

데이터베이스 튜닝을 위한 로그 분석 도구

이 상 협[†] · 김 성 진^{**} · 이 상 호^{***}

요 약

데이터베이스 시스템의 로그는 데이터베이스에서 수행된 연산에 관한 다양한 정보를 기록하고 있으나, 주로 장애시의 시스템 복구용으로 사용되고 있다. 본 논문은 데이터베이스 튜닝에 도움이 되는 내용을 제공하는 로그 분석 도구를 제안한다. 본 도구는 사용자에게 로그 분석을 통해 데이터베이스에 수행되는 워크로드 구성, 데이터베이스 스키마 특징, 질의의 자원 사용 상태를 제공한다. 본 논문에서는 개발된 로그 분석 도구의 구조, 특징적 기능, 구현, 검증절차 등을 기술한다. 본 로그 분석 도구의 검증은 TPC-W 벤치마크를 이용하여 수행하였으며 주요 분석 결과를 보인다.

A Log Analyzer for Database Tuning

Sang Hyup Lee[†] · Sung Jin Kim^{**} · Sang Ho Lee^{***}

ABSTRACT

Database logs contain various information on database operations, but they are used to recover database systems from failures generally. This paper proposes a log analysis tool that provides useful information for database tuning. This tool provides users with information on workload organization, database schemas, and resources usages of queries. This paper describes the tool in views of its architecture, functions, implementation, and verification. The tool is verified by running the TPC-W benchmark, and representative analysis results are also presented.

키워드 : 데이터베이스 로그 분석(Database Log Analysis), 데이터베이스 워크로드(Database Workload), 데이터베이스 튜닝(Database Tuning)

1. 서 론

데이터베이스 시스템을 효율적으로 운용하기 위하여 데이터베이스 시스템 관리자는 데이터베이스 시스템의 자원 사용과 응용 프로그램의 요구 사항, 워크로드 특징, 데이터베이스 시스템 정보를 필요로 한다[1]. 특히 데이터베이스 활용 분야가 다양화됨에 따라 워크로드가 다양화되어 데이터베이스 관리자는 워크로드의 특징을 고려하여 시스템을 관리하고 튜닝할 필요가 있다.

일반적으로 워크로드는 시스템에 부하를 주는 요소의 집합이며, 데이터베이스 워크로드는 질의 집합을 의미한다. 데이터베이스 워크로드의 질의 연산 구성 및 스키마 정보는 데이터베이스 시스템에 상이한 부하를 줄 수 있다. 예를 들어, 다수의 테이블에 읽기/쓰기 트랜잭션이 많이 일어나고 읽기 트랜잭션이 적게 일어나는 워크로드와 소수의 테이블에 읽기 트랜잭션이 많이 일어나고 읽기/쓰기 트랜잭션이 적게 일어

나는 워크로드는 자원 경쟁(contention), 자원 잠금(locking) 등에서 상이한 형태를 나타낸다.

[7]은 관계형 데이터베이스에서 워크로드 특징을 분석하는 도구인 REDWAR(Relational Database Workload Analyzer)를 개발하고, 워크로드의 대상이 되는 스키마 정보를 분석하였다. [1]은 질의 수행 시에 인덱스 선택을 위한 도구를 위해 SQL 종류 별 워크로드 분류 연구와 테이블의 질의 집중도 분석 연구를 수행하였다. [1]과 [7]은 데이터베이스 튜닝에 도움을 주기 위해 데이터베이스 스키마와 워크로드 정보 제공의 필요성을 기술하였다. [1]과 [7]은 튜닝에 필요한 정보로서 질의 종류 분포, 질의 조건 분석, 사용된 시스템 자원 통계, 사용된 테이블 통계의 필요성과 활용 방안을 기술하였다. 질의 종류 분포는 SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE 구문의 개수 분포를 나타낸다. 사용 자원 통계는 질의 수행 중 사용된 데이터베이스 자원(예를 들어, CPU, 데이터 페이지, 락/래치 요청 등)이 사용된 횟수와 양을 나타낸다. 질의 조건 분석은 WHERE 구문에 나타난 조건(LIKE, BETWEEN, IN 등)의 종류 및 개수를 나타낸다. 사용된 테이블 통계는 SELECT, FROM, ORDER BY, GROUP BY의 질에서 언급되는 테이블과 열(column)의 목

※ 본 연구는 숭실대학교 교내 연구비 지원으로 이루어졌습니다.

† 준 회원 : 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과

** 정 회원 : 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과

*** 정 회원 : 숭실대학교 컴퓨터학부 교수

논문접수 : 2004년 2월 16일, 심사완료 : 2004년 8월 9일

특과 개수를 나타낸다.

데이터베이스 시스템이 생성하는 로그(log)에는 데이터베이스 시스템의 운영 정보 및 데이터베이스 변경에 관한 정보와 데이터베이스 스키마에 관한 정보들이 기록되어 있다. 데이터베이스 시스템의 효율적인 사용을 위해, [1]과 [7]에서 제시된 정보는 로그 분석을 통해 수집 가능하다. 또한, 데이터베이스에는 많은 질의들이 수행되고, 수행된 질의들 중에서 성능 저하의 원인을 찾는 것은 쉬운 일이 아니다. 재연이 불가능한 특징을 가진 데이터베이스 성능 저하 상황의 원인을 찾기 위해 로그 분석은 필수적이다. 이를 위하여 로그 분석을 통해 성능 저하 요인 질의의 판별에 도움을 주는 정보를 필요로 한다. 예를 들어, 질의 각각에 대한 질의의 수행 응답시간과 질의의 수행 계획, 질의의 수행에 사용된 하드웨어 자원 정보 분석 등은 성능 저하 원인이 되는 질의를 찾는 데 도움을 줄 수 있다.

상용 데이터베이스 시스템을 위한 로그 분석 도구로서 시라노 워크벤치(Cyrano Workbench)[17], 로그 분석 툴(Log Analysis Tool)[11], 로그 탐색기(Log Explorer)[12] 등이 사용되고 있다. 기존의 로그 분석 도구는 로그 분석을 통해 데이터베이스 시스템의 복구를 돕는 것을 주된 목적으로 하기 때문에, 데이터베이스 튜닝에 도움을 주는 기초 자료와 데이터베이스 성능 저하 요인을 찾을 수 있는 정보를 제공하지 않는다.

본 논문에서는 튜닝에 도움이 되는 정보를 제공하는 로그 분석 도구를 개발한다. 본 로그 분석 도구는 [1]과 [7]에서 제시된 질의 종류 분포, 질의 조건 분석, 사용된 시스템 자원 통계, 사용된 테이블 통계를 제공하며, 추가적으로 테이블별 질의 종류, 질의 수행 단계 분석, 질의 수행 계획을 제공할 수 있도록 설계되었다. 테이블별 질의 종류는 SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE 구문의 개수 분포를 테이블별로 구분하여 나타낸다. 질의 수행 단계 분석은 각 질의에 대해 질의의 수행 시의 질의 컴파일, 통계정보 요청, 정렬(sort), 질의 실행(execution) 순차 과정과 수행시간을 의미한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 튜닝에 도움이 되는 로그 분석 도구를 제안하고, 제안된 로그 분석 도구의 설계와 구조를 기술한다. 제3장에서는 제안하는 로그 분석 도구의 구현 및 검증에 대해 논한다. 제4장에서는 본 로그 분석 도구를 타 로그 분석 도구들과 비교한다. 마지막으로 제5장에서는 결론과 향후 계획에 대해 언급한다.

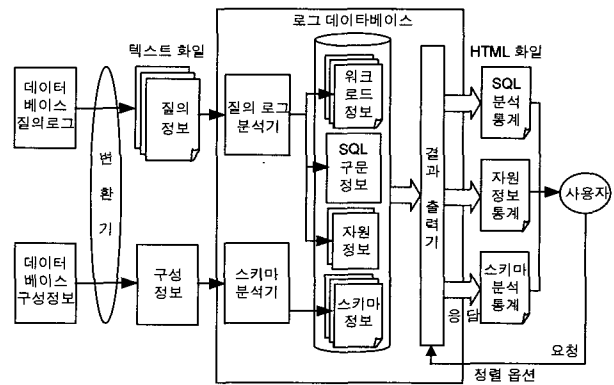
2. 로그 분석 도구의 설계 및 구조

본 장에서는 로그 분석 도구의 구조와 입력 화일에 관하여 기술하며, 로그 데이터베이스와 로그 분석 결과물에 관하여 논의한다.

2.1 로그 분석 도구의 구조

본 로그 분석 도구의 구조는 (그림 1)에 나타나 있다. 로그

분석 도구는 웹 인터페이스를 통하여 ‘질의 정보’, ‘구성 정보’를 텍스트 형태의 화일로 입력받는다. ‘질의 로그 분석기’는 입력 받은 ‘질의 정보’ 화일을 분석하여 워크로드 구성 분포 통계, 질의 각각에 대한 질의의 내용, 질의의 자원 사용 분석을 수행한다. 워크로드 구성 분포를 나타내는 항목은 전체 질의의 구문 종류(DML, DDL)별 분류, 질의의 대상이 되는 테이블 개수별 분류, WHERE절에 사용된 조건별 분류가 있다. ‘스키마 분석기’는 입력 받은 ‘구성 정보’ 화일을 분석하여 질의의 대상이 되는 데이터베이스 스키마 객체들의 자료형(data type)별 분류와 상속 관계 분석, 제약 조건 분석을 수행한다. ‘질의 로그 분석기’와 ‘스키마 분석기’의 분석 결과는 ‘로그 데이터베이스’에 기록된다. ‘결과 출력기’는 ‘로그 데이터베이스’에 기록된 로그 분석 결과를 바탕으로 하여 ‘SQL 분석 통계’, ‘자원 정보 통계’, ‘스키마 분석 통계’를 출력한다.



(그림 1) 로그 분석 도구 구조

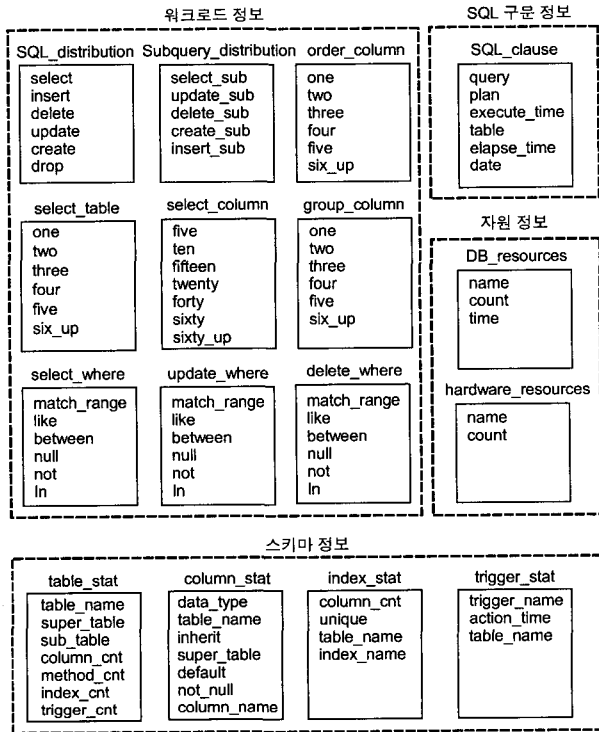
‘데이터베이스 질의 로그’는 로그 분석이 수행될 질의에 대한 로그 정보를 포함하고 있으며, ‘데이터베이스 구성 정보’는 데이터베이스를 구성하는 스키마와 화일에 대한 정보를 포함하고 있다. ‘데이터베이스 질의 로그’와 ‘데이터베이스 구성 정보’는 DBMS에 따라 그 형태가 다르기 때문에, 이를 본 도구에서 분석 가능한 형태로 변환하는 과정이 필요하다. 변환 과정은 DBMS에 따라 다른 변환기를 통해 수행된다.

‘질의 정보’는 다수의 화일로 구성된다. 한 화일은 질의 하나에 대한 질의의 구문, 수행 계획(query execution plan), 응답 시간, 데이터베이스 자원 사용 항목 및 개수, CPU 사용 시간을 포함한다. ‘질의 정보’ 화일의 예는 (그림 5)에 나타나 있다. ‘구성 정보’는 데이터베이스 내에 존재하는 테이블, 열, 메소드(method), 트리거(trigger), 인덱스(index)에 대한 이름 및 자료형 등을 포함한다. 또한, ‘구성 정보’에는 데이터베이스를 구성하는 운영체제 상의 화일에 대한 정보가 포함된다.

2.2 로그 데이터베이스

‘로그 데이터베이스’는 ‘질의 로그 분석기’와 ‘스키마 분석기’에서 분석된 결과를 저장한다. 데이터베이스 시스템에 저

장된 분석 결과는 지속적으로 사용자에게 제공할 수 있으며 웹 환경의 인터페이스를 통해 사용자에게 제공하기에 편리하다. (그림 2)는 '로그 데이터베이스'에 존재하는 16개 테이블과 테이블의 분류를 나타낸다. 테이블들은 '워크로드 정보'와 'SQL 구문 정보', '스키마 정보', '자원 정보'로 분류된다.



(그림 2) 로그 데이터베이스의 테이블과 열 구성

'워크로드 정보'로 분류된 테이블들에는 워크로드 구성 분포 정보가 저장되어 있다. 워크로드 구성 분포 정보를 표현하기 위해서 [7]에서 기술된 항목들이 포함되도록 설계되었다. 질의의 구성 비율, ORDER BY, GROUP BY 절에 사용된 열의 개수, SELECT 구문의 FROM 절에서 사용된 테이블의 개수, WHERE 절에 나타난 조건 종류의 분포가 워크로드 구성 정보로 사용된다. 서브 질의는 하나의 독립된 질의 구문으로 간주된다. 서브 질의 내에 서브질의가 나타나는 경우는 드물게 발생하므로 본 로그 분석 도구의 분석 대상에서 제외된다. 본 도구는 SELECT/DELETE/UPDATE 구문의 WHERE 절, UPDATE 구문의 SET 절, INSERT/CREATE 구문에서 나타난 SELECT 구문을 서브 질의(subquery)로서 간주한다.

(그림 3)과 같은 질의 집합을 가정할 때, '워크로드 정보' 테이블들에는 (그림 4)와 같은 내용이 기록된다. SQL_distribution 테이블은 질의 집합 내에 SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE, CREATE, DROP 구문이 각각 9, 1, 1, 1, 1, 0번 발생하였음을 나타낸다. SELECT 구문은 질의 1부터 질의 6까지 6번, 질의 5, 질의 6, 질의 7에서 서브 질

의로 3번 나타난다. Subquery_distribution 테이블에는 서브 질의의 사용 유형이 나타난다. select_sub 열은 SELECT 구문의 WHERE절에 사용된 서브 질의의 개수를 의미하며 이러한 질의 형태는 질의 5와 질의 6에서 나타난다. insert_sub 열은 INSERT 구문에 나타난 서브질의의 개수를 의미하며, 이러한 질의 형태는 질의 7에서 한번 나타난다. order_column과 group_column 테이블에는 정렬(ORDER BY)과 그룹(GROUP BY)에 사용된 열의 개수 분포가 기록된다.

```

질의 1 : select a1, a2, b1, b2      from A, B where a1 > b1 order by a1, a2 ;
질의 2 : select c1, d2, e2, f1, g1, g2  from C, D, E, F, G order by c2, d2, e2 ;
질의 3 : select a1, count(a2)        from A where a1 like '%aa%' group by a1 ;
질의 4 : select h1, h2, count(h4)    from H
      where h2 between 10 and 20 group by h1, h2 ;
질의 5 : select b1, b2              from B
      where b2 in (select d1 from D where d2 > 10) ;
질의 6 : select a1, a2, b1, b2, c1, c2, d1, d2, e1, e2, f1, f2, g1, g2
      from A, B, C, D, E, F, G where a1 is not null and c2 > all (select h1 from H) ;
질의 7 : insert into B (select a1, a2 from A) ;
질의 8 : update H set h10=3 where h1 between 20 and 30 ;
질의 9 : delete from H where h4 like '%aa%' ;
질의 10 : create table I (i1 integer, i2 varchar(50), i3 char(5)) ;
    
```

(그림 3) 입력 질의의 집합 예

SQL_distribution						Subquery_distribution				
select	insert	update	delete	create	drop	select_sub	update_sub	delete_sub	create_sub	insert_sub
9	1	1	1	1	0	2	0	0	0	1

order_column						group_column					
one	two	three	four	five	six_up	one	two	three	four	five	six_up
0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0

select_table						select_column						
one	two	three	four	five	six_up	five	ten	fifteen	twenty	forty	sixty	sixty_up
6	1	0	0	1	1	7	1	1	0	0	0	0

select_where						update_where					
match_range	like	between	null	not	in	match_range	like	between	null	not	in
3	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0

delete_where					
match_range	like	between	null	not	in
0	1	0	0	0	0

(그림 4) '워크로드 정보' 분류에 속한 테이블들의 인스턴스

select_table 테이블에는 FROM 절에 나타난 테이블의 개수 분포가 기록된다. select_table 테이블의 six_up 열은 FROM 절에 나타난 테이블의 개수가 6개 이상인 질의의 개수를 의미하며, 질의 6에서 나타난다. 질의 5와 같이 서브질의가 나타난 경우에는 서브 질의가 하나의 독립된 질의로 취급된다. 즉, 본 도구는 질의 5를 FROM 절에 테이블이 한 개 나타난 질의가 2개 존재하는 것으로 인식한다.

select_column 테이블에는 SELECT 절에 나타난 열의 개수 분포가 기록된다. select_column 테이블 열 이름은 각 범위의 끝 값으로 설정되어 있다. 따라서 five 열의 값은 SELECT 절에 사용된 열의 개수가 1개부터 5개인 질의의 개

수가 7개인 것을 의미한다. 또한, ten 열의 값은 SELECT 절에 사용된 열의 개수가 6개부터 10개 사이에 있는 질의 2를 계수하여 1이 된다. 동일한 방식으로 질의 6은 사용된 열의 개수가 14개 이므로 fifteen 열에 해당되어 fifteen 열의 값은 1이 된다.

select_where 테이블은 SELECT 구문의 WHERE 절에서 사용된 조건 종류 별 분포를 기록한다. WHERE 절에서 분석되는 조건 키워드는 오라클(Oracle)[13]과 마이크로소프트(Microsoft) [14], 한국 컴퓨터 통신[8]외의 기존의 여러 데이터베이스 시스템에서 모두 지원하는 키워드 조건의 종류를 확인하여 BETWEEN, NULL, NOT, IN, LIKE로 한정한다. 본 도구에서 계수되는 조건 종류는 등호(=)와 부등호(<, >, <=, >=, <>)가 사용된 조건, 조건 키워드를 사용한 조건이다. 등호와 부등호가 사용된 조건은 각 기호의 사용된 개수를 합하여 match_range 열에 기록되며, 키워드가 사용된 조건 개수는 해당 키워드의 이름과 동일한 열에 기록된다. 예를 들어 질의 WHERE 절에 LIKE 키워드 조건과 '<' 기호 조건이 동시에 사용되면, match_range 열의 값에 1을 더하고 'like' 열의 값에 1을 더한다. update_where와 delete_where 테이블은 UPDATE 구문과 DELETE 구문의 WHERE 절에서 사용된 조건 종류 별 분포가 결과로 기록된다.

'SQL 분석'으로 분류된 테이블은 SQL_clause 테이블이 있다. SQL_clause 테이블에는 질의 집합의 각 질의에 대해 질의 내용과 질의 대상이 되는 테이블, 수행 일, 수행 계획, 응답 시간 정보가 저장된다. SQL_clause 테이블에는 각 질의 별로 질의 내용과 질의 정보가 저장되므로, 테이블 행의 개수는 분석된 질의의 개수와 동일하다. SQL_clause 테이블에 저장된 정보는 데이터베이스 성능 저하를 유발하는 질의를 찾는 데 유용하게 사용될 수 있다.

'스키마 정보'로 분류된 테이블들은 table_stat, column_stat, index_stat, trigger_stat 테이블이 있으며, [1]에서 기술된 스키마 특성 정보가 저장된다. 스키마 특성 정보로는 각 테이블의 열, 메소드, 인덱스, 트리거의 개수, 다른 테이블들과의 상속 관계, 각 열의 데이터 자료형, 상속 여부, 기본(default) 값 설정 여부, not null 제약 조건 설정 여부, 인덱스에 사용된 열의 개수, 트리거의 사용 시점 분포가 있다.

'자원 정보'로 분류된 테이블들은 SQL_clause 테이블과 연계되어 질의 수행에 사용된 자원 정보 데이터를 저장한다. DB_resources 테이블에는 질의가 수행될 때, 상세 수행 단계 항목의 이름과 반복 회수, 각 항목에 대한 응답 시간이 저장된다. hardware_resources 테이블에는 질의가 수행될 때 실제 데이터베이스에 요청한 물리적 자원 항목-예를 들어, 로그 페이지(log page) 요청, 데이터 페이지 요청, 락(lock) 요청-과 사용된 개수가 저장된다.

2.3 로그 분석 도구 결과 및 활용 방안

본 로그 분석 도구는 '로그 데이터베이스'에 저장된 로그 분석 결과 테이블의 내용을 결과 출력기를 통해 'SQL 분석 통계', '자원 분석 통계', '스키마 분석 통계'를 HTML 화일로 제공한다.

'SQL 분석 통계'는 질의 종류 분포와 질의 조건 분석, 사용된 테이블 통계, 테이블 별 질의 종류, 질의 수행 계획으로 이루어진다. 질의 종류 분포는 SQL_distribution 테이블에 기록되어 있으며, 질의 조건 분석의 결과는 select_where 테이블에 기록된다. 사용된 테이블 통계 결과는 select_table과 order_column, group_column, select_column 테이블에 기록된다. 질의 종류 분포, 질의 조건 분석, 사용된 테이블 통계는 워크로드 구성 분포를 나타낸다[7]. 예를 들어 열의 개수가 많은 테이블이 소수 존재하는 스키마의 질의 종류 분포가 select 질의가 99% 사용된 것으로 나타나며, 사용된 테이블 통계 결과가 select 질의의 대부분이 2개 이상의 테이블을 사용하는 결과를 나타낸다고 가정하자. 이때 사용자는 데이터베이스의 변경이 거의 없는 것으로 판단하여 고립 레벨(isolation level)을 낮추고 락 관리에 사용되는 불필요한 오버헤드(overhead)를 줄일 수 있다. 테이블 별 질의 종류는 SQL_distribution 테이블과 SQL_clause 테이블의 조인을 통하여 알 수 있다. 예를 들어 하나의 테이블에 질의하는 질의의 종류 중 select가 80% 이상을 차지하고, 다른 하나의 테이블에 질의하는 질의의 종류 중 update와 delete가 80% 이상을 차지한다고 가정하자. 사용자는 select 질의가 대부분인 테이블에는 자원 경합이 거의 없을 것으로 판단하여 고립 레벨을 낮추고, update와 delete 질의가 80% 이상인 테이블에는 많은 자원 경합이 발생할 것으로 판단하여 고립 레벨을 높일 수 있다. 질의 수행 계획은 SQL_clause 테이블의 질의, 질의 컴파일 시간, 질의 응답 시간과 함께 기록된다. 예를 들어 사용자는 인덱스를 사용하는 질의 수행 계획을 예상하고 질의를 작성한다. 실제 질의 수행 계획이 전체 테이블 읽기(full table scan) 방식으로 수행을 하고 있다면, 질의 수행 계획이 인덱스를 사용할 수 있도록 질의에 사용된 조건을 수정하는 질의 튜닝을 수행할 수 있다.

'자원 분석 통계'는 사용된 시스템 자원 통계와 질의 수행 단계 분석으로 이루어진다. 사용된 시스템 자원 통계 결과는 hardware_resources 테이블에 기록된다. 예를 들어 사용자가 질의한 대부분 질의의 데이터 페이지 사용량이 많게 나타나면, 사용자는 메모리에 올라와 있는 데이터 페이지의 양이 적은 것으로 판단한다. 사용자는 시스템 캐시(cache)의 크기가 작은 것으로 판단하여 데이터베이스 시스템의 캐시(cache) 양을 조절하는 데이터베이스 시스템 파라미터 값을 증가시키는 튜닝을 수행할 것이다. 질의 수행 단계 분석 결과는 DB_resources 테이블에 기록된다. 예를 들어 사용자가 수행한 질의

들의 수행 단계 분석 결과가 정렬 부분의 수행 시간이 오래 걸리는 것으로 나타나면, 정렬을 수행하는 버퍼의 사이즈가 작다고 판단하여 정렬에 사용되는 버퍼 사이즈(UniSQL/X 경우에는 sr_buffer 파라미터) 파라미터 값을 증가시키는 튜닝을 수행 할 것이다.

'스키마 분석 통계'는 튜닝에 직접적인 도움을 주는 자료가 아니다. 하지만, 질의가 수행되는 스키마에 대한 전체적인 통계는 필수적인 정보이며, 전체 스키마에 대한 통계, 테이블별 통계로 이루어진다. 전체 스키마에 대한 통계는 한 개의 표에 모든 테이블 이름을 나열하여 각 테이블 열, 메소드, 인덱스, 트리거의 개수를 나타낸다. 테이블별 통계는 테이블 각각에 대해 하나의 표를 사용하여 나타낸다. 테이블별 통계의 각 항목에는 열들의 자료형 분포, 기본 값과 null 제약 조건에 따른 분류, 인덱스의 유니크(unique) 속성 여부, 인덱스에 사용된 열 개수 통계, 트리거 사용시점(action time)별 통계를 제공한다. 또한, 상속을 받는 테이블은 상위 테이블 이름과 하위 테이블 이름을 제공한다.

3. 로그 분석 도구의 구현 및 검증

본 장에서는 제안된 로그 분석 도구의 구현 및 검증 과정을 기술한다. 본 로그 분석 도구는 C언어로 구현되었으며, 웹 인터페이스는 Apache 웹 서버와 PHP 언어로 구현되었다. 분석 결과를 저장하는 데이터베이스 시스템은 UniSQL/X 5.2를 사용하였다. 우리는 TPC-W 벤치마크[5]를 수행한 후 생성된 로그를 본 도구의 입력으로 하여 로그 분석을 수행하고,

수행된 결과로서 본 로그 분석 도구를 검증하였다.

TPC-W는 웹 환경에서 사용되는 데이터베이스 시스템에 대한 성능평가 방법을 명시하여, 인터넷 전자 서점의 전자상거래 시스템을 시뮬레이션 한다. TPC-W는 EB(emulated browser)를 웹 클라이언트로 사용하며, 하나의 EB에서는 14번의 데이터베이스 질의가 수행된다. 본 실험을 위해 수행된 TPC-W 벤치마크는 UniSQL/X 5.2와 UniCAS 4.6에서 EB 개수를 5개로 하여 수행되었다. UniSQL/X 데이터베이스 시스템의 로그는 UniSQL/X와 함께 사용되는 미들웨어(middleware) UniCAS의 로그와 동일하다. 따라서 우리는 TPC-W 벤치마크의 수행을 통해 생성된 UniCAS 로그를 사용하여 제안된 로그 분석 도구의 실험을 수행한다.

TPC-W 벤치마크의 수행 후, UniCAS에서 얻어진 질의 로그 파일의 개수는 약 12,000개 이다. 우리는 본 로그 분석 도구에서 제공하는 변환기를 사용하여 UniCAS에서 얻어진 질의 로그들을 약 12,000개의 '질의 정보' 파일로 변환하였다. '질의 정보' 파일은 (그림 5)와 같다. 또한, 우리는 TPC-W의 데이터베이스를 구성하는 파일 내용과 스키마 내용을 변환기를 사용하여 '구성 정보' 파일로 변환하였다. TPC-W의 스키마 내용은 UniSQL/X 데이터베이스 시스템의 시스템 뷰(view) 내용을 사용하였으며, 데이터베이스를 구성하는 파일 내용은 UniSQL/X 데이터베이스 시스템이 제공하는 데이터베이스 구성 정보 텍스트 파일을 이용하였다.

```
01/13 20:23:40.245 compile : select c_fname, c_lname from customer where c_uname = 'NGRIININ'
01/13 20:23:40.252 execute 1

Query plan :
  Index scan(customer, customer.c_uname = 'NGRIININ')

Histogram of client requests :
Name                                Rcount          Sent size      Recv size      Server time
QST_SERVER_GET_STATISTICS           1X                8+             532 b          0.000652 s
QM_QUERY_PREPARE_AND_EXECUTE        1X              780+           175 b          0.002585 s
unknown request                     1X                4+             24 b          0.000459 s
-----
Totals :                             3X              792+           732 b          0.003696 s
Average server response time = 0.001232 secs
Average time between client requests = 0.000000 secs

*** CLIENT EXECUTION STATISTICS ***
Elapsed (sec)                        =                0

*** SERVER EXECUTION STATISTICS ***
Num_data_page_fetches                =               15
Num_data_page_joreads                =                0
Num_object_locks_re-requested        =                1
Num_format_volume                    =                0
```

(그림 5) '질의 정보' 예

/UPDATE 구문 별로 (그림 7)과 동일하게 볼 수 있도록 링크가 설정되어 있으며, 질의에서 사용된 테이블의 이름에는 테이블 통계 정보 링크가 설정되어 있다. 테이블 이름 옆에 '질의' 라고 설정된 링크는 그 테이블에 질의된 질의 구문들의 분석 결과이다. 또한, 사용자는 본 페이지에서 제공되는 항목 중 컴파일 시간과 응답시간을 클릭 하여 정렬 할 수 있으며, 정렬의 종류는 컴파일 시간과 응답시간 항목에 대해 내림차순과 오름차순 정렬이 있다. 기본 값은 컴파일 시간의 내림차순 정렬이다.

(그림 8)은 실험 대상이 된 TPC-W 전체 스키마에 대한 분석 결과를 나타낸다. (그림 9)는 테이블 및 열 통계 결과를 나타내며, 테이블 이름을 기준으로 하여 열과 매소드, 인덱스, 트리거의 개수와 열의 자료형 분포 등을 볼 수 있다.

TPC-W 로그 분석 결과 중 (그림 6)에 나타난 항목으로 다음과 같은 튜닝을 수행할 수 있다. 첫째, (그림 6)의 SQL 구문 분석 통계 결과는 전체 12,000개의 질의 중 약 11,000개의 질의가 select 구문이다. 전체 질의의 약 97% 질의가 독점 잠금(Exclusive lock)을 사용하지 않고 공유 잠금(Shared lock)을 사용하므로 고립 레벨을 read uncommitted로 설정하여도 데이터 무결성에 지장이 없이 성능 향상을 도모할 수 있다. 둘째, (그림 6)의 select 구문 중 조인 사용 구문 개수는 3,000개

이다. 전체 질의 개수가 12,000개이므로 25% 이상의 질의가 조인을 수행한다. 조인 질의 성능 향상은 전체 질의 성능 향상에 의미가 있다. 따라서 조인 질의 성능 향상을 위해 정렬을 수행하는 버퍼의 사이즈를 증가시키고, 조인이 수행되는 컬럼에 인덱스를 생성하거나, 인덱스를 사용하는 조인을 수행하도록 질의 사용 조건을 수정해야 한다.

4. 로그 분석 도구 비교

본 장에서는 기존 로그 분석 도구들과 본 로그 분석 도구의 기능을 비교한다. 비교에 사용된 로그 분석 도구는 오라클(Oracle)의 로그 마이너(Log Miner), 마이크로소프트(Microsoft)의 프로파일러(Profiler), 쓰리알디인포(3rdinfo)의 시라노 워크벤치(Cyrano Workbench v3.2)[17], 한국비즈니스서비스의 로그 분석 툴(Log Analysis Tool)[11], 제네시스(Genesis)의 윈도우 NT매니저IT(Window NTManagerIT Log Analyzer)[16], 아이소프트(ISoft)의 로그 탐색기(Log Explorer)[12]이다. 비교 결과는 <표 1>에 나타나 있다. 로그 분석 도구간의 비교는 데이터베이스 튜닝에 도움을 주는 기능의 관점에서 수행되었다.

<표 1> 상용 로그 분석 도구 기능 비교

	로그 마이너	프로 파일러	시라노 워크벤치	로그 분석 툴	윈도우NT 매니저IT	로그 탐색기	본 로그 분석도구
질의 종류 분포	x	x	x	x	x	o	o
테이블별 질의 종류	x	x	x	x	x	x	o
사용 자원 통계	o	o	o	x	x	o	o
질의 수행 단계 분석	x	o	x	x	x	x	o
질의 수행 계획	o	o	x	o	x	o	o
질의 조건 분석	x	x	x	x	x	x	o
사용된 테이블 통계	x	x	x	x	x	x	o

질의 종류 분포 기능은 로그 탐색기와 본 로그 분석 도구에서 지원된다. 로그 탐색기는 SELECT/INSERT/DELETE/UPDATE들 간의 구성 비율을 제공한다. 본 로그 분석 도구는 추가적으로 CREATE/DROP 구문의 구성 분포를 제공한다. 테이블별 질의 종류 기능은 질의가 집중적으로 이루어지는 테이블들을 판별가능 하도록 한다. 타 로그 분석 도구들은 질의 내용 중심으로 질의 대상 테이블 명을 제공하고 있으며, 테이블을 기준으로 한 질의 종류 별 개수와 질의 내용을 제공하지 않는다. 로그 탐색기에서 제공하는 테이블별 질의 종류는 테이블별 전체 질의 개수를 나타내지만, 본 로그 분석 도구의 테이블별 질의 종류는 테이블 당 질의 종류 분포에서 제공하는 질의의 종류 별 개수를 제공한다. 이러한 질의 종류 분포와 테이블별 질의 종류는 워크로드의 구성 분포를 나타내어 워크로드 특성에 따른 튜닝에 활용될 수 있다.

사용 자원 통계는 로그 마이너와 프로파일러, 시라노 워크벤치, 로그 탐색기, 본 로그 분석 도구가 지원한다. 본 기능은

질의의 시스템 자원 사용 정보를 나타내어 질의 튜닝에 도움을 준다. 질의 수행 단계 분석은 질의 수행에 소요된 시간을 수행 단계별로 나타내는 기능이다. 프로 파일러에서 제공하는 질의 수행 단계 분석은 하나의 질의가 수행될 때 수행되는 질의 컴파일, 정렬, 질의 실행에 대해 순차 과정을 제공한다. 본 로그 분석 도구는 각 질의에 대해 질의 컴파일, 통계 정보 요청, 정렬(sort), 질의 실행(execution) 항목과 순차 과정, 수행시간을 제공한다. 질의 수행 계획은 로그 마이너와 프로 파일러, 로그 분석 툴, 로그 탐색기, 본 로그 분석 도구에서 제공된다. 본 로그 분석 도구에서 제공되는 질의 수행 계획은 질의 수행 단계 분석 및 사용된 시스템 자원 통계 기능과 함께 연계되어, 각 질의의 질의 수행 계획에 따른 수행 항목과 자원 사용에 대해 쉽게 알아 볼 수 있다.

사용된 테이블 통계와 질의 조건 분석은 본 로그 분석 도구에서 제공하며, 질의 집합의 워크로드 구성 분포를 나타내는 기능이다.

5. 결론 및 향후계획

본 논문은 로그 분석을 통해 시스템의 자원 사용 기록, 질의의 수행 정보, 워크로드 구성 정보를 제공하여 튜닝을 도울 수 있는 로그 분석 도구를 설계 및 구현하였다. 이러한 로그 분석 도구의 설계와 구현을 위해 다음과 같은 과정을 수행하였다. 첫째, 우리는 상용 데이터베이스 시스템에서 사용되는 주요한 로그 분석 도구들을 분석하였다. 둘째, 본 로그 분석 도구의 결과로 제공되는 워크로드 구성 분포 정보와 스키마 분석 정보의 세부 항목은 [1]과 [7] 및 분석된 로그 분석 도구들의 튜닝에 도움이 되는 정보 항목과 확장된 항목을 포함하였다. 셋째, 설계된 로그 분석 도구를 구현하고 TPC-W 성능평가와 UniSQL/X를 사용하여 실험하고 검증하였다.

본 로그 분석 도구에서 제공하는 결과는 데이터베이스 튜닝을 돕는 기초 자료 제공의 기본 목적 이외에 기존의 워크로드와 유사한 소규모 워크로드를 생성하는데 도움을 줄 수 있다. 예를 들어, 로그에 기록된 워크로드와 동일한 구성 분포를 가지는 소규모 워크로드를 생성하고자 할 때, 사용자는 로그 분석 결과로 제공되는 워크로드 구성 분포를 사용하여 분포 비율이 동일한 워크로드를 생성할 수 있다.

향후 연구로는 실시간 데이터 모니터링 기능 확장이 요구된다. 실시간 데이터 모니터링은 데이터 로그 기록에 대한 내용을 실시간으로 확인하고 분석하여, 데이터베이스 성능 저하 상황 발생시에 즉시 원인을 찾아 조치할 수 있는 장점이 있어 데이터베이스 튜닝에 큰 도움이 될 수 있다.

참고 문헌

[1] S. Chaudhuri and R. Narasayya, "AutoAdmin 'What-if' Index Analysis Utility," ACM SIGMOD Conference, pp. 367-378, 1998.

[2] M. Mahoui and S. J. Cunningham, "A Comparative Transaction Log Analysis of Two Computing Collections," European Conference on Digital Libraries, pp.418-423, 2000.

[3] D. E. Shasha, "Database Tuning A Principles Approach," Prentice Hall, 1992.

[4] D. E. Shasha, "Tuning Databases for High Performance," ACM Computing Surveys, Vol.28, No.1, pp.113-115, 1996.

[5] W. D. Smith, "TPC-W : Benchmarking an Ecommerce Solution," 2002. http://www.tpc.org/tpcw/TPC-W_Wh.pdf.

[6] Y. Somin and A. Rodriguez, "Workload Characterization and Capacity Planning for DB2 Universal Database," International Computer Measurement Group Conference, pp.567-576, 2002.

[7] P. S. Yu, M. S. Chen, H. U. Heiss and S. Lee, "On Workload Characterization of Relational Database Environments," IEEE Transactions on Software Engineering, Vol.18, No.4,

pp.347-355, 1992.

[8] Korea Computer Communications Ltd., UniSQL/X User's Manual Volume1, 2 Release 4.0, 1996.

[9] Korea Computer Communications Ltd., UniCAS user's manual release 4.5, 2001.

[10] Korea Computer Communications Ltd., UniSQL/X administration guide release 4.0, 1996.

[11] LOG Analysis Tool, (주)한국비즈니스서비스, <http://www.kbscom.co.kr/>.

[12] Log Explorer, ISoft Inc., <http://www.logexplorer.co.kr/>.

[13] Oracle Co., Oracle9i Lite SQL Reference Release 5.0.2, http://otn.oracle.com/documentation/oracle9i_arch_901.html.

[14] Microsoft Co., SQL Server 2000 Books Online, <http://www.microsoft.com/downloads/>.

[15] Transaction Processing Performance Council, <http://www.tpc.org/>.

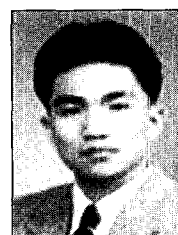
[16] Window NTManageIT Log Analyzer, Genesis, <http://www.genesis.co.kr/>.

[17] Cyrano WorkBench, (주) 3rdinfo Inc, <http://www.3rdinfo.co.kr/>.



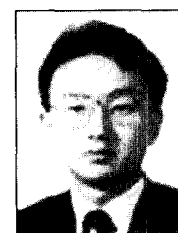
이 상 협

e-mail : lsh95ss@netsgo.com
 2002년 숭실대학교 컴퓨터학부(학사)
 2004년 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과(석사)
 2004년~현재 케이컴스 주식회사
 관심분야 : 데이터베이스 시스템 성능평가 및 튜닝, 데이터베이스 워크로드



김 성 진

e-mail : sjkim@ghwa.net
 1998년 숭실대학교 소프트웨어 공학과(학사)
 2000년 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과(석사)
 2004년 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과(박사)
 관심분야 : 인터넷 데이터베이스, 데이터베이스 시스템 성능평가



이 상 호

e-mail : shlee@comp.ssu.ac.kr
 1984년 서울대학교 전산공학과(학사)
 1986년 미국 노스웨스턴대 전산학과(석사)
 1989년 미국 노스웨스턴대 전산학과(박사)
 1990년~1992년 한국전자통신연구원, 선임연구원
 1999년~2000년 미국 조지 메이슨대 소프트웨어정보공학과 교수
 1992년~현재 숭실대학교 컴퓨터학부 교수
 관심분야 : 인터넷 데이터베이스, 데이터베이스 시스템 성능 평가 및 튜닝