

실시간 공간데이터베이스 시스템에서의 시간제약조건을 갖는 공간질의 처리

○
임정옥*, 조숙경*, 김경배*, 이순조**, 배해영*

* 인하대학교 전자계산공학과
** 서원대학교 전자계산학과

Timing Constrained Spatial Query Processing for Real-time Spatial Database System

○
Jung-Ouk Lim*, Sook-Kyoung Cho*, Gyoung-Bae Kim*, Soon-Jo Lee**, Hae-Young Bae*

* Dept. of Computer Science & Engineering, Inha University
**Dept. of Computer Science, Seowon University

요 약

실시간 GIS 응용 프로그램에서는 기존의 GIS 시스템과는 달리 동적인 공간데이터가 신뢰성을 위해 일정한 시간 내에 갱신되어야 유효성을 유지하며, 사용자가 요청하는 질의는 일정한 시간 내에 처리되어야 하는 시간제약조건을 갖는다. 이러한 GIS 응용프로그램을 지원하기 위한 실시간 공간데이터베이스 시스템에서는 기존의 실시간데이터베이스 시스템에서 고려되지 않은 동적 실시간 공간데이터와 실시간 공간질의에 대한 처리가 필요하며 질의 처리 시 실시간데이터와 실시간트랜잭션의 시간제약조건을 만족시키기 위한 처리가 필요하다.

본 논문에서는 실시간 공간질의 처리 시 예측성을 최대화 하기 위해 질의에서 빈번히 사용되는 데이터를 주기억상주 데이터베이스에 저장하였고, 실시간 공간데이터의 관리를 위하여 공간질의어를 확장하였다. 또한 실시간 공간질의의 처리 시에 실시간데이터와 실시간트랜잭션의 시간제약조건을 최대한 만족시키기 위해 공간질의 분석과 연산 순서의 재배치 기법을 사용하였다.

1. 서론

최근 들어 실시간데이터베이스 시스템의 사용이 확대되면서 ITS(Intelligent Transportation Systems), 물류시스템, 이동컴퓨팅 등과 같은 GIS 응용분야로의 응용의 필요성이 확산되고 있다[1,2,3,4]. 이러한 응용 프로그램들의 목표는 신뢰성 높은 실시간데이터를 유지하며 다수의 사용자에게 실시간 적으로 자료를 제공하여 사용자의 안전과 편리를 도모하는 것으로 기존의 GIS 시스템과는 달리 동적인 공간데이터가 신뢰성을 위해 일정한 시간 내에 갱신되어 유효성을 유지해야 하며, 사용자가 요청하는 공간질의는 일정한 시간 내에 처리되어야 하는 시간제약조건을 갖는다. 따라서 시간제약조건을 갖는 공간질의를 처리할 수 있는 실시간 공간데이터베이스 시스템이 필요하다.

실시간 공간데이터베이스 시스템에서 실시간 공간질의의 처리를 하기 위해서는 기존의 실시간데이터베이스 시스템의 질의 처리 시 고려되지 않았던 실시간 공간데이터와 실시간 공간연산에 대한 처리가 필요하며, 실시간 공간데이터의 정의를 위해 공간질의어의 확장이 필요하다. 또한 실시간 공간질의에는 시간비중이 큰 공간연산이 포함되어 질의 처리과정 중에 실시간데이터가 유효성을 상실하는 문제가 발생할 수 있으며, 사용자가 요구한 실시간트랜잭션의 시간제약조건을 위반하게 될 수 있으므로 실시간 공간질의의 처리 시 실시간데이터와 실시간트랜잭션의 시간제약조건을 최대한 만족시키기 위한 고려가 필요하다[5,6].

본 논문에서는 실시간 공간질의의 처리 시 예측성을 최대화 하기 위해 질의에 빈번히 사용되는 데이터를 주기억상주 데이터베이스에 저장하였고[7], 공간데이터의 시간제약조건을 기술하기 위해서 공간질의어의 정의어 부분을 확장하였다. 또한 실시간 공간질의의 처리 시 실시간데이터와 실시간트랜잭션의 시간제약조건 만족을 최대화 하기 위해 공간질의의 분석과 연산 순서의 재배치 기법을 사용하여 실시간데이터의 유효성을 최대화 하고 실시간트랜잭션의 시간제약조건을 최대한 만족시킬 수 있도록 하였다.

본 논문의 구성은 2장에서 관련연구로 실시간데이터베이스 시스템에서의 질의 처리와 GIS 응용프로그램에서의 공간질의의 처리에 대해서 알아보고, 3장에서 실시간 공간데이터의 관리를 위한 공간질의어 확장에 대해 기술한다. 4장에서는 실시간 공간질의에서 시간제약조건 만족을 최대화 하기 위한 질의분석 및 재배치 기법에 대해 설명하고 5장에서는 구현된 실시간제약조건을 갖는 공간질의의 처리기의 실시간데이터 관리방법과 질의 처리 방법에 대해 설명하고 6장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 실시간데이터베이스 시스템

실시간데이터베이스 시스템은 트랜잭션이 데드라인과 같은 명백한 시

간제약조건을 갖는 데이터베이스 시스템으로 실시간트랜잭션은 데드라인을 만족했을 때 시스템에 완전한 이익을 줄 수 있다. 실시간트랜잭션 처리 시 접근하는 데이터 중 적시에 사용되어야만 실시간트랜잭션의 처리를 성공적으로 완료할 수 있는 데이터를 실시간데이터라 하며, 실시간데이터가 갱신되어야 하는 일정시간을 데이터의 유효간격(valid interval)이라 한다. 실시간데이터에 대한 연산을 포함하는 질의를 실시간 질의라고 하며 실시간데이터베이스 시스템은 실시간데이터를 지원하기 위해서 실시간데이터 객체를 정의하고, 실시간데이터 객체의 Age를 표현하고 관리 한다[8].

2.2 실시간 공간질의

공간질의는 주어진 질의 영역에 대하여 특정 공간 관계를 가지는 객체들에 대한 질의로, 공간질의와 비공간질의에 비해 가지는 가장 큰 차이점은 질의의 서술 혹은 질의 결과의 표현에 있어서 공간데이터가 연관되는 지 안 되는지의 여부이다[9,10].

교통 정보 시스템, 물류 시스템과 같은 시스템에서는 일정 시간 간격으로 갱신되어야 유효성을 유지하는 동적 공간데이터에 대한 질의가 발생한다[11]. 시간제약조건을 갖는 동적 공간데이터는 실시간 공간데이터베이스 시스템에서 실시간 공간데이터로 분류되며 실시간 공간데이터에 대한 연산을 포함하는 공간질의를 실시간 공간질의라 한다.

빈번히 발생하는 실시간 공간질의의 예로는 다음과 같은 것들이 있다.

- 지금 이동중인 내 차의 위치는 어디인지 30초내로 알려달라
- 인하대 반경 1km 내의 용급차량을 10초내로 찾아라
- 주안역 반경 2km 내의 속력이 50km/h 이상인 화물차량을 20초내에 모두 찾아라

3. 실시간 공간데이터의 관리

3.1 실시간 공간데이터

실시간 공간데이터베이스 시스템에서의 공간데이터는 크게 정적 데이터와 동적데이터로 구분 할 수 있다.

동적 공간데이터는 GIS 응용프로그램에서 빈번하게 갱신되고 검색되는 공간데이터로 일정시간 내에 갱신이 이루어져야 유효성을 유지하는 실시간데이터이다. 시간제약조건을 갖는 동적 공간데이터는 실시간데이터베이스 시스템에서 실시간 공간데이터로 표현된다.

동적 공간데이터는 갱신연산이 거의 일어나지 않는 데이터로 질의에서 빈번히 사용되는 데이터와 브라운우주에만 이용되는 데이터로 나눌 수 있다. 실시간 질의 처리 시 예측성을 최대화 하기 위해서 본 논문에서는 질의에 빈번히 사용되는 비실시간 공간데이터와 비공간데이터를 실시간 공간데이터와 함께 주기억상주 데이터베이스에 저장하여 관리한다.

3.2 실시간 공간데이터를 위한 공간질의어 확장

기존의 공간질의어에서는 실시간데이터에 대한 고려가 없었으므로 실시간데이터의 연산을 처리할 수 있도록 공간질의어의 확장이 필요하다. 실시간 공간데이터의 정의와 시간제약조건 기술의 위해 공간질의어의 정의어 부분을 확장하여 [그림 1]과 같이 테이블의 생성시에 실시간데이터에 WITH TIMESTAMP 질을 사용하여 실시간데이터임을 정의하고 실시간 객체가 타임스탬프 값을 갖도록 한다.

```
base_table_element
column_def
| table_constraint_def
.
column_def
column_name data_type opt_timestamp
.
opt_timestamp
/* empty */
| WITH TIMESTAMP
.
```

[그림 1] 실시간데이터 정의의 구문을 위한 EBNF

그리고 [그림 2]와 같이 CONSTRAINT 와 CHECK 구문에 실시간데이터 객체가 갖는 타임스탬프와 그와 관련된 함수를 이용하여 실시간데이터 객체에 대한 시간적인 일관성 제약조건을 표시한다.

```
table_constraint_def
/* empty */
| WITH TIMESTAMP check_constraint_def
.
check_constraint_def
/* empty */
| CHECK CONSTRAINT time_expression
.
```

[그림 2] 데이터의 시간적인 일관성제약조건 추가

4. 시간제약조건을 갖는 공간질의 처리

4.1 실시간트랜잭션의 시간제약조건 기술

트랜잭션의 수행 전에 트랜잭션의 실행 환경을 기술하기 위한 '트랜잭션 제어 구문(Transaction Control Statement)[12]이 있는데 대부분의 경우 실행 조건, 처리 방향, 수행할 연산의 성격 등을 기술한다. 본 논문에서는 사용자 자 요구하는 실시간트랜잭션의 제약조건과 몇몇 선택사항 들을 실시간트랜잭션에 반영하기 위하여 트랜잭션 제어 구문을 확장하였다.

- SET TRANSACTION DEADLINE *time_constraint*
실시간트랜잭션의 데드라인을 지정한다.
- SET TRANSACTION TYPE *real-time_transaction_type*
실시간트랜잭션의 타입(HARD, SOFT, FIRM) 지정한다.
- SET TRANSACTION WHEN_DEADLINE_FAIL { ABORT | IGNORE | TRIGGER *triggered_stored_proc* }
실시간트랜잭션의 수행중에 데드라인을 어겼을 때의 정책을 설정한다. ABORT는 트랜잭션이 데드라인을 이겼을 때 ABORT 시키고 IGNORE는 데드라인을 무시한다. TRIGGER는 현재의 작업을 ROLLBACK 한 후 별도의 질의를 수행시킬 수 있도록 한다. 작업 triggered_stored_proc은 지정 프로시저[13]로 트랜잭션 수행 전에 정의되어 있어야 한다.
- SET TRANSACTION WHEN_RTDATA_FAIL { ABORT | IGNORE | TRIGGER *triggered_stored_proc* }
트랜잭션의 연산수행 중에 실시간데이터에 접근하였을 때 실시간데이터가 유효성을 상실했을 때의 정책을 지정한다. ABORT를 선택하면 유효성을 상실한 실시간데이터에 접근하였을 때 트랜잭션을 ABORT 시키고, IGNORE는 이를 무시하고 연산을 수행한다. TRIGGER는 현재의 작업을 ROLLBACK 시키고 미리 선언된 triggered_stored_proc을 수행한다.

4.2 시간비율이 큰 공간연산을 포함하는 실시간 질의 처리

실시간 공간질의에 포함된 공간연산은 트랜잭션 중 수행시간에서 큰 비중을 차지하게 된다. 질의 처리과정 중에 공간연산에 소요시간으로 인해 실시간데이터가 유효성을 상실하는 문제가 발생할 수 있으며, 사용자가 요구한 실시간트랜잭션의 시간제약조건을 위반하게 될 수 있다. 그러므로 실시간 공간질의의 처리 시 실시간데이터와 실시간트랜잭션의 시간제약조건을 최대한 만족시키기 위한 고려가 필요하다.

4.2.1 질의 분석

실시간 공간질의는 술어를 각 연산들로 분해하고 분석하여 피연산자(데이터)의 종류에 따라 [표 1]과 같이 구분한다. 본 논문에서는 공간질의의 처리를 위해서 연산을 다음과 같이 네 가지로 분류한다.

[표 1] 실시간 공간데이터베이스 시스템에서의 연산의 종류

실시간 공간연산	공간연산자	실시간 공간데이터 포함
비실시간 공간연산	공간연산자	비실시간 공간데이터
실시간 비공간연산	비공간연산자	실시간 비공간데이터 포함
비실시간 비공간연산	비공간연산자	실시간 비공간데이터

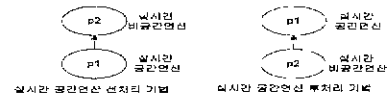
4.2.2 질의 재배치

4.2.2.1 실시간 연산과 비실시간 연산의 순서 결정

실시간 공간질의의 처리시 전체 질의의 수행시간 보다 실시간데이터의 유효기간이 짧을 경우 트랜잭션 수행 완료 시점에서 실시간데이터는 유효성을 상실할 수 있다. 이때 실시간연산의 순서를 비실시간연산 이후로 미루어 처리하게 되면 실시간데이터의 유효성 상실을 최대한 막을 수 있다. 본 논문에서는 실시간데이터에 대한 연산과 비실시간데이터에 대한 연산이 혼합된 실시간 공간질의의 처리시 실시간 연산을 pull-over 하고 비실시간 연산을 push-down 한다. 비실시간 연산간의 순서는 일반적인 공간질의의 최적기에서 적용되는 연산의 비용에 따른 처리 순서를 따른다.

4.2.2.2 실시간 연산간의 순서 결정 방법

실시간데이터에 대한 연산의 순서를 결정함에 있어서 고려해야 할 것은 실시간데이터의 시간제약조건과 실시간트랜잭션의 시간제약조건을 만족해야 하는 것이다. 실시간 공간데이터와 실시간 비공간데이터의 순서를 결정하는 방법은 다음 그림과 같이 두 가지가 있다.



[그림 3] 실시간 연산 순서 결정 정책

<실시간 공간연산 선처리 기법>

공간연산이 비공간연산에 비해 연산 시간이 상대적으로 크기 때문에 비공간데이터에 대한 연산을 먼저 수행한 후 공간데이터에 대한 연산을 수행할 경우 공간연산이 진행되는 동안 비공간데이터의 유효성이 상실되는 것을 막을 수 있다. 그런데 공간연산이 먼저 이루어지게 되면 비공간연산을 먼저 수행한 후에 공간연산을 수행하였을 때에 비해 처리 시간에 상당히 많은 차이가 생길 수 있고 그로 인해 실시간트랜잭션의 데드라인을 초과할 수 있다.

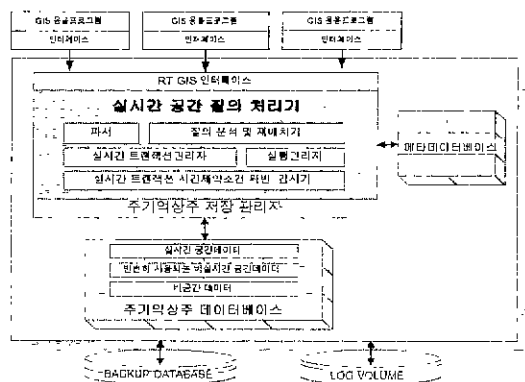
<실시간 공간연산 후처리 기법>

실시간 비공간데이터의 유효성을 희생시키더라도 실시간트랜잭션의 시간제약조건을 만족을 위해 실시간 공간연산을 먼저 수행한다.

실시간 공간질의의 처리시 실시간 비공간데이터의 유효성의 만족과 실시간트랜잭션의 데드라인 만족 중에서 상대적으로 비용과 시간측면에서 손실이 적은 방법을 선택하는 것이 시스템에 유리할 것이다. 본 논문에서는 일반적인 실시간 공간데이터베이스 시스템의 적용 분야에서 발생하는 대부분의 트랜잭션이 소프트 트랜잭션임을 감안하여 <실시간 공간연산 후처리 기법>을 채택한다.

5. 시간제약조건을 갖는 공간질의 처리기의 구현

5.1 구조



[그림 4] 실시간 공간질의의 처리기 구조

실시간 공간질의 처리기는 [그림 2]와 같이 크게 파시, 질의 분석 및 제배치 처리, 실시간트렌젝션 관리자, 실행관리자 실시간트렌젝션 시간제약조건 위반 감시기로 구성된다
실행관리자는 실시간 연산처리기의 공간연산처리기가 결합된 구조이다

5.2 실시간데이터의 관리

[그림 5]와 같이 실시간데이터를 포함하는 테이블을 생성할 수 있으며 생성된 테이블에 실제 데이터가 삽입되면 [그림 6]과 같이 저장된다

```
CREATE TABLE CAR_TABLE (
    CAR_ID          STRING,
    LOCATION        POINT WITH TIMESTAMP,
    SPEED           INTEGER WITH TIMESTAMP,
    MODEL           CHECK CONSTRAINT INTERVAL 1D,
    OWNER          CHECK CONSTRAINT INTERVAL 5,
    MODEL_OWNER    (STRING, STRING.)
)
```

[그림 5] 테이블 생성 질의의 예

CAR_ID	LOCATION	SPEED	MODEL	OWNER
ABC9801	(100,300)	80 km/h	INHA2000	J.O LIM
ABD9802	(400,700)	100 km/h	INHA1500	KB KIM

[그림 6] CAR_TABLE 저장 구조의 예

[그림 6]에서 LOCATION 과 SPEED 는 WITH TIMESTAMP 구문에 의해 실시간 공간데이터로 정의 되어 데이터 값 뿐만 아니라 값에 대한 갱신이 발생한 경우 갱신 시간을 저장하기 위한 타임스탬프를 별도로 유지하고 관리하여 실시간데이터에 가해진 제약조건을 검사할 수 있다

5.3 실시간 공간질의 처리

[그림 7]는 확장된 트랜잭션 정의 언어를 이용하여 사용자가 실시간트렌젝션의 실행 구문을 작성한 예이다 사용된 질의는 "인하대 근방 1킬로미터 이내에 있는 이동속도가 80km 이하인 응급차량을 찾아라" 이다

```
Stored Procedure 정의문
create Update_Location_Proof (Car_ID) {
    GEOMETRY Location,
    GET_NEW_LOCATION_FROM_DEV( CAR_ID, &Location ),
    UPDATE CAR_TABLE
    SET LOCATION = Location
    WHERE CAR_ID = :Car_ID,
}

사용자 프로그램의 일부
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION
char Car_ID[30];
GEOMETRY Location;
EXEC SQL END DECLARE SECTION

Find_Some_TAXI( POLYGON poly ) {
    getNewCarId (&Car_ID, &Location );
    SET TRANSACTION DEADLINE 20;
    SET TRANSACTION TYPE_SOFT_TRANSACTION
    SET TRANSACTION WHEN_DEADLINE_FAIL ABORT;
    SET TRANSACTION WHEN_RTDATA_FAIL
    Update_Location_Proof( text_ID );
}

EXEC SQL SELECT CAR_ID
FROM CAR_TABLE, BUILDING_TABLE
WHERE CAR_USAGE = 'EMERGENCY'
AND BUILDING_NAME = 'Inha University'
AND DISTANCE( CAR_LOCATION,
              BUILDING_LOCATION ) <= 1000
AND CAR_SPEED <= 80;
```

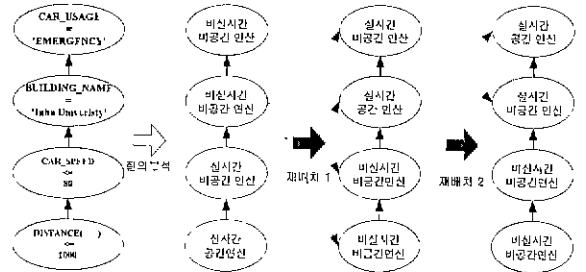
[그림 7] 예제 사용자 프로그램

프로그램 코드를 살펴보면 실시간트렌젝션의 데드라인은 20 초, 실시간 트랜잭션의 종류는 소프트 트랜잭션이고, 트랜잭션이 시간제약조건을 위반하였을 때는 철회시킨다 그리고 트랜잭션 수행 시 실시간데이터기 유효성을 상실했을 때는 저장 프로시저를 호출하여 유효성을 상실한 실시간데이터를 갱신한다

실시간 공간질의 질의 분석 및 제배치기에 의해 다음의 순서에 의해 제배치 된다

- ① 질의 분석
- ② 실시간 연산과 비실시간 연산의 제배치
- ③ 실시간 공간연산과 실시간 비공간연산의 제배치

[그림 8]은 실시간 공간질의 처리기의 실시간 공간질의 분석 및 제배치 과정을 보이고 있다



[그림 8] 실시간 공간 질의 분석 및 제배치 과정

6. 결론

실시간 공간데이터베이스 시스템에서의 질의 처리 시에는 기존의 실시간데이터베이스 시스템의 질의 처리 시 고려 되지 않았던 실시간 공간데이터와 실시간 공간연산에 대한 처리가 필요하다 본 논문에서는 실시간 공간질의 처리를 위하여 공간데이터의 시간제약조건 기술을 위한 공간질의어의 정의와 부문을 확장하였으며, 실시간 공간질의 처리 시 실시간데이터의 실시간트렌젝션의 시간제약조건 만족를 최대화 하기 위해 공간질의 분석과 연산 순서의 제배치 방법을 사용하여 실시간데이터의 유효성을 최대화 하고 실시간트렌젝션의 시간제약조건을 최대한 만족시킬 수 있도록 하였다 또한 실시간 공간질의 처리 시 예측성을 최대화 하기 위해 질의에 빈번히 사용되는 데이터를 주기적상주 데이터베이스에 저장하였다. 제안된 방법은 실시간 공간데이터베이스 시스템의 질의처리기로 구현되었다

참고 문헌

- [1] D W Schudler, "Use of geographic information system global positioning system technology in moose census a habitat evaluation," Symposium on GIS Vol 2, pp 787-798 1994
- [2] G H Forman and J Zahorjan, "The challenges of mobile computing," IEEE Computer, pp. 38-47 April 1994
- [3] H C Harrison A J Deegan, "A Geographical Database Approach to the Optimization of the Irish Postal Networks," Univ College Dublin, Ireland.
- [4] T Imielnski and B R Badrnath, 'Mobile wireless computing,' Communications of the ACM vol, 37, no 10, pp 18-28, October 1994
- [5] Y Kim, "Predictability and Consistency in Real-Time Transaction Processing", Ph D thesis, University of Virginia, May 1995
- [6] S Son, "Developing a Database System for Time-Critical Applications," In Database and Expert Systems Applications (Edited by V Marik, J Lazansky, R R Wagner), pp 313-324. Springer-Verlag, 1993
- [7] H Garcia-Molina, and K Salem "Main Memory Database Systems An Overview", IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol 4, No 6, 1992
- [8] B Kao and H Garcia-Molina, "An Overview of Real-Time Database Systems," Advances in Real-Time Systems, pp 463-486, Prentice Hall, 1995
- [9] Egenhofer, Max J & Frank, A. Towards a Spatial Query Language User Interface Considerations Proc of 14th International Conference on Very Large Data Bases. Los Angeles, CA, S A, 1988
- [10] Egenhofer Max J, Spatial SQL a Query and Presentation Language, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 1992
- [11] A Sandell, P Stromback, "Real-time GIS with continuous, dynamic visualisation of data, design-issues Proceeding of EGIS, 1994
- [12] Don Chamberlin, Using the new DB2, 1995
- [13] DC Area Sybase User Group, "Introduction to Sybase Architecture - Sybase Stored Procedures", http://www.dgsys.com/~dcasug/sybmintro/storproc.html