPC-App
 - TPC-C
 - Results
 - Description
 - FAQ
 - TPC-E
 - TPC-H
 - Pricing Spec
 - Obsolete
 - TPC-A
 - TPC-B
 - TPC-D
 - TPC-R
 - TPC-W
- ▢ Technical Articles
- ▢ Related Links
- ▢ What's New
- ▢ About the TPC
 - What is the TPC
 - Mailing List
 - Applications
 - Press
 - Documentation
- ▢ Who We Are
 - Members
 - Affiliates
- ▢ Spec Reviews
- ▢ Member Login

TPC-C — OLTP

Top Ten TPC-C Results by Performance
 (All / Clustered / Non-Clustered)
 Top Ten TPC-C Results by Price/Performance
 (All / Clustered / Non-Clustered)
 Ten Most Recently Published TPC-C Results
 All Results (by Hardware Vendor / by Database Vendor)
 Advanced Sorting more >>

TPC-H — Decision Support for Ad Hoc Queries

Top Ten TPC-H Results by Performance
 (All / Clustered / Non-Clustered)
 Top Ten TPC-H Results by Price/Performance
 (All / Clustered / Non-Clustered)
 Ten Most Recently Published TPC-H Results
 All Results (by Hardware Vendor / by Database Vendor)
 Advanced Sorting more >>

TPC-App — Application Server

Top 10 TPC-App Results by Total SIPS more >>

TPC-E — OLTP

TPC-E Specification more >>

SEARCH

Advanced Search

Quick Links

- TPC Benchmark Status Report
- Sign up for Benchmark Status Report
- More Information about Pricing
- TPC-DS Specification for Company Review

Invitation to Join

The TPC's members include most of the largest computer system and database companies worldwide.

- How can I join?
- Special invitation to academic & government institutions

RDBMS Benchmarks

15

- Benchmark History
 - – 1989: TPC-A: industry standard for Debit Credit
 - – 1990: TPC-B: database only version of TPC-A
 - – 1992: TPC-C: more representative, balanced OLTP
 - – 1995: TPC-D: complex decision support (query)
 - TPC-W für Web e-Commerce
- Current Benchmarks
 - TPC-App für Application Server
 - TPC-C für OLTP
 - Neu: TPC-E für OLTP
 - Möglicher Nachfolger für TPC-C
 - TPC-H für Decision Support mittels Ad Hoc Anfragen

TPC Transaction Processing Performance Council

Überblick

16

- Motivation
- Komponenten eines Benchmarks
- Der TPC-C Benchmark
 - Überblick
 - Anfragen
 - Ergebnisse
- Der TPC-H Benchmark
 - Überblick
 - Anfragen
 - Ergebnisse
- XML Benchmarks



TPC-C Überblick

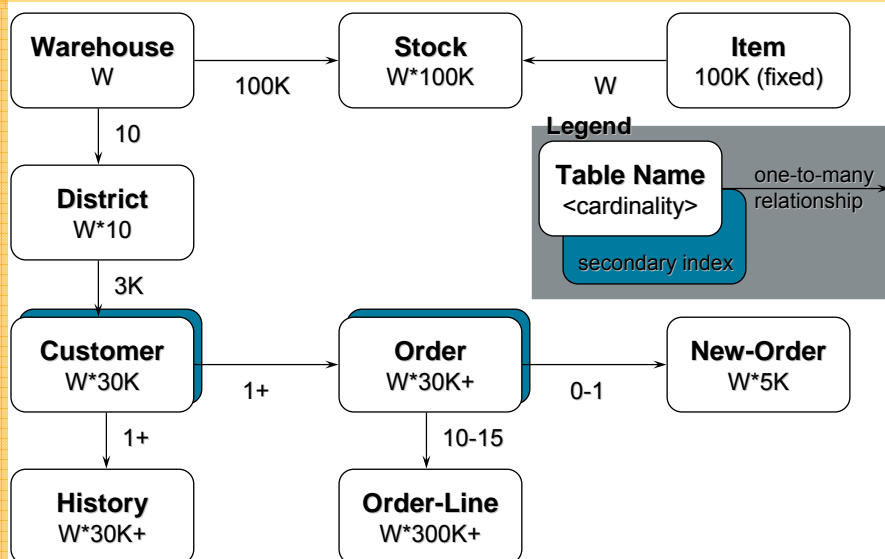
17

- Mittel-komplexes OLTP
- Über 2 Jahre vom TPC entwickelt
- Modelliert Warenhaus mit Bestellungen
- Fünf Sorten von Transaktionen
- Lineare Skalierung von Nutzern und Datenbankgröße mit Durchsatz
- Metriken
 - New order transaction rate (tpmC)
 - Preis/Performanz (\$/tpmC)
- Spezifiziert 23.7.1992

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

TPC-C Database Schema

18



Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

Erläuterungen zum Schema

19

- Warehouse
 - Es werden $W \geq 1$ Warenhäuser durch je ein Tupel modelliert.
- District
 - Pro Warenhaus gibt es 10 Distrikte, deren Kunden vornehmlich (wenn die bestellten Waren vorhanden sind) von dem zugehörigen Warenhaus beliefert werden.
- Customer
 - In jedem Distrikt gibt es 3000 (3k) Kunden.
- Order
 - In der Anfangskonfiguration hat jeder Kunde bereits eine Bestellung aufgegeben. Es kommen dann im Laufe der Benchmark-Durchführung neue Bestellungen hinzu und ausstehende (engl. pending) Bestellungen werden kontinuierlich abgearbeitet.
- New-Order
 - Eine neu aufgenommene Bestellung wird bis zur Belieferung in dieser Relation eingetragen. Genauer gesagt, die Tupel dieser Relation stellen Verweise auf noch nicht abgearbeitete Einträge in Order dar.

Folie: Steffen Staab, Uni Koblenz

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

Erläuterungen zum Schema

20

- Order-Line
 - Jede Bestellung besteht aus durchschnittlich zehn (variierend zwischen fünf bis fünfzehn) Auftragspositionen.
- Stock
 - Diese Relation modelliert die Verfügbarkeit von Produkten in den einzelnen Warenhäusern. Stock enthält pro (Warenhaus, Produkt)-Paar einen Eintrag -- also $W * 100k$ Tupel. Eine Auftragsposition wird aus dem Warenbestand (Stock) eines Warenhauses abgedeckt, was durch die Beziehung 'available' modelliert wird.
- Item
 - Diese Relation enthält ein Tupel für jedes der 100000 Produkte (Item), die das Handelsunternehmen anbietet. Die Relation Item nimmt bei der Skalierung der Datenbasis eine Sonderstellung ein; sie wird in der Größe nicht verändert, auch wenn die Anzahl der Warenhäuser (W) erhöht wird.
- History
 - Diese Relation enthält Daten zur Bestellhistorie der einzelnen Kunden.

Folie: Steffen Staab, Uni Koblenz

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

Datenverteilung (Skew)

21

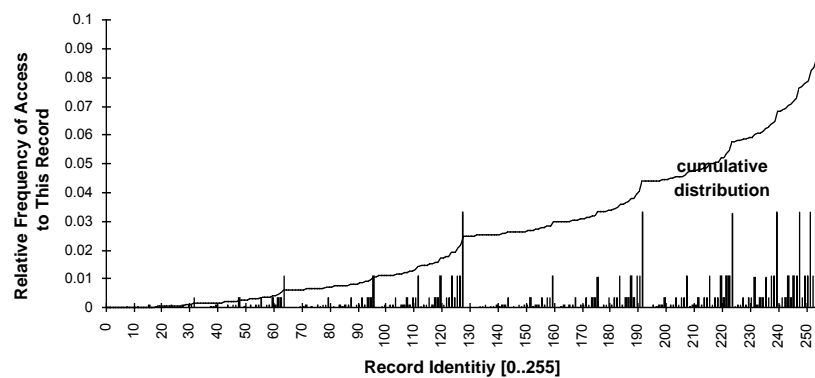
- NURand - Non Uniform Random
 - $\text{NURand}(A,x,y) = (((\text{random}(0,A) \mid \text{random}(x,y)) + C) \% (y-x+1)) + x$
 - Customer Last Name: $\text{NURand}(255, 0, 999)$
 - Customer ID: $\text{NURand}(1023, 1, 3000)$
 - Item ID: $\text{NURand}(8191, 1, 100000)$
 - bitwise OR of two random values
 - skews distribution toward values with more bits on
 - 75% chance that a given bit is one ($1 - \frac{1}{2} * \frac{1}{2}$)
 - skewed data pattern repeats with period of smaller random number

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

NURand Distribution

22

TPC-C NURand function: frequency vs 0...255



Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

Transparenz

23

- Partitionierung ist erlaubt
 - Horizontal und vertikal
- Partitionierung muss für Anwendung transparent sein!
 - Auch für verteilte Konfigurationen

Überblick

24

- Motivation
- Komponenten eines Benchmarks
- Der TPC-C Benchmark
 - Überblick
 - Anfragen
 - Ergebnisse
- Der TPC-H Benchmark
 - Überblick
 - Anfragen
 - Ergebnisse
- XML Benchmarks



Fünf OLTP Transaktionen

25

- Transaktionsarten
 - New-order: Neue Bestellung durch einen Kunden eingeben
 - Payment: Kundenkontostand aktualisieren um Bezahlung zu erfassen
 - Delivery: Bestellungen ausliefern (als batch Transaktion)
 - Order-status: Suche Status der jüngsten Bestellung eines Kunden
 - Stock-level: Lagerbestand beobachten
- Transaktionen enthalten
 - update, insert, delete, und abort;
 - Zugriff auf Primär- und Sekundärschlüssel
- Mindestanforderung:
 - 90% aus jeder Transaktionsart muss eine Antwortzeit ≤ 5 Sekunden haben
 - Außer "stock-level" mit ≤ 20 Sekunden

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

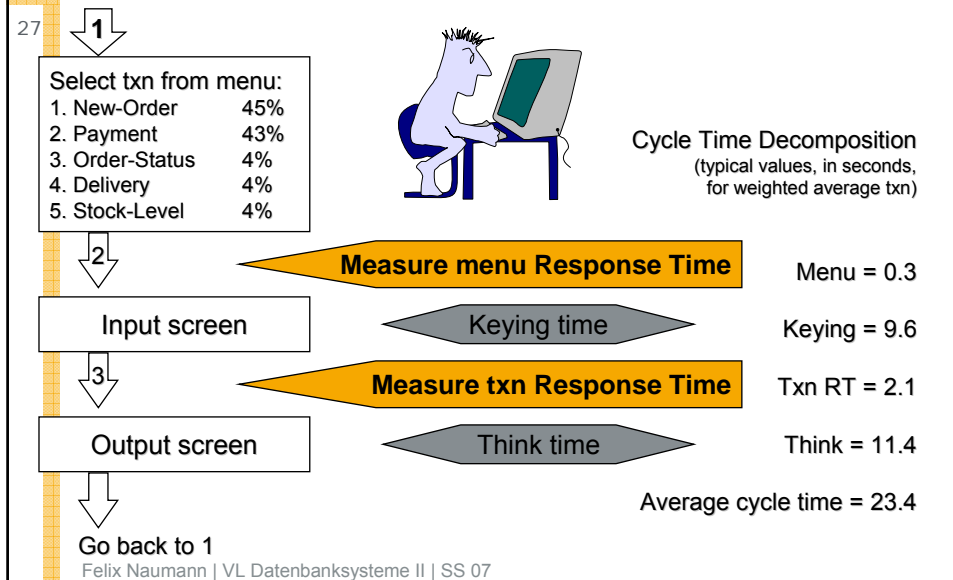
ACID

26

- Alle ACID Eigenschaften müssen gelten.
- Spezielle Tests TPC-C prüfen dies.
- Atomicity
 - Verify that all changes within a transaction commit or abort.
- Consistency
- Isolation
 - ANSI Repeatable reads for all but Stock-Level transactions.
 - Committed reads for Stock-Level.
- Durability
 - Must demonstrate recovery from
 - Loss of power
 - Loss of memory
 - Loss of media (e.g., disk crash)
- Sample Isolation Test
 - Demonstrates isolation for read-write conflicts of Order-Status and New-Order transactions.
- Perform the following steps:
 1. Start a New-Order transaction T1.
 2. Stop transaction T1 immediately prior to COMMIT.
 3. Start an Order-Status transaction T2 for the same customer used in T1. Transaction T2 attempts to read the data for the order T1 has created.
 4. Verify that transaction T2 waits.
 5. Allow transaction T1 to complete. T2 should now complete.
 6. Verify that the results from T2 match the data entered in T1.

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

TPC-C Workflow



Metrik

- 28
- Die Transaktion New-Order stellt das "Rückgrat" des TPC-C Benchmarks dar.
 - Die Leistungsfähigkeit des Systems wird in der Anzahl der pro Minute abgearbeiteten New-Order-Transaktionen angegeben
 - Pro New-Order auch eine bestimmte Anzahl der anderen vier Transaktionen gleichzeitig
 - tpmC: Der Durchsatz von New-Order-Transaktionen pro Minute.
 - Preis/Leistungsverhältnis: Gesamtsystempreis,
 - Hardware, Software und Softwarewartung für fünf Jahre berechnet
 - Das Leistungsmaß ist dann x Dollar pro Transaktion.
 - Bei 2005 Hardware und Softwarekonfigurationen sind folgende Kennzahlen möglich:
 - 22.000 Transaktionen pro Minute bei einem Systempreis von ca. 33.000 US Dollar (also etwa 1,5 Dollar pro Transaktion im Preis/Leistungsverhältnis)
 - 3.210.540 Transaktionen pro Minute bei einem Systempreis von ca. 16.669.230 US \$ (also etwa 5,2 Dollar pro Transaktion im Preis/Leistungsverhältnis)
 - DBMS-Konfigurationen stellen die beiden Extreme dar:
 - (1) günstiges Preis/Leistungsverhältnis für eine kleine Konfiguration und
 - (2) hohe Leistungsfähigkeit zu einem entsprechend hohen Preis.
 - Bei beiden Konfigurationen dominieren Hardwarekosten den Systempreis
 - Datenbanksoftware macht i.A. nur einen geringen Prozentsatz (< 10%) des Systempreises aus.
- Folie: Steffen Staab, Uni Koblenz
- Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

Überblick

29

- Motivation
- Komponenten eines Benchmarks
- Der TPC-C Benchmark
 - Überblick
 - Anfragen
 - Ergebnisse
- Der TPC-H Benchmark
 - Überblick
 - Anfragen
 - Ergebnisse
- XML Benchmarks



Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

Top Ten TPC-C by Performance

TPC Transaction Processing Performance Council

Top Ten TPC-C by Performance
Version 5 Results As of 24-Jun-2007 10:32 AM [GMT]

Note 1: The TPC believes it is not valid to compare prices or price/performance of results in different currencies.

All Results Clustered Results Non-Clustered Results Currency: All

Rank	Company	System	tpmC	Price/tpmC	System Availability	Database	Operating System	TP Monitor	Date Submitted
1	HP	HP Integrity Superdome-Itanium2/1.6GHz/24MB iL3	4,092,799	2.93 US \$	08/23/07	Oracle Database 10g R2 Enterprise Edt w/Partitioning	HP-UX 11i v3	BEA Tuxedo 8.0	02/27/07
2	IBM	IBM System p5 595	4,033,378	2.97 US \$	01/22/07	IBM DB2 9	IBM AIX 5L VS.3	Microsoft COM+	01/22/07
3	IBM	IBM eServer p5 595	3,210,540	5.07 US \$	05/14/05	IBM DB2 UDB 8.2	IBM AIX 5L VS.3	Microsoft COM+	11/18/04
4	IBM	IBM System p 570	1,616,162	3.54 US \$	11/21/07	IBM DB2 Enterprise 9	IBM AIX 5L VS.3	Microsoft COM+	05/21/07
5	IBM	IBM eServer p5 595	1,601,784	5.05 US \$	04/20/05	Oracle Database 10g Enterprise Edition	IBM AIX 5L VS.3	Microsoft COM+	04/20/05
6	FUJITSU	PRIMEQUEST 540 16p/32c	1,238,579	3.94 US \$	12/15/06	Oracle Database 10g Enterprise Edition	Red Hat Enterprise Linux AS 4.0	BEA Tuxedo 8.1	11/30/06
7	HP	HP Integrity Superdome - Itanium2/1.6 GHz-64p/64c	1,231,433	4.82 US \$	06/05/06	Microsoft SQL Server 2005 Enterprise Edt SP1	Microsoft Windows Server 2003 Datacenter Ed.(64-bit)SP1	Microsoft COM+	11/28/05
8	HP	HP Integrity rx5670 Cluster-Itanium2/1.5 GHz-64p/6	1,184,893	5.52 US \$	04/30/04	Oracle Database 10g Enterprise Edition	Red Hat Enterprise Linux AS 3	BEA Tuxedo 8.1	12/08/03
9	IBM	IBM eServer pSeries 690 Model 7040-681	1,025,486	5.43 US \$	08/16/04	IBM DB2 UDB 8.1	IBM AIX 5L VS.2	Microsoft COM+	02/17/04
10	IBM	IBM System p5 570 Model 9117-570	1,025,169	4.42 US \$	05/31/06	IBM DB2 UDB 8.2	IBM AIX 5L VS.3	Microsoft COM+	02/14/06

Top Ten TPC-C by Price/Performance



Top Ten TPC-C by Price/Performance
Version 5 Results As of 24-Jun-2007 10:35 AM [GMT]

Note 1: The TPC believes it is not valid to compare prices or price/performance of results in different currencies.

All Results Clustered Results Non-Clustered Results Currency: US \$

Rank	Company	System	tpmC	Price/tpmC	Systems Availability	Database	Operating System	TP Monitor	Date Submitted
1		HP ProLiant ML350G5	100,926	.78 US \$	06/08/07	Oracle Database 10g Standard Edition One	Oracle Enterprise Linux	Microsoft COM+	06/08/07
2		PowerEdge 2900/1/2.33GHz/2x4M	69,564	.91 US \$	03/09/07	Microsoft SQL Server 2005 Standard Ed.	Microsoft Windows 2003 Server Std Edt SP1	Microsoft COM+	03/09/07
3		HP ProLiant ML350G5	82,774	.94 US \$	03/27/07	Microsoft SQL Server 2005 x64 Enterprise Edt. SP1	Microsoft Windows 2003 x64 Server Std. Ed.	Microsoft COM+	03/27/07
4		PowerEdge 2900/3.0GHz/4M	65,833	.98 US \$	06/26/06	Microsoft SQL Server 2005 Standard Ed.	Microsoft Windows 2003 Server Std Edt SP1	Microsoft COM+	06/30/06
5		PowerEdge 2800/1/2.8GHz/2+2M	38,622	.99 US \$	11/08/05	Microsoft SQL Server 2005 x64 Std. Ed.	Microsoft Windows 2003 x64 Server Std. Ed.	Microsoft COM+	09/26/05
6		PowerEdge 2800/1/3.6GHz/2M	28,244	1.29 US \$	02/09/06	Microsoft SQL Server 2005 Workgroup Ed.	Microsoft Windows Server 2003 Standard Edition	Microsoft COM+	02/09/06
7		PowerEdge 2900/1/2.66GHz/2x4M	126,371	1.33 US \$	06/08/07	Microsoft SQL Server 2005 x64 Enterprise Edt SP2	Microsoft Windows Server 2003 Enterprise Edition SP1	Microsoft COM+	06/08/07
8		PowerEdge 2800/1/3.4GHz/2M	28,122	1.40 US \$	04/30/05	Microsoft SQL Server 2000 Workgroup Ed.	Microsoft Windows Server 2003 Server	Microsoft COM+	02/24/05
9		PowerEdge 2850/1/3.4GHz/1M	26,410	1.53 US \$	12/10/04	Microsoft SQL Server 2000 Standard Ed.	Microsoft Windows Server 2003 Server	Microsoft COM+	12/10/04
10		HP ProLiant ML350T03 X3.06/533/512K SA641	17,810	1.57 US \$	10/19/04	Microsoft SQL Server 2000 Standard Ed. SP3	Microsoft Windows Server 2003 Standard Edition	Microsoft COM+	10/19/04

TPC-E: Why a new benchmark?



32

- Benchmarks have a life time
 - Good benchmarks drive industry and technology forward
 - At some point, all reasonable advances have been made
 - Benchmarks can become counterproductive by encouraging artificial optimizations
 - So, even good benchmarks become obsolete over time
- TPC-C Specification approved July 23, 1992
 - It became de facto industry standard OLTP benchmark, but...
 - TPC-C is over 14 years old
 - In “dog years” that’s 98
 - In “computer years” it’s basically ancient!

Signs of TPC-C's Age

33

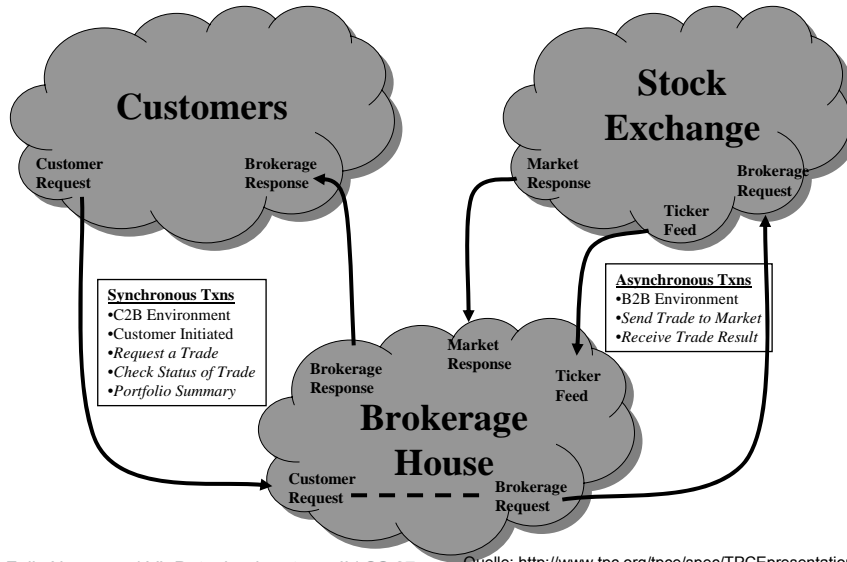
- Transaction profiles never changed
 - Running same workload today as back in 1992
 - Not practical to modify existing workload (breaks comparability)
 - Transactions are too lightweight by today's standards
 - Very good understanding of workload
- Unbalanced system configurations
 - CPU performance grew according to Moore's Law
 - Disk drive latency did not
 - Memory grew disproportional to I/O per system
 - Steady software improvement
 - Larger and larger I/O subsystems needed
 - Increase cost of doing benchmarks
 - Cost paid by test sponsor
- As a result
 - Workload and configuration are less representative to customer environment than when benchmark was first introduced
 - Benchmarks are too expensive
 - Benchmarks take too much time to run and audit
- Need a new benchmark – TPC-E approved February 2007

TPC-E Goals

34

- OLTP Database-centric workload
- Comparability of results
- Familiar business model – easy to understand
- Reduce cost/complexity of running benchmark
- Enhance schema complexity
- Encourage DB uses which is more representative to what customers do
- Address aspects of PDG

35



36

Characteristic	TPC-E	TPC-C
Tables	33	9
Columns	188	92
Min Cols / Table	2	3
Max Cols / Table	24	21
Data Type Count	Many	4
Data Types	UID, CHAR, NUM, DATE, BOOL, LOB	UID, CHAR, NUM, DATE
Primary Keys	33	8
Foreign Keys	50	9
Tables w/ Foreign Keys	27	7
Check Constraints	22	0
Referential Integrity	Yes	No

Überblick

39

- Motivation
- Komponenten eines Benchmarks
- Der TPC-C Benchmark
 - Überblick
 - Anfragen
 - Ergebnisse
- Der TPC-H Benchmark
 - Überblick
 - Anfragen
 - Ergebnisse
- XML Benchmarks



Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

Überblick TPC H

40

- Decision-Support-Anwendungen
 - Entscheidungsunterstützende Systeme
- Anfrage-lastig
- Wenige Updates
- Ad Hoc Anfragen
 - Keine anfragespezifischen Optimierungen
- Skalierung
 - Skalierungsfaktoren: 1 (= 1GB), 10, 30, 100, 300, 1000, 3000, 10000, 30000, 100000
 - 1GB, 10GB, 30GB, 100GB, 300GB, 1000GB, 3000GB, 10000GB, 30000GB, 100.000 GB (=100 TB)
- Wieder: ACID mit Tests

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

Kardinalitäten

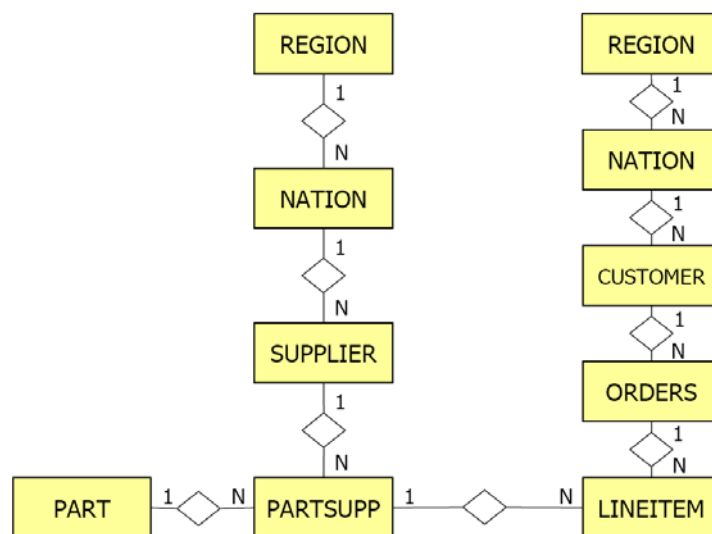
41

Scale Factor (SF)	Kardinalität der LINEITEM Tabelle
1	6.001.215
10	59.986.052
30	179.998.372
100	600.037.902
300	1.799.989.091
1000	5.999.989.709
3000	18.000.048.306
10000	59.999.994.267
30000	179.999.978.268
100000	599.999.969.200 (600 Milliarden)

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

TPC H – Decision support

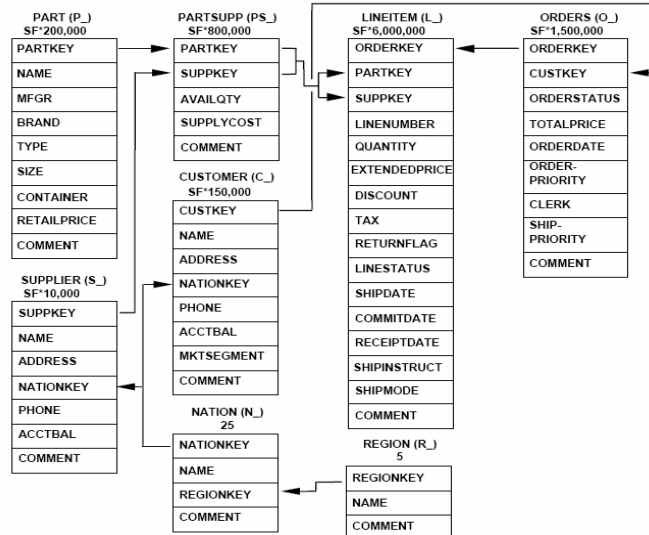
42



Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

TPC H – Decision support

43



Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

Füllgrad bei SF = 1

44

Table Name	Cardinality (in rows)	Length (in bytes) of Typical ² Row	Typical ² Table Size (in MB)
SUPPLIER	10,000	159	2
PART	200,000	155	30
PARTSUPP	800,000	144	110
CUSTOMER	150,000	179	26
ORDERS	1,500,000	104	149
LINEITEM ³	6,001,215	112	641
NATION ¹	25	128	< 1
REGION ¹	5	124	< 1

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

Überblick

45

- Motivation
- Komponenten eines Benchmarks
- Der TPC-C Benchmark
 - Überblick
 - Anfragen
 - Ergebnisse
- Der TPC-H Benchmark
 - Überblick
 - Anfragen
 - Ergebnisse
- XML Benchmarks



TPC H – Decision support

Pricing Summary Report Query (Q1).....	
Minimum Cost Supplier Query (Q2)	
Shipping Priority Query (Q3).....	
Order Priority Checking Query (Q4)	
Local Supplier Volume Query (Q5).....	
Forecasting Revenue Change Query (Q6)	
Volume Shipping Query (Q7).....	Customer Distribution Query (Q13).....
National Market Share Query (Q8)....	Promotion Effect Query (Q14).....
Product Type Profit Measure Query (Q9).....	Top Supplier Query (Q15)
Returned Item Reporting Query (Q10).....	Parts/Supplier Relationship Query (Q16).....
Important Stock Identification Query (Q11).....	Small-Quantity-Order Revenue Query (Q17).....
Shipping Modes and Order Priority Query (Q12).....	Large Volume Customer Query (Q18).....
	Discounted Revenue Query (Q19)
	Potential Part Promotion Query (Q20).....
	Suppliers Who Kept Orders Waiting Query (Q21).....
	Global Sales Opportunity Query (Q22)
	General Requirements for Refresh functions
	New Sales Refresh Function (RF1)
	Old Sales Refresh Function (RF2)

Beispielanfragen

47

- Q1: Pricing Summary report
 - Man erstelle einen aufsummierten Preisbericht über alle Auftragspositionen, die spätestens 90 Tage vor dem 1. Dezember 1998 versandt wurden. Die Ausgabe soll nach RETURNFLAG und LINESTATUS gruppiert und in aufsteigender Reihenfolge nach diesen Attributen sortiert werden. Für jede Gruppe soll die gesamte Menge, der Gesamtpreis, der ermäßigte Gesamtpreis, der ermäßigte Gesamtpreis inklusive Steuern, die durchschnittliche Anzahl, der durchschnittliche Gesamtpreis und der durchschnittliche Nachlass und die Anzahl der Auftragspositionen aufgelistet werden.
- Q2: Minimum Cost Supplier
 - Für jedes Teil aus Messing (engl. brass) mit Größe 15 soll festgestellt werden, welcher Zulieferer in Europa beim nächsten Auftrag ausgewählt werden sollte. Das Kriterium für die Wahl eines Lieferanten sind dabei minimale Lieferkosten. Die Anfrage soll für jeden qualifizierenden Lieferanten den Kontostand, Namen, Land, Teilenummer, Hersteller des Teils, sowie Adresse und Telefonnummer des Lieferanten auflisten.

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

Q5: Local Supplier Volume Query

48

- Für jedes Land in [REGION] sollen die Einnahmen aufgelistet werden, die aus Auftragspositionen resultieren, bei denen die Kunden und die dazugehörigen Lieferanten beide aus dem gleichen Land stammen. Anhand dieser Ergebnisse kann festgestellt werden, ob es sich lohnt, in einem bestimmten Gebiet lokale Verteilungszentren einzurichten. Dabei werden nur Aufträge aus dem Jahr [DATE] berücksichtigt.

```
select n_name, sum(l_extendedprice * (1 - l_discount)) as revenue
from customer, orders, lineitem, supplier, nation, region
where c_custkey = o_custkey
and l_orderkey = o_orderkey
and l_suppkey = s_suppkey
and c_nationkey = s_nationkey
and s_nationkey = n_nationkey
and n_regionkey = r_regionkey
and r_name = '[REGION]',
and o_orderdate >= date '[DATE]',
and o_orderdate < date '[DATE]' + interval '1' year
group by n_name
order by revenue desc;
```

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

Q6: Forecasting Revenue Change

49

- Auszug aus Spezifikation
 - „This query quantifies the amount of revenue increase that would have resulted from eliminating company-wide discounts in a given percentage range in a given year. Asking this type of “what if” query can be used to look for ways to increase revenues.“
- 2.3.1 Business Question
 - The Forecasting Revenue Change Query considers all the lineitems shipped in a given year with discounts between DISCOUNT+0.01 and DISCOUNT-0.01. The query list the amount by which the total revenues would have decreased if these discounts had been eliminated for lineitems with item quantities less than QUANTITY. Note that the potential revenue increase is equal to the sum of (L_EXTENDEDPRISE * L_DISCOUNT) for all lineitems with quantities and discounts in the qualifying range.

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

Q6: Forecasting Revenue Change

50

- Auszug aus Spezifikation
 - „This query quantifies the amount of revenue increase that would have resulted from eliminating company-wide discounts in a given percentage range in a given year. Asking this type of “what if” query can be used to look for ways to increase revenues.“
- 2.3.2 Functional Query Definition
 - ```
SELECT SUM(L_EXTENDEDPRISE*L_DISCOUNT) AS REVENUE FROM LINEITEM
WHERE L_SHIPDATE >= DATE '[DATE]'
```

```
AND L_SHIPDATE < DATE '[DATE]' + INTERVAL '1' YEAR
AND L_DISCOUNT BETWEEN [DISCOUNT] - 0.01 AND [DISCOUNT] + 0.01
AND L_QUANTITY < [QUANTITY]
```
- 2.8.3 Substitution Parameters
  - Values for the following substitution parameters must be generated and used to build the executable query text.
    - 1. DATE is the first of January of a randomly selected year within [1993-1997]
    - 2. DISCOUNT is randomly selected within [0.02 .. 0.09]
    - 3. QUANTITY is randomly selected within [24 .. 25]

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

## Q6: Validierung

51

- Query validation demonstrates the integrity of an implementation
  - Query phrasings are run against 100MB data set
  - Data set must mimic the design of the test data base
  - Answers sets must match those in the specification almost exactly
- If the answer sets don't match, the benchmark is invalid!
- Parameter
  - 1. DATE = 1994-01-01
  - 2. DISCOUNT = 0.06
  - 3. QUANTITY = 24
- Query validation output data: REVENUE = 123141078.23

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

## Metriken – TPC-H Power

52

- Systempreis
  - Hardware, Software und Softwarewartung für fünf Jahre.
- Die TPC-H/R Powermetrik

$$\text{TPC-H Power@Size} = \frac{3600 * SF}{\sqrt[24]{\prod_{i=1}^{i=22} QI(i,0) * \prod_{j=1}^{j=2} RI(j,0)}}$$

- Basiswerte pro Stunde
  - Skaliert mit 3600
- Inverses geometrisches Mittel
  - Einfache Anfragen werden nicht von komplexen Anfragen dominiert

22 Anfragen

2 Updates

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

## Metriken – TPC-H Throughput

53

- Misst Anzahl der erfolgreichen Anfragen in festen Zeitraum

$$\text{TPC-H Throughput@Size} = (S * 22 * 3600) / T_s * SF$$

Anzahl Anfragen

Zeitintervall

- Zusammensetzen  $Q_{phH@Size} = \sqrt{\text{Power @ Size} * \text{Throughput @ Size}}$

## Überblick

54

- Motivation
- Komponenten eines Benchmarks
- Der TPC-C Benchmark
  - Überblick
  - Anfragen
  - Ergebnisse
- Der TPC-H Benchmark
  - Überblick
  - Anfragen
  - Ergebnisse
- XML Benchmarks



## Top Ten TPC-H by Performance – 100GB



55

All Results
  Clustered Results
  Non-Clustered Results
 Currency:

### 100 GB Results

| Rank | Company | System                     | QphH   | Price/QphH  | System Availability | Database                                          | Operating System                                         | Date Submitted |
|------|---------|----------------------------|--------|-------------|---------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------|
| 1    |         | HP ProLiant DL585G2 4P     | 19,323 | 10.67 US \$ | 01/16/07            | Microsoft SQL Server 2005 x64 Enterprise Edt. SP1 | Microsoft Windows Server 2003 Enterprise x64 Edition SP1 | 09/25/06       |
| 2    |         | HP ProLiant ML370G5        | 17,686 | 7.98 US \$  | 04/23/07            | Microsoft SQL Server 2005 x64 Enterprise Edt SP2  | Microsoft Windows Server 2003 Enterprise x64 Edition     | 04/23/07       |
| 3    |         | PowerEdge 6950/2.8GHz/2MB  | 17,179 | 7.64 US \$  | 12/04/06            | Microsoft SQL Server 2005 Enterprise x64 Edition  | Microsoft Windows Server 2003 Enterprise x64 Edition     | 10/23/06       |
| 4    |         | HP ProLiant DL580G4 4P     | 17,120 | 7.91 US \$  | 11/22/06            | Microsoft SQL Server 2005 x64 Enterprise Edt. SP1 | Microsoft Windows Server 2003 Enterprise x64 Edition SP1 | 09/05/06       |
| 5    |         | PowerEdge 6800/3.4GHz/16MB | 16,320 | 13.40 US \$ | 08/28/06            | Microsoft SQL Server 2005 Enterprise Edt (x64)    | Microsoft Windows Server 2003 Enterprise x64 Edition     | 08/01/06       |
| 6    |         | PowerEdge 2900/2.66GHz/8MB | 15,723 | 7.45 US \$  | 12/31/06            | Microsoft SQL Server 2005 x64 Enterprise Edt. SP1 | Microsoft Windows Server 2003 Enterprise x64 Edition SP1 | 11/27/06       |
| 7    |         | PowerEdge 6950/2.8GHz/2MB  | 14,923 | 5.66 US \$  | 12/04/06            | Microsoft SQL Server 2005 Enterprise x64 Edition  | Microsoft Windows Server 2003 Enterprise x64 Edition     | 10/23/06       |
| 8    |         | HP ProLiant ML570G4 4P     | 14,242 | 10.88 US \$ | 11/22/06            | Microsoft SQL Server 2005 Enterprise x64 Edition  | Microsoft Windows Server 2003 Enterprise x64 Edition SP1 | 05/22/06       |
| 9    |         | HP ProLiant DL585 G1 4P    | 12,600 | 7.67 US \$  | 11/07/05            | Microsoft SQL Server 2005 Enterprise x64 Edition  | Microsoft Windows Server 2003 Enterprise x64 Edition     | 11/04/05       |
| 10   |         | IBM eServer 325            | 12,216 | 70.68 US \$ | 11/08/03            | IBM DB2 UDB 8.1                                   | Suse Linux Enterprise Server 8                           | 07/29/03       |

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

## Top Ten TPC-H by Performance – 1000GB



### 1,000 GB Results

| Rank | Company | System                                            | QphH   | Price/QphH   | System Availability | Database                                             | Operating System                                         | Date Submitted |
|------|---------|---------------------------------------------------|--------|--------------|---------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------|
| 1    |         | HP Integrity Superdome                            | 69,999 | 28.69 US \$  | 06/18/07            | Microsoft SQL Server 2005 Enterprise Edt Itanium SP2 | Microsoft Windows Server 2003 Datacenter Ed. (64-bit)SP1 | 06/18/07       |
| 2    |         | HP Integrity Superdome - Itanium2/1.6 GHz-64p/64c | 68,100 | 59.00 US \$  | 01/18/06            | Oracle Database 10g R2 Enterprise Edt w/Partitioning | HP UX 11.i V2 64 bit                                     | 08/08/05       |
| 3    |         | PANTA Systems PANTAmatrix                         | 59,353 | 24.94 US \$  | 04/15/07            | Oracle Database 10g release2 Enterprise Edt          | Red Hat Enterprise Linux 4 AS                            | 10/23/06       |
| 4    |         | IBM eServer xSeries 346                           | 53,451 | 32.80 US \$  | 02/14/05            | IBM DB2 UDB 8.2                                      | SUSE LINUX Enterprise Server 9                           | 02/14/05       |
| 5    |         | HP ProLiant DL585 Cluster 48P                     | 35,141 | 59.93 US \$  | 10/21/04            | Oracle 10g RAC with Partitioning                     | Red Hat Enterprise Linux AS 3                            | 10/22/04       |
| 6    |         | NovaScale 6320                                    | 34,987 | 38.41 US \$  | 02/02/06            | Oracle Database 10g release2 Enterprise Edt          | SUSE LINUX SLES9 SP2 for IPF                             | 02/02/06       |
| 7    |         | PRIMEPOWER 2500                                   | 34,492 | 155.99 Euros | 03/08/04            | Oracle Database 10g Enterprise Edition               | Sun Solaris 9                                            | 09/08/03       |
| ***  |         | PRIMEPOWER 2500                                   | 34,492 | 140.96 US \$ | 03/08/04            | Oracle Database 10g Enterprise Edition               | Sun Solaris 9                                            | 11/13/03       |
| 8    |         | HP Integrity rx8640 - Itanium2/1.6 GHz-16p/32c    | 33,488 | 27.00 US \$  | 10/01/06            | Microsoft SQL Server 2005 Enterprise Itanium Ed.     | Microsoft Windows Server 2003 Datacenter Itanium Ed SP1  | 07/18/06       |
| 9    |         | HP Integrity rx8640 - Itanium2/1.6 GHz-8p/16c     | 27,143 | 36.00 US \$  | 01/01/07            | Oracle Database 10g R2 Enterprise Edt w/Partitioning | HP UX 11.i V2 64 bit                                     | 08/04/06       |
| 10   |         | IBM eServer p5 570 with DB2 UDB                   | 26,156 | 53.43 US \$  | 12/15/04            | IBM DB2 UDB 8.2                                      | IBM AIX 5L V5.3                                          | 09/15/04       |

## Top Ten TPC-H by Performance – 10.000 und 30.000 GB



57

### 10,000 GB Results

| Rank | Company | System                                             | QphH    | Price/QphH   | System Availability | Database                                             | Operating System           | Date Submitted |
|------|---------|----------------------------------------------------|---------|--------------|---------------------|------------------------------------------------------|----------------------------|----------------|
| 1    |         | IBM System p5 575 with DB2 UDB 8.2                 | 180,108 | 47.00 US \$  | 08/30/06            | IBM DB2 UDB 8.2                                      | IBM AIX 5L V5.3            | 07/14/06       |
| 2    |         | HP Integrity Superdome-DC Itanium2/1.6GHz/64p/128c | 171,380 | 32.91 US \$  | 04/01/07            | Oracle Database 10g R2 Enterprise Edt w/Partitioning | HP-UX 11i v3 64 bit        | 11/30/06       |
| 3    |         | Sun Fire[TM] E25K server                           | 108,099 | 53.80 US \$  | 01/23/06            | Oracle 10g Enterprise Ed R2 w/ Partitioning          | Sun Solaris 10             | 11/29/05       |
| 4    |         | HP Integrity Superdome - Itanium2/1.5 GHz-128p/128 | 86,282  | 161.24 US \$ | 04/06/05            | Oracle Database 10g Enterprise Edition               | HP UX 11.i V2 64 bit       | 10/07/04       |
| 5    |         | HP Integrity Superdome - Itanium2/1.5 GHz-64p/64c  | 49,104  | 118.13 US \$ | 03/25/04            | Oracle Database 10g Enterprise Edition               | HP UX 11.i, 64-bit Base OS | 01/05/04       |

### 30,000 GB Results

| Rank | Company | System                                             | QphH    | Price/QphH  | System Availability | Database                                    | Operating System    | Date Submitted |
|------|---------|----------------------------------------------------|---------|-------------|---------------------|---------------------------------------------|---------------------|----------------|
| 1    |         | HP Integrity Superdome - Itanium2/1.6 GHz/10MB IL3 | 150,960 | 46.69 US \$ | 06/18/07            | Oracle Database 10g release2 Enterprise Edt | HP-UX 11i v3 64 bit | 06/18/07       |

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

## Top Ten TPC-H by Price/Performance – 100GB



58

### 100 GB Results











| Rank | Company | System                                           | QphH   | Price/QphH | System Availability | Database                                          | Operating System                                         | Date Submitted |
|------|---------|--------------------------------------------------|--------|------------|---------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------|
| 1    |         | SunFire X4100                                    | 4,132  | 4.61 US \$ | 06/23/06            | Sun Sybase IQ 12.6 Single                         | Sun Solaris 10                                           | 06/23/06       |
| 2    |         | SunFire X4200 M2                                 | 8,587  | 5.29 US \$ | 05/25/07            | Sybase IQ 12.6 SAS                                | Sun Solaris 10                                           | 05/25/07       |
| 3    |         | PowerEdge 6950/2.8GHz/2MB                        | 14,923 | 5.66 US \$ | 12/04/06            | Microsoft SQL Server 2005 Enterprise x64 Edition  | Microsoft Windows Server 2003 Enterprise x64 Edition     | 10/23/06       |
| 4    |         | PowerEdge 6800/3.0GHz/2x2MB                      | 9,202  | 7.40 US \$ | 05/18/06            | Microsoft SQL Server 2005 Enterprise x64 Edition  | Microsoft Windows Server 2003 Enterprise x64 Edition     | 05/18/06       |
| 5    |         | PowerEdge 2900/2.66GHz/8MB                       | 15,723 | 7.45 US \$ | 12/31/06            | Microsoft SQL Server 2005 x64 Enterprise Edt. SP1 | Microsoft Windows Server 2003 Enterprise x64 Edition SP1 | 11/27/06       |
| 6    |         | PowerEdge 6950/2.8GHz/2MB                        | 17,179 | 7.64 US \$ | 12/04/06            | Microsoft SQL Server 2005 Enterprise x64 Edition  | Microsoft Windows Server 2003 Enterprise x64 Edition     | 10/23/06       |
| 7    |         | HP ProLiant DL585 G1 4P                          | 12,600 | 7.67 US \$ | 11/07/05            | Microsoft SQL Server 2005 Enterprise x64 Edition  | Microsoft Windows Server 2003 Enterprise x64 Edition     | 11/04/05       |
| 8    |         | HP ProLiant DL580G4 4P                           | 17,120 | 7.91 US \$ | 11/22/06            | Microsoft SQL Server 2005 x64 Enterprise Edt. SP1 | Microsoft Windows Server 2003 Enterprise x64 Edition SP1 | 09/05/06       |
| 9    |         | HP ProLiant ML370G5                              | 17,686 | 7.98 US \$ | 04/23/07            | Microsoft SQL Server 2005 x64 Enterprise Edt SP2  | Microsoft Windows Server 2003 Enterprise x64 Edition     | 04/23/07       |
| 10   |         | PowerEdge 6800/32G/3.0GHz/2+2MB with MS SQL 2005 | 8,793  | 8.17 US \$ | 01/12/06            | Microsoft SQL Server 2005 Enterprise Edt (x64)    | Microsoft Windows Server 2003 Enterprise x64 Edition     | 01/12/06       |

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

## Top Ten TPC-H by Price/Performance – 1000GB

59

### 1,000 GB Results

| Rank | Company                                                                           | System                                         | QphH   | Price/QphH  | System Availability | Database                                             | Operating System                                        | Date Submitted |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------|-------------|---------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------|
| 1    |  | HP ProLiant DL585 G2                           | 14,772 | 9.73 US \$  | 04/25/07            | Microsoft SQL Server 2005 Enterprise Edition 64bit   | Microsoft Windows Server 2003 Enterprise x64 Edition    | 04/25/07       |
| 2    |  | NovaScale 3045                                 | 12,087 | 12.56 US \$ | 03/06/07            | Microsoft SQL Server 2005 Enterprise IA64 Edt SP1    | Microsoft Windows Server 2003 Enterprise IA64 Edt. SP1  | 03/06/07       |
| 3    |  | HP ProLiant DL585G1                            | 10,493 | 13.85 US \$ | 03/02/06            | Microsoft SQL Server 2005 Enterprise x64 Edition     | Microsoft Windows Server 2003 Enterprise x64 Edition    | 03/02/06       |
| 4    |  | PANTA Systems PANTAmatrix                      | 59,353 | 24.94 US \$ | 04/15/07            | Oracle Database 10g release2 Enterprise Editi        | Red Hat Enterprise Linux 4 AS                           | 10/23/06       |
| 5    |  | NovaScale 5160                                 | 17,059 | 25.48 US \$ | 05/08/06            | Microsoft SQL Server 2005 Enterprise Edition 64bit   | Microsoft Windows Server 2003 Datacenter Edition        | 11/04/05       |
| 6    |  | HP Integrity rx8640 – Itanium2/1.6 GHz-16p/32c | 33,488 | 27.00 US \$ | 10/01/06            | Microsoft SQL Server 2005 Enterprise Itanium Ed.     | Microsoft Windows Server 2003 Datacenter Itanium Ed SP1 | 07/18/06       |
| 7    |  | HP Integrity Superdome                         | 69,999 | 28.69 US \$ | 06/18/07            | Microsoft SQL Server 2005 Enterprise Edt Itanium SP2 | Microsoft Windows Server 2003 Datacenter Ed.(64-bit)SP1 | 06/18/07       |
| 8    |  | SunFire V490                                   | 4,367  | 31.17 US \$ | 01/05/06            | Sybase Sybase IQ 12.5                                | Sun Solaris 10                                          | 01/05/06       |
| 9    |  | NovaScale 5160                                 | 13,769 | 32.29 US \$ | 12/07/05            | Microsoft SQL Server 2005 Enterprise Edition 64bit   | Microsoft Windows Server 2003 Datacenter Edition        | 07/05/05       |
| 10   |  | IBM eServer xSeries 346                        | 53,451 | 32.80 US \$ | 02/14/05            | IBM DB2 UDB 8.2                                      | SUSE LINUX Enterprise Server 9                          | 02/14/05       |

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

## Überblick

60

- Motivation
- Komponenten eines Benchmarks
- Der TPC-C Benchmark
  - Überblick
  - Anfragen
  - Ergebnisse
- Der TPC-H Benchmark
  - Überblick
  - Anfragen
  - Ergebnisse
- XML Benchmarks



Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

## XMach-1

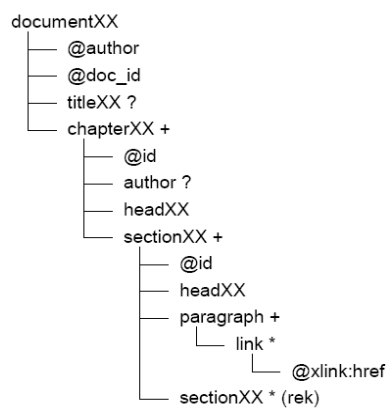
61

- <http://dbs.uni-leipzig.de/en/projekte/XML/XmIBenchmarking.html>
- Spezifikation: <http://dbs.uni-leipzig.de/en/projekte/XML/paper/XMach-1.html>
- Universität Leipzig
  - Timo Böhme und Erhard Rahm
- Domäne
  - Webanwendung zur Verwaltung textorientierter Dokumente
  - Metadaten in einem strukturierten Dokument

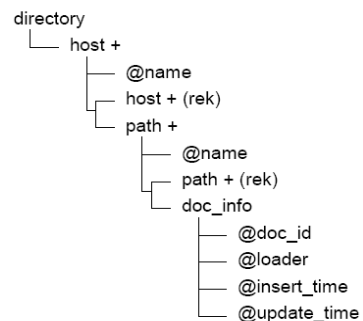
## XMach-1 – Daten

62

### Textdokumente



### Metadaten



## XMach-1 – Daten

63

- Synthetische Daten mittels Datengenerator
  - 10.000 Englische Wörter, linguistisch verteilt
  - Dokumente: 2 – 100 kB
  - Flache und tiefe Dokumente
- Metadaten abgeleitet aus Daten
  - ca. 160 Byte pro Dokument
- Besonderheiten
  - Unbegrenzte Vielzahl an Tagnamen
  - Viele Schemata mit je 20 Dokumenten

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

## XMach-1 – Anfragen

64

- 8 Anfragen
  - Ausgabe ganzer Dokumente
  - Textsuche
  - Sortierung
  - usw.
  - Jeweils auch als XQuery
    - [http://dbs.uni-leipzig.de/en/projekte/XML/XMach-1\\_queries.html](http://dbs.uni-leipzig.de/en/projekte/XML/XMach-1_queries.html)
- 3 Updates
  - Insert, Delete, Update
- Anfragemix
  - Domänenspezifisch durch Gewichtung der Anfragen

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07



| ID | Description                                                                                                           | Comment                                                                   |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Q1 | Get document with URL X.                                                                                              | Reconstruction of complex structured document with ordering preserved.    |
| Q2 | Get doc_id from documents containing phrase X in a paragraph element.                                                 | Tests full-text retrieval capabilities.                                   |
| Q3 | Start with first chapter element and recursively follow first section element. Return last section elements.          | Simulates navigating a document tree using sequential operators.          |
| Q4 | For a document with doc_id X return flat list of head elements which are children of section elements.                | Restructuring operation simulating creation of a table of contents.       |
| Q5 | Get document name (last path element in directory structure) from all documents which are below a given URL fragment. | Operation on structured unordered data.                                   |
| Q6 | Get doc_id and id of parent element of author element with content X.                                                 | Selection using element content.                                          |
| Q7 | Get doc_id from documents which are referenced at least X times.                                                      | Tests group by and count functionality.                                   |
| Q8 | Get doc_id from the last X updated documents having an author attribute                                               | Needs count, sort, join and existential operations and accesses metadata. |
| M1 | Insert new document.                                                                                                  | Tests insert performance for complex document with activated indices.     |
| M2 | Delete document with doc_id X.                                                                                        | Tests deletion performance for complex document with activated indices.   |
| M3 | Update name and update_time attributes for document with doc_id X.                                                    | Tests efficiency of update operations on attribute values.                |

## XMach-1 – Metrik

66

- Xqps
  - Durchsatz, nicht Antwortzeit
    - Mehrnutzerbetrieb im Vordergrund
  - XML queries per second = Anzahl der Q1 Anfragen (im Mix)
- Zwei Varianten: Schemalos und Schema-unterstützt
- Maximale Antwortzeit
  - 90% der Anfragen in höchstens 20 Sekunden
  - => Keine Optimierung durch Maximierung der Client-Anzahl
- „Denkzeiten“ nach jeder Anfragen
  - 1 – 10 Sek.
  - => Keine Optimierung durch Minimierung der Client-Anzahl

## XMark

67

- <http://www.xml-benchmark.org/>
  - = <http://monetdb.cwi.nl/xml/index.html>
- CWI Amsterdam
  - Centrum voor Wiskunde en Informatica
  - Busse, Carey, Florescu, Kersten, Manolescu, Schmidt und Waas
- Domäne
  - Internet Auktionsportal
  - Hauptsächlich Datenorientiert
  - Objektbeschreibungen

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

## X007

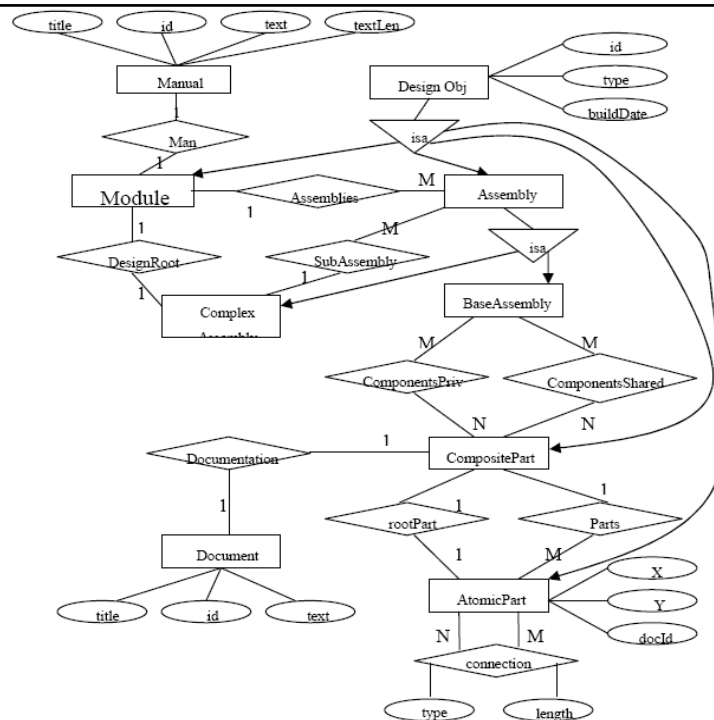
68

- <http://www.comp.nus.edu.sg/~ebh/X007.html>
- NSU: National University of Singapore
  - Bressan, Dobbie, Lacroix, Lee, Li, Nambiar, und Wadhwa
- Basiert auf 007
  - Benchmark zur Evaluation objekt-orientierter DBMS
- Domäne
  - Völlig generisch
  - „Module“ und „Submodule“
  - Datenorientiert
  - Etwas Dokumentorientierung durch „Beschreibungen“

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

## X007 – Daten

69



Felix Naumann | V

## Michigan



70

- <http://www.eecs.umich.edu/db/mbench/>
  - Download nach Email-Anmeldung
- University of Michigan
  - Kanda Runapongsa, Jignesh M. Patel, und H.V. Jagadish
- Inspiriert durch Wisconsin Benchmark
- „Micro-Benchmark“
  - Keine Simulation einer Anwendung
  - Testen einzelner Anfrageaspekte
    - Micro
  - Domäne: Generisch

Felix Naumann | VL Datenbanksysteme II | SS 07

## XBench

71

- <http://db.uwaterloo.ca/~ddbms/projects/xbench/index.html>
- University of Waterloo, Kanada mit IBM Toronto
  - Benjamin Bin Yao, M. Tamer Özsu, und John Keenleyside
- Domäne
  - Alle Varianten
  - „family of benchmarks“
- Download nach Registrierung

## Vergleich der XML Benchmarks [RV03]

72

|                | <b>XMach-1</b>               | <b>XMark</b>             | <b>X007</b>              | <b>Michigan</b>               | <b>XBench</b>     |
|----------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------|
| Domäne         | Gemischt, Betonung Dokumente | Gemischt, Betonung Daten | Gemischt, Betonung Daten | Gemischt, Betonung Daten      | 4 Varianten       |
| Scope          | DBMS                         | Anfrageprozessor         | Anfrageprozessor         | Anfrageprozessor              | Anfrageprozess or |
| # Benutzer     | Mehrbenutzer                 | 1                        | 1                        | 1                             | 1                 |
| # Rechner      | ≥ 1                          | 1                        | 1                        | 1                             | 1                 |
| # Schemata     | # Dok. / 20                  | 1                        | 1                        | 1                             | 4                 |
| # Dokumente    | 10 <sup>n</sup>              | 1                        | 1                        | 1                             | 1 - 800k          |
| Datenmenge     | 16kb * 10 <sup>n</sup>       | 10MB-10GB                | 4MB-1GB                  | 728k Knoten * 10 <sup>n</sup> | 10MB – 10GB       |
| # Anfragen     | 8                            | 20                       | 18                       | 45                            | 20                |
| #Änderungs-Ops | 3                            | 0                        | 0                        | 7                             | 0                 |

- Motivation
- Komponenten eines Benchmarks
- Der TPC-C Benchmark
  - Überblick
  - Anfragen
  - Ergebnisse
- Der TPC-H Benchmark
  - Überblick
  - Anfragen
  - Ergebnisse
- XML Benchmarks

