

## 궤적 데이터의 효율적인 연산 및 질의 처리 방법 연구

유기현<sup>○</sup>, 양평우<sup>\*</sup>, 조현구<sup>\*</sup>, 남광우<sup>\*</sup>

<sup>○</sup>군산대학교 컴퓨터정보공학과

e-mail:khyoo1221@kunsan.ac.kr<sup>○</sup>, {manner7979, pseudojo, kwnam}@kunsan.ac.kr<sup>\*</sup>

## A Study on the Method for Efficient Operation and Query Processing of the Trajectory Data

Ki Hyun Yoo<sup>○</sup>, Pyoung Woo Yang<sup>\*</sup>, Hyun Gu Cho<sup>\*</sup>, Kwang Woo Nam<sup>\*</sup>

<sup>○</sup>Dept. of Computer Information Engineering, Kunsan National University

### ● 요약 ●

최근 모바일 장비 및 시스템의 발달로 위치정보와 이동 객체에 관련된 많은 서비스들이 연구되고 있다. 궤적은 이동 객체가 시간에 따라 변하는 위치정보들의 모음이다. 기존의 데이터베이스 시스템에서는 이동 객체 데이터 타입을 지원하지 않는다. 이 논문에서는 공간 데이터베이스로 많이 활용되고 있는 PostgreSQL/PostGIS 상에서 궤적 데이터의 연산 및 질의 처리가 가능한 확장형 모듈로써 PostTrajectory를 제안하고 있다. 또한, 궤적 데이터에 대한 다양한 질의 요구 조건들을 충족시킬 수 있는 함수들을 구현하여 궤적 데이터의 효율적인 질의 처리를 가능하게 하였다.

키워드: PostgreSQL, PostGIS, 궤적, 이동 객체

## I. 서론

이동 객체 데이터베이스는 공간상에서 계속 변하는 사용자의 위치에 맞는 지리정보를 가져와서 데이터를 처리해야 하기 때문에 공간 데이터를 효율적으로 사용하여야 한다. 하지만 이러한 공간 데이터는 방대하기 때문에 모바일 단말기만으로 데이터를 처리하기 힘들고 대용량의 공간 데이터베이스 안에서 저장 및 처리되어야 한다. 기존의 데이터베이스에 궤적을 저장하기 위해서는 이동 객체의 시간정보와 위치정보를 각각 저장할 한다. 이 때 각 이동 객체의 한 순간 위치마다 테이블의 한 row에 저장을 하게 되고, 각 row마다 이동 객체에 대한 정보 또한 저장을 하여야 하기 때문에, 많은 데이터베이스의 공간을 낭비하게 된다. 또한 row 수의 많은 증가로 인하여 검색의 효율성 또한 떨어지게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 이동객체 및 궤적에 대한 데이터모델링과 질의처리에 관한 관련연구를 소개한다. 3장에서는 이동객체 연산자 구현에 대해 설명하고, 4장에서는 궤적 연산 알고리즘에 대해 살펴본다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

### 1. 관련연구

이 장에서는 이동 객체를 표현하기 위하여 기존의 공간 객체 모델과 이동객체 모델의 연구에 대해서 알아본다.

### 1.1 CHOROCHRONOS

이동객체를 표현하기 위한 데이터 형으로 이동점객체(moving point), 이동면객체(moving polygon)등을 정의하고, 각 데이터 형에 대해 정사영 연산자, 상호연산자, 변화율에 대한 연산자 등을 이동객체 기본연산자로 정의하였다[1,2,3].

### 1.2 DOMINO

DOMINO는 DBMS에 이동 객체 데이터베이스를 지원하는 것이 목적으로 연구되었다. DOMINO에서는 이동 객체가 업데이트 되면 현재 위치뿐 아니라 예상되는 미래 위치도 제공을 하기위해 MOST 모델을 제안하였다. 또한 FTL(Future Temporal Logic) 질의 언어를 제안하여 기본 SQL에 시간 연산자와 공간 연산자를 추가하였다[4,5].

### 1.3 HERMES

HERMES는 Trajectory Database를 위한 최신의 질의 처리 알고리즘의 완벽한 셋을 나타내는 첫 번째 연구 결과물이다. HERMES는 오라클 10g의 객체 관계 데이터베이스 관리 시스템의 시공간 기능을 제공하기 위하여 시스템 확장을 통하여 개발되었다. HERMES의 주요 목표는 연속적인 이동 객체의 모델링과 질의의 지원이다. 이 시스템은 이론적인 시간이나 이론적인 공간 시스템을 통해 각각 사용될 수 있는 방법을 위해 설계되었고 중요 기능은 연속적인 이동 객체 질의와 모델링을 지원하는 것이다[6,7].

### 1.4 SECONDO

SECONDO는 이동객체 데이터베이스를 위한 데이터 모델의 구현 및 실험을 가능하게 하는 하나의 플랫폼이다. SECONDO 시스템은 몇몇 이용 가능한 algebra 모듈들로 확장 가능하다. 또한, SECONDO는 이동객체 데이터베이스를 위한 벤치마크 시스템인 BerlinMOD를 지원한다[8,9,10].

본 논문에서는 궤적 데이터의 연산 및 질의 처리를 위하여 PostgreSQL/PostGIS의 확장형 모듈로써 PostTrajectory를 제안한다.

## III. 본 론

### 1. PostTrajectory 연산자

공간 데이터의 연산 및 질의를 위해서는 다양한 연산자들이 요구된다. PostTrajectory는 궤적 및 이동 객체의 속성을 고려한 다양한 연산자들을 구현하였다. 이러한 연산자들은 크게 위상 관계 연산자, 시간 관계 연산자, 공간 관계 연산자들로 구분된다.

#### 1.1 위상 관계 연산자

먼저, 위상 관계 연산자는 궤적 및 이동 객체의 위치, 그리고 이동 방향에 따라 구분한 것으로 각각 분리(Disjoint), 접촉(Touch), 진입(Enter), 내재(Inside), 퇴거(Leave), 통과(Pass)의 상태를 나타낸다.

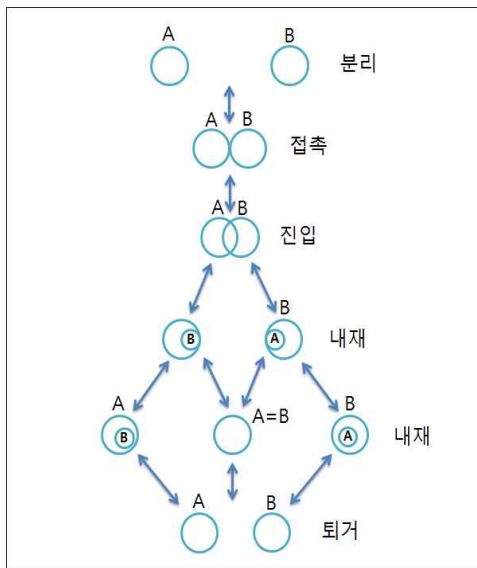


그림 1. 궤적 및 이동 객체의 위상 관계[11]  
Fig. 1. Topological Relationship of Trajectory and Moving Object[11]

그림 1은 위에서 언급한 6가지 유형 중 통과를 제외한 궤적 및 이동 객체의 상태를 도식화 한 것이다. 궤적 및 이동 객체가 통과하는 상태는 단일 상태가 아닌 나머지 5가지 유형이 모두 포함될 때 유효하다.

그림 2는 위상 관계 연산자 중 진입(Enter)에 대한 알고리즘이다.

```

알고리즘 Enter
Input
g1 : tpoint[]
region : geometry
Output
result : Bool
Begin
traj : line;
if (g1 !=NULL || region != NULL) then
    traj <- TT_trajectory(g1);
    result <- ST_Intersects(traj, region);
end if
End
    
```

그림 2. 알고리즘 Enter  
Fig. 2. Algorithm Enter

#### 1.2 시간 관계 연산자

일반적으로, 궤적은 시간에 따른 이동 객체의 이동 거리를 나타내기 때문에 PostTrajectory는 시간을 고려한 연산자들도 정의 되어야 한다.

PostTrajectory는 시간 연산을 위해 TT\_Equal, TT\_Overlaps, TT\_During, TT\_Intersect 등을 구현하였다. 이렇게 구현된 시간 관계 연산자들은 다른 연산자들과 함께 사용되어 좀 더 효율적인 질의 성능을 가능하게 한다.

#### 1.3 궤적 관계 및 측정 연산자

PostTrajectory는 기존에 개발된 OGC의 SFG(SFG: OpenGIS Simple Feature Geometry) 모델[12]을 기반으로 궤적 관계 및 측정 연산자들을 구현 하였다.

```

알고리즘 Intersect
Input
g1, g2 : tpoint[]
Output
result : MBool
Begin
interval : periods;
s1, s2 : tpoint[];
intersection : tpoint[];
if ((g1 !=NULL || g2 != NULL) || TP_Intersects(g1, g2)) then
    interval <- TP_Intersection(g1, g2);
    s1 <- TT_atPeriods(g1, interval);
    s2 <- TT_atPeriods(g2, interval);
    intersection <- TT_Intersection(s1, s2);
    result <- MakeMBoolean(intersection);
end if
End
    
```

그림 3. 알고리즘 Intersect  
Fig. 3. Algorithm Intersect

그림 3과 그림 4는 궤적 관계 연산자 중 궤적 및 이동 객체의 교차 상태를 확인하는 Intersect 연산 알고리즘과 궤적 및 이동 객체와의 거리를 계산하는 Distance 연산 알고리즘을 나타내고 있다.

```

알고리즘 Distance
Input
g1, g2 : tpoint[]
Output
result : MReal
Begin
interval : periods;
s1, s2 : tpoint[];
intersection : tpoint[];
if ((g1 !=NULL || g2 != NULL) || TP_Intersects(g1, g2))
then
    interval <- TP_Intersection(g1, g2);
    s1 <- TT_atPeriods(g1, interval);
    s2 <- TT_atPeriods(g2, interval);
    inst_arr : Timestamp[];
    inst_arr <- TP_Seg(s1, s2);
    i : int;
    i <- 0;
    while (i < inst_arr.length)
    then
        tpoint1 <- TT_atInstant(s1, inst_arr[i]);
        tpoint2 <- TT_atInstant(s2, inst_arr[i]);
        result[i] <- ST_Distance(TT_Val(tpoint1),
        TT_Val(tpoint2));
        i++;
    end while
end if
End
    
```

그림 4. 알고리즘 Distance  
Fig. 4. Algorithm Distance

PostTrajectory는 이 외에도 궤적 및 이동 객체와의 연산을 수행하기 위해 다양한 연산자들을 지원한다.

#### IV. 시스템 구현

PostTrajectory 시스템은 PostgreSQL/PostGIS에 궤적 데이터를 효율적으로 처리할 수 있도록 데이터 타입을 정의하고 궤적 데이터의 삽입, 삭제, 갱신, 검색이 가능하도록 하였다. 그림 5는 PostTrajectory 시스템의 전체적인 시스템 구조를 보여주고 있다.

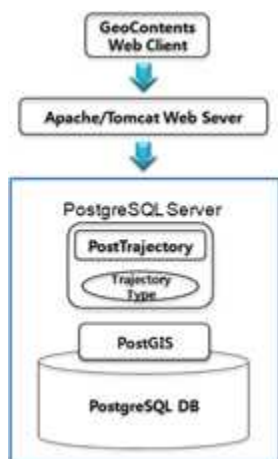


그림 5. PostTrajectory 시스템 구조[13]  
Fig. 5. PostTrajectory System Architecture[13]

PostgreSQL Server는 PostgreSQL에 궤적 데이터를 삽입하기 위하여 본 논문에서 제안하고 있는 궤적 저장 기법을 적용한 데이터베이스로 HERMES 시스템의 ORDBMS Tier와 같은 기능을 수행하는 서버이다.

#### V. 결론

본 논문에서는 궤적 데이터의 연산 및 질의 처리성을 향상시키기 위해 PostgreSQL/PostGIS의 확장형 모듈로서 PostTrajectory를 제안하고 구현하였다. PostTrajectory 시스템은 PostgreSQL/PostGIS에 궤적 데이터를 효율적으로 처리할 수 있도록 데이터 타입을 정의하고 궤적 데이터의 삽입, 삭제, 갱신, 검색이 가능하도록 설계 되었다. 또한, 궤적 데이터에 대한 다양한 질의 요구 조건들을 충족시킬 수 있는 함수들을 구현하여 궤적 데이터의 효율적인 질의 처리를 가능하게 하였다. 향후 연구 계획으로는 대용량의 궤적 데이터 환경에서의 질의 처리 방법 및 빠른 검색을 위한 인덱스 구축 방법에 대한 연구가 수행될 것이다.

#### 감사의글

이 논문은 정부의 재원으로 한국연구재단이 지원하는 일반 연구자 지원 사업(2013R1A1A4A01013416)과 국토교통부 국토공간정보 연구사업의 연구비 지원(14NSIP-B080144-01)에 의해 수행된 연구의 결과물임.

#### 참고문헌

- [1] T. K. Sellis, "CHOROCHRONOS: Research on Spatiotemporal Database Systems", DEXA Workshop, pp. 452-456, 1999.
- [2] M. Erwig, R. H. Güting, M. Schneider and M. Vazirgiannis, "Spatio-Temporal Data Types: An Approach to Modeling and Querying Moving Objects in Databases", GeoInformatica 3(3), pp. 269-296, 1999.
- [3] R. H. Güting, M. H. Bohlen, M. Erwig, C. S. Jensen, N. A. Lorentzos, M. Schneider, M. Vazirgiannis, "A Foundation for Representing and Querying Moving Objects" ACM Transactions on Database Systems, Volume 25, pp. 1-42, 2000.
- [4] O. Wolfson, A. P. Sistla, B. Xu, S. J. Zhou, S. Chamberlain, "DOMINO: Databases fOR MovING Objects tracking", Proceedings of the SIGMOD International Conference on Management of Data, pp. 547-549, 1999.
- [5] A. P. Sistla, O. Wolfson, S. Chamberlain, S. Dao, "Modeling and Querying Moving Objects", Proc. ICDE, pp. 422-432, 1997.
- [6] N. Pelekis, Y. Theodoridis, S. Vosinakis, T. Panayiotopoulos, "Hermes - A Framework for Location-Based Data Management", Proceedings of EDBT, vol 3896/2006, pp. 1130-1134, 2006.
- [7] N. Pelekis, E. Frenzos, N. Giatrakos, Y. Theodoridis,

- “HERMES: Aggregative LBS via a Trajectory DB Engine”, Proc. SIGMOD, 2008.
- [8] S. Dieker and R. H. Güting, “Plug and play with query algebras: SECONDO - A generic DBMS development environment” In Proc. of the International Symposium on Database Engineering & Applications, IEEE Computer Society, pp. 380-392, 2000.
- [9] R. H. Güting, T. Behr, V. T. de Almeida, Z. Ding, F. Hoffmann, and M. Spiekermann, “SECONDO: An Extensible DBMS Architecture and Prototype”, Fernuniversität Hagen, Informatik Report 313, 2004.
- [10] C. Duntgen, T. Behr, and R. H. Güting, “BerlinMOD: A Benchmark for Moving Object Databases”, VLDB J., 18(6), pp. 1335-1368, 2009.
- [11] M. Erwig and M. Schneider, “Spatio-Temporal Predicates”, IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering, 14(4), pp. 881-901, 2002.
- [12] OpenGIS Consortium, Inc., “OpenGIS Simple Features Specification For SQL Revision 1.1”, 1999.
- [13] 양평우, 이용미, 이연식, 남광우, “PostgreSQL/PostGIS 기반의 궤적 정보 저장 및 질의”, 한국공간정보학회지, pp. 57-64, 2011.
- [14] 김경숙, 임복자, 남광우, 이기준, “이동객체 컴포넌트 설계 및 구현”, 한국GIS학회 2003년도 공동 춘계 학술대회 논문집, pp. 201-207, 2003.
- [15] 김경숙, 권오제, 변희영, 조대수, 김태완, 이기준, “이동객체를 위한 질의처리 컴포넌트의 설계 및 구현”, 개방형 GIS학회 논문지 제6권 1호, pp. 31-50, 2004.