□ 기술해설 □

제품 기술 동향

데이타 웨어하우스 시스템에 대한 벤치마크 결과의 분석

현대전자 전용석*·서상구·위영철

1. 서 론

데이타 웨어하우징(data warehousing)은 기업의 의사 결정 과정을 지원하기 위해 비즈니스에서 발생한 데이타들과 외부 데이타들을 주제별로 통합 및 축적하여 별도의 프로그래밍 작업을 통하지 않고 즉시 여러 각도에서의 분석들이 가능하도록 데이타 웨어하우스(data warehouse)를 구축하는 일련의 절차로 정의된다. 이러한 데이타 웨어하우스는 기존의 운영 시스템(operational system)들과 몇 가지 측면에서 구별이 된다[1, 5]. 첫째, 운영 시스템들에서는 생산, 주문, 구매 등의 트랜잭션(transaction) 중심으로 구성되었던 데이타들이 데이타 웨어하우스에서는 제품, 고객, 판촉 등의 주제(subject) 중심으로 재구성된다. 둘째, 운영 시스템들은 각기 해당 업무에 관련된 작업들을 처리하므로 관련된 데이타들만 유지하는 반면에, 데이타 웨어하우스는 전사적인 측면에서의 분석 작업들이 가능하도록 운영 시스템들에 흩어져 있던 데이타들을 통합하여 유지한다. 셋째, 운영 시스템들에서는 비교적 최근의 데이타들만이 필요하므로, 대부분 일정 시점마다 더 이상 필요하지 않은 과거 데이타들을 삭제시키는 작업이 수행된다. 반면에, 데이타 웨어하우스에서는 전략적인 의사 결정 등을 지원하기 위해 최소한 2년 이상의 시계열 데이타(historical data)들이 유지될 필요가 있다. 넷째, 보다 나은 의사 결정 지원을 위해서는 데이타 웨어하우스에는 비즈니스에서 발생한 데이타들뿐만 아니라 인구 통계, 신용 정보 등의 외부 데이타(external data)들도 유지되어야 한다.

그러므로, 특정 주제나 업무에 필요한 데이타들을 운영 시스템들에서 추출하여 재구성한 데이타 마트(data mart)와는 달리, 데이타 웨어하우스는 본질적으로 대용량의 데이타들을 효율적으로 처리할 수 있어야 하며 또한 계속적인 데이타 증가에도 효과적으로 대처할 수 있어야 한다. 실제로, 미국 유통 회사인 Wal-Mart나 미국 통신 회사인 MCI 등과 같이 1TB (1terabytes = 1,000gigabytes = 1.000.000 megabytes) 이상의 규모를 가지는 데이타 웨어하우스를 운영하는 사례들이 많이 있다[4, 6]. 또한, 세계적인 컨설팅 그룹인 Gartner Group은 데이타 웨어하우스의 크기는 계속적으로 매년 2배씩 증가된다고 보고하고 있다. 따라서, 데이타 웨어하우스 구축의 성공은 대용량의 데이타들을 효율적으로 처리할 수 있고 또한 선형적인 확장성(scalability)을 보장하는 데이타베이스 관리 시스템(DataBase Management System, DBMS)과 이를 뒷받침할 수 있는 하드웨어의 지원에 절대적으로 기인한다. 따라서, 효율적인 대용량 데이타 처리와 선형적인 확장 가능성을 모두 만족시키는 병렬 DBMS(parallel DBMS)들과 SMP(Symmetric MultiProcessor), MPP(Massively Parallel Processor) 등의 병렬 컴퓨터(parallel computer) 시스템들을 기반으로 대부분의 데이타 웨어하우스들이 구축되고 있다. 그러나, 이러한 병렬 DBMS들이나 병렬 컴퓨터 시스템들에는 많은 투자 비용이 요구되므로, 데이타 웨어하

* 정회원

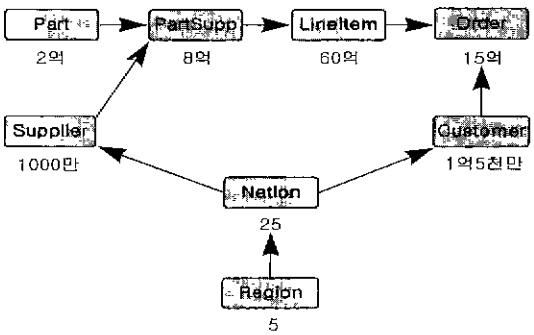
우스를 구축하는 초기에 향후의 데이타 웨어하우스의 크기를 올바르게 산정하고 그에 적합한 병렬 DBMS와 병렬 컴퓨터 시스템을 선정하는 것이 매우 중요하다.

세계적인 벤치마킹 조직인 TPC(Transaction Processing Performance Council)는 데이타 웨어하우스를 위한 병렬 DBMS들과 병렬 컴퓨터 시스템들의 성능을 비교하기 위해 데이타 웨어하우스와 의사 결정 지원 시스템(decision support system)에 대한 벤치마크 테스트(benchmark test)인 TPC-D를 수행하고 있으며, 그 결과를 주기적으로 발표하고 있다[7]. 이 TPC-D 결과는 데이타 웨어하우스 시스템을 구축하려는 기업들의 병렬 DBMS와 병렬 컴퓨터 시스템의 선택에 중요한 기준이 되고 있다[6]. 본 논문에서는 이러한 TPC-D 테스트의 결과를 분석하여 데이타 웨어하우스의 중요한 구성 요소인 병렬 DBMS와 병렬 컴퓨터 시스템에 대한 적절한 선택 기준을 제시하고자 한다.

2. TPC-D의 개요

TPC는 트랜잭션 처리와 데이타베이스의 벤치마킹 방법론을 제안하고, 이 방법론에 따른 객관적이고 믿을만한 테스트 결과를 기업에 알리기 위해 구성된 비영리 조직이다[7]. TPC는 1989년부터 TPC-A, TPC-B, TPC-C, TPC-D 등의 벤치마크 테스트의 결과들을 계속해서 발표하고 있다. 특히, TPC-C는 기업의 주요 업무들 중의 하나인 트랜잭션 처리에 관련된 시스템의 처리 능력을 테스트하는 벤치마크이다. TPC-C와는 달리, TPC-D는 대량의 복잡한 데이타들에 대한 복잡하고 긴 질의(query)들을 필요로 하는 데이타 웨어하우스 시스템과 의사 결정 지원 시스템의 처리 능력을 테스트하는 벤치마크이다.

벤치마크 테스트를 위한 데이타 웨어하우스의 스키마(schema)는 부품들을 구입하여 고객들에게 판매하는 중개상들을 모델로 하여 Part, Supplier, PartSupp, Customer, Nation, LineItem, Region, Order 등의 8개의 기본 테이블(table)들과 선택 사항인 Time 테이블로 구성된다. 이 데이타 웨어하우스는 미리 정의된 DBGEN 프로그램을 통해 생성되며, 데이타 웨어하우스의 크기는 이 프로그램에 주어지는 Scale Factor 값에 의해 결정된다. Scale Factor 값은 1, 10, 30, 100, 300, 1,000, 3,000, 10,000중의 하나이며, 이 값의 단위는 GB(gigabytes)이다. 따라서, 데이타 웨어하우스의 크기는 1GB, 10GB, 30GB, 100GB, 300GB, 1TB, 3TB, 10TB 중의 하나이다. 기본 테이블들 중에서 Nation 테이블과 Region 테이블을 제외한 나머지 테이블들의 크기는 데이타 웨어하우스의 크기에 비례하여 선형적으로 변한다. 특히, Order 테이블과 LineItem 테이블이 전체 데이타베이스의 85%를 차지한다. 그림 1은 1TB인 데이타 웨어하우스에서의 테이블들의 관계와 크기를 보여준다.



Scale Factor가 1000인 경우의 테이블당 레코드의 수

그림 1 TPC-D 스키마

TPC-D 벤치마크 테스트는 생성된 데이타 웨어하우스에 대해 17개의 질의들과 2개의 갱신 작업(update function)들을 수행하는 것으로 진행된다. 이러한 질의들은 의사 결정 지원 시스템에서 주로 처리되는 질의들의 특징들을 반영하여 만들어졌다. 즉, 이들은 조인(join), 정렬(sort), 집단화(aggregate), 순차 검색(sequential search) 등의 다양한 연산들이 관여되는 복잡한 질의(complex query)들이고, 미리 예상할 수 없는 비정형 질의(ad-hoc query)들이다. 또한, 갱신 작업들은 임의의 레코드의 값을 변경하는 것이 아니라 운영 시스템에서 추출된 데이타들을 데이타 웨어하우스에 반영하거나 기존의 데이타 웨어하우스에 있

는 데이타들을 삭제하는 작업을 수행한다. TPC-D는 이러한 질의들을 모두 SQL-92 언어로 명세하고 있으며, 17개의 질의들을 Q_1부터 Q_{17}로 표현하며, 2개의 갱신 작업들을 U_1과 U_2로 표현한다. 여기서, (U_1, Q_1, …, Q_{17}, U_2)의 순서로 하나의 질의나 작업이 종료된 후에 다음 질의나 작업을 수행하는 것을 질의열(query stream)이라고 한다.

TPC-D 벤치마크 결과는 Power(QppD@Size), Throughput(QthD@Size), Price/Performance($/QphD@Size) 등의 값들로 표현된다. Power는 한명의 사용자가 시스템을 독점하는 환경에서 하나의 질의열을 수행한 결과를 가지고 계산된다. 결국, Power는 시스템이 한시간 동안 차례대로 수행할 수 있는 질의들의 수를 나타내므로, Power가 높을수록 해당 시스템의 성능이 좋다고 할 수 있다. 이 Power는 다음과 같이 계산된다.

$$QppD@Size = \frac{3600}{\sqrt[24]{QI(1,0)*QI(2,0)*\ldots*QI(17,0)*UI(1,0)*UI(2,0)}} * SF$$

여기서, QI(i,0)는 질의 Q_i의 수행 시간, UI(j, 0)는 갱신 질의 U_j의 수행 시간, Size는 데이타 웨어하우스의 크기, SF는 Scale Factor이다. 따라서, 분수의 아래는 초 단위로 측정되는 질의들의 수행 시간들에 대한 기하 평균(geometry mean)인데, 3600을 이 값으로 나누어 시간 단위로 환산한다.

Throughput은 다중 사용자 환경에서 여러 개의 질의열들을 동시에 수행한 결과를 가지고 계산된다. 결국, Throughput은 시스템이 한 시간 동안 동시에 수행할 수 있는 질의들의 수를 나타내므로, Throughput이 높을수록 해당 시스템의 성능이 좋다고 할 수 있다. 이 Throughput은 다음과 같이 계산된다.

$$QthD@Size = \frac{S*17*3600}{Ts} * SF$$

여기서, T_s는 초 단위의 총 수행 시간이며, S는 동시에 수행된 질의열들의 개수이고, S * 17은 수행된 질의들의 총 개수이다. 따라서, S * 17을 T_s로 나눈 값은 질의들의 수행 시간에 대한 산술 평균(arithmetic mean)인데, 3600을 이 값으로 나누어 시간 단위로 환산한다.

Price/Performance는 시스템 구성을 위해 요구되는 총 투자 비용을 Power와 Throughput의 기하 평균인 QphD@Size로 나눈 값으로, Price/Performance가 낮을수록 해당 시스템의 가격대비 성능이 좋다고 할 수 있다. QphD@Size와 Price/Performance인 $/QphD@Size는 다음과 같이 계산된다.

$$QphD@Size = \sqrt{QppD@Size * QthD@Size}$$

$$\$/QphD@Size = \frac{총투자비용}{QphD@Size}$$

3. TPC-D의 최신 결과 및 분석

TPC-D의 최신 결과와 자세한 내용은 TPC의 홈 페이지(home page)인 http://www.tpc.org에서 볼 수 있다. 표 1은 Scale Factor가 100, 300, 1000인 경우에서의 TPC-D 벤치마크 테스트 결과를 보여 준다. 이 결과는 1997년 3월 7일에 발표된 것이다.

먼저, 표 1의 첫번째 열은 벤치마크에 사용된 하드웨어와 데이타베이스를 보여준다. 본 논문에서는 하드웨어 업체와 데이타베이스 이름만을 간략하게 명세하지만, 사용된 하드웨어 시스템과 데이타베이스의 버전과 내역은 TPC의 홈 페이지에서 볼 수 있다[8]. 또한, 마지막 열은 해당 시스템에 대한 벤치마크 테스트 수행 일자를 보여준다. 시스템 업체들은 새로운 시스템을 개발하거나 기존 시스템의 성능을 향상시킨 후에 해당 시스템에 대한 벤치마크 테스트를 수행할 수 있다. 그리고, 두 번째 열부터 네 번째 열까지는 벤치마크 테스트 결과의 핵심인 Power, Throughput, Price/Performance를 차례대로 보여준다. 예를 들어, 데이타베이스의 크기가 100GB인 경우에서는 Power와 Throughput은 N 시스템이, Price/Performance는 D 시스템이 가장 우수한 결과를 나타냄을 볼 수 있다. 표 1의 나머지 열들에 대해서는 본 장의 끝에서 설명된다.

그런데, 앞에서 언급한 바와 같이, 데이타 웨어하우스는 대용량 데이타에 대한 신속한 처리 능력과 계속적인 데이타 증가에 대비한 확장 능력이 투자 보호 측면에서 매우 중요하다. 먼저, 대용량 처리 능력의 측면을 살펴보자. 300GB의 데이타 웨어하우스에 대해서는 O 데

표 1 TPC-D 벤치마크 결과(Source : TPC, 1997년 3월 7일)

데이타베이스의 크기가 100GB인 경우의 테스트 결과

시스템/DBMS	QppD	QthD	$/QphD	S	V	R	Date
N/T	1441	1150	$13.1K	3	0	8.80	96. 9
D/O	973	506	$ 1.9K	1	6	3.60	96. 11
I/D	755	384	$ 6.9K	1	6	3.80	96. 11
S_1/O	626	352	$ 4.5K	1	6	5.90	96. 4
T/N	392	214	$12.3K	1	1	2.90	96. 4

데이타베이스의 크기가 300GB인 경우의 테스트 결과

시스템/DBMS	QppD	QthD	$/QphD	S	V	R	Date
S_2/O	1788	1122	$ 3.56K	1	6	4.67	97. 1
N/T	1501	1028	$13.5 K	3	0	2.90	96. 6
I/O	1360	916	$11.9 K	1	6	6.60	96. 11
P/O	1169	749	$10.2 K	1	6	5.10	96. 9
S_3/O	1006	588	$ 3.45K	1	6	5.63	97. 1

데이타베이스의 크기가 1TB인 경우의 테스트 결과

시스템/DBMS	QppD	QthD	$/QphD	S	V	R	Date
N/T	1879	1152	$12.6K	3	0	3.30	96. 9

이타베이스와 T 데이타베이스를 제외한 나머지 데이타베이스들은 TPC-D 벤치마크 테스트를 완료하지 못하였음을 알 수 있다. O 데이타베이스는 300GB의 데이타 웨어하우스에 대해서는 처리가 가능하지만 그 이상의 데이타 웨어하우스에 대해서는 효율적인 처리가 아직까지 힘들다는 것을 알 수 있다. 반면에, T 데이타베이스만이 1TB의 데이타 웨어하우스에 대해서 TPC-D 벤치마크 테스트를 성공적으로 완료한 것을 알 수 있다. 두번째로 확장 능력의 측면을 살펴보자. 예를 들어, T 데이타베이스에 대한 Throughput 테스트의 총 수행 시간이 100GB에서는 15960초이고 1TB에서는 159387초이다[8]. 그러므로, T 데이타베이스에서는 데이타 웨어하우스의 크기가 10배 증가하는 경우에 수행 시간도 10배 증가하는 것을 볼 수 있다. 따라서, 이 시스템의 QthD@100GB는 1150이고 QthD@1TB는 1152로 거의 동일하다. 결국, T 데이타베이스는 계속적인 데이타 증가에 대처할 수 있는 선형적인 확장성을 보유하고 있다고 할 수 있다.

또한, TPC-D 벤치마크 결과를 분석할 때에 핵심적인 결과 값들뿐만 아니라 다음의 사항들도 함께 고려되어야 한다.

- TPC-D 벤치마크에서는 Throughput을 테스트하기 위해 하나 이상의 질의열을 수행하도록 규정하고 있다. 하나의 질의열은 한 명의 사용자와 동일하게 볼 수 있다. 표 1의 다섯번째 열인 S는 Throughput을 테스트하기 위해 동시에 수행된 질의열들의 개수를 나타낸다. 즉, T 데이타베이스는 3개의 질의열들을 동시에 수행한 결과이고 나머지 데이타베이스들은 하나의 질의열을 수행한 결과이다. 실제 업무에서는 여러 사용자들이 동시에 시스템을 사용하므로, 하나의 질의열을 수행한 결과가 실제 업무에도 그대로 나타나기는 어렵다.
- TPC-D 벤치마크에서는 SQL-92로 명세된 질의들을 그대로 수행할 것을 권장하지만 필요에 따라서는 질의들을 수정하여 수행할 수도 있음을 규정하고 있다. 표 1의 여섯번째 열인 V는 17개의 질의들 중에서 원래 TPC-D 벤치마크에 명세된 질의들을 그대로 사용하지 않고 수정하여 수행된 질의들의 개수를 나타낸다. 즉, T 데이타베이스는 질의들을 명세된 그대로 수행한 반면에 나머지 데이타베이스들은 성능 향상을 위해 많게는 6개의 질의들을 튜닝

(tuning)하여 수행하였다. 그러나, 일반 사용자들에게는 질의의 튜닝이 쉬운 일은 아니다.

- 데이타베이스에 대한 효율적인 관리와 처리 성능 향상을 위해 필요한 인덱스(index), 스풀 영역(spool area), 로그(log), 카탈로그(catalogue), 임시 화일 등을 위한 별도의 디스크 영역들이 요구된다. 이 디스크 영역의 크기는 DBMS와 설치 환경에 따라 달라질 수 있다. 표 1의 일곱번째 열인 R은 Scale Factor에 따라 생성된 데이타 용량과 이 데이타들을 관리하기 위해 실제로 필요한 디스크 용량의 비율을 나타낸다. 따라서, R이 크다는 것은 이러한 부수적인 디스크 영역들이 많이 필요하다는 것을 의미한다.

4. 결 론

대규모 데이타 웨어하우스 구축의 성공은 대량의 데이타들을 효율적으로 처리할 수 있고 또한 계속적인 데이타 증가에 효과적으로 대처할 수 있는 병렬 DBMS와 이를 뒷받침할 수 있는 병렬 컴퓨터 시스템의 지원 능력에 절대적으로 기인한다. TPC-D는 이러한 병렬 DBMS들과 병렬 컴퓨터 시스템들의 성능을 비교하기 위한 벤치마크 테스트이다. TPC-D 결과 분석 시에 Power, Throughput, Price/Performance 등의 결과 값들을 비교하는 것이 물론 중요하다. 하지만, 보다 정확한 분석을 위해서는 이들 이외에도 동시 수행된 질의열들의 수, 수정된 질의들의 수, 디스크 효율 등도 반드시 고려되어야 한다. 또한, 확장성을 파악하기 위해서는 데이타 웨어하우스의 크기 증가에 따른 시스템 성능 변화도 반드시 분석되어야 한다.

데이타 웨어하우스 구축을 위한 병렬 DBMS와 병렬 컴퓨터 시스템에는 많은 투자 비용이 요구된다. 그러므로, 데이타 웨어하우스를 구축하는 초기에 향후의 데이타 웨어하우스의 크기를 올바르게 산정하고 그에 적합한 병렬 DBMS와 병렬 컴퓨터 시스템을 선정하는 것이 데이타 웨어하우스 구축의 성공에 절대적으로 중요한 요소이다. 따라서, TPC-D 벤치마크 테스트 결과는 데이타 웨어하우스를 구축하려는 기업들이 병렬 DBMS와 병렬 컴퓨터 시스템을 선택하는 중요한 기준이 되고 있으며, TPC-D 벤치마크의 중요성이 커지고 있다.

참고문헌

[1] W. H. Inmon, *Building the Data Warehouse,* John Wiley & Sons, 1993.

[2] Ramesh Bhashyam, "TPC-D : The Challenges, Issues, and Results," *Proceedings of the 22nd International Conference on Very Large DataBases,* Aug 1996.

[3] Ramesh Bhashyam, "TPC-D : The Challenges, Issues, and Results," *ACM SIGMOD Record,* Vol. 25, No. 4, Dec 1996.

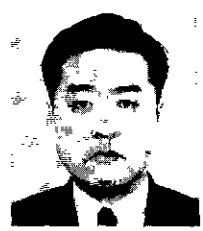
[4] David Simpson, "Build Your Warehouse on MPP," *Datamation,* Dec 1996.

[5] Barry Devlin, *Data Warehouse from Architecture to Implementation,* Addison Wesley, 1997.

[6] Stephen Brobst and Owen Robertson, "Taming Data Giants," *DBMS,* Feb 1997.

[7] TPC, *TPC Benchmark Descriptions,* http : / / www.tpc.org / bench.descrip.html.

[8] TPC, *TPC Benchmark Results,* http : // www.tpc.org/bench.results.html.



전 용 석

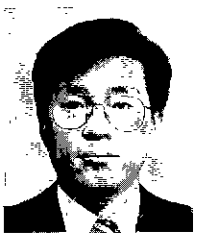
1990 서울대학교 전산과학과 학사

1992~현재 서울대학교 전산과학과 석사, 현대전자 정보시스템연구소 선임연구원

1996 서울대학교 전산과학과 박사

연구분야 : 데이타 웨어하우징, 객체지향 데이타베이스

서 상 구



1984 서울대학교 컴퓨터공학과 학사
1986 한국과학기술원 전산학과 석사
1986~1989 현대전자 소프트웨어사업본부 연구원
1995 한국과학기술원 전산학과 박사
1995~현재 현대전자 정보시스템연구소 책임연구원

연구분야 : 데이타 웨어하우징, 객체지향 데이타베이스

위 영 철

1982 미국 State University of New York 전산학 학사
1989 미국 State University of New York 전산학 박사
1990~1995 삼성종합기술원 수석연구원
1995~현재 현대전자 정보시스템연구소 수석연구원

연구분야 : 데이타 웨어하우징

● WAAC '97 학술대회 논문모집 ●

JAPAN-KOREA Joint Workshop '97 on Algorithms and Computation

- 응모분야 : 알고리즘과 계산이론에 관련된 모든 분야
- 일 자 : 1997. 7. 25~26
- 장 소 : 일본 후쿠오카
- 제출마감 : 1997. 5. 15
- 제 출 처 : Takao Assno (Email : waac 97@ise.chuo-u.ac.jp)
  Dept. of Information and System Engineering
  Chuo University, 1-13-27 Kasuga, Bunkyo-ku, Tokyo 112, Japan
  Tel : +81-3-3817-1686 Fax : +81-3-3817-1681
- 주 최 : 일본정보처리학회(IPSJ) SIGAL, 한국정보과학회 컴퓨터이론연구회
- 문 의 처 : 좌경룡(Email : kyohwa@jupiter, kaist.ac.kr)
  Tel : 042-869-3513