

# 최적 경로 서비스 지원을 위한 이동 객체의 이동 패턴 탐사 알고리즘

고 현\*, 김광종\*, 이연식\*  
\*군산대학교 컴퓨터정보과학과  
e-mail:khyun001@kunsan.ac.kr

## Moving Pattern Mining Algorithm of Moving Object for Support of Optimal Path Service

Hyun Ko\*, Kwang-Jong Kim\*, Yon-Sik Lee\*  
\*Dept of Computer Information Science, Kun-San National University

### 요 약

최근 위치 측위 기술의 발달 및 GPS 기술의 상용화로 인해 무선 통신 기기의 보급이 증가하면서 다양한 위치 기반 서비스 개발을 위한 노력이 활발히 진행되고 있다. 사용자들의 특성에 맞게 개인화되고 세분화된 위치 기반 서비스를 제공하기 위해서는 방대한 이동 객체의 위치 이동 데이터로부터 의미있는 지식인 유용한 패턴을 추출하기 위한 시간 패턴 탐사가 필요하다. 기존의 시간 패턴 탐사 기법들 중 일부는 이동 객체의 시간에 따른 공간 속성들의 변화를 충분히 고려하지 못하거나 또는 시공간 속성을 동시에 고려한 패턴 탐사는 가능하나 전체 이동 패턴들 중 추출하고자 하는 패턴에 반드시 포함되어야 하는 공간 정보에 대한 제약이 없어 특정 지점들 사이의 최적 이동 경로 탐색 문제나 단위 시간 동안 이동 객체가 순회해야 지점들에 대한 스케줄링 경로 예측 문제 등에 적용하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 이동 객체의 위치 이력 데이터들에 대한 시공간 속성들을 고려하여 다양한 이동 패턴들 중 객체의 최적 이동 경로에 해당하는 패턴을 탐색하기 위한 새로운 시간 패턴 마이닝 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 특정한 지점들 사이를 이동한 객체의 위치 데이터들 중 객체가 가장 빈번하게 이동한 경로를 탐색하여 최적 경로를 결정하는 알고리즘으로, 공간 추상 계층의 각 계층별 영역 내 포함여부를 고려한 위치 일반화를 수행하여 보다 효과적으로 이동 패턴을 탐색할 수 있다.

### 1. 서론

모바일 환경에서 모바일 기기 사용자들은 시간의 흐름에 따라 공간상을 끊임없이 이동하며 새로운 위치 정보를 지속적으로 생성 및 갱신하는 이동 객체이다. 이동 객체의 위치 이력 데이터를 이용하여 효과적인 위치 기반 서비스를 제공하기 위해서는 위치 데이터들로부터 특정한 정보나 특성들을 추출하여 서비스화 할 수 있는 방법이 필요하다. 현재까지 연구된 위치 기반 서비스를 위한 방법들은 객체의 시간에 따른 위치 변화성을 고려하여 객체의 위치 및 궤적을 추적하는 방법들[1]과 객체의 현재 위치, 속도, 방향 정보를 이용하여 미래의 위치를 예측하기 위한 방법들[2]이 제안되었다. 이러한 방법들은 이동 객체의 이력 데이터를 효과적으로 탐색할 수 있도록 하는 방법들만을 제시한 것일 뿐 이동 데이터 자체 혹은 데이터들 간의 관계에 내포된 의미있는 지식 추출을 위한 패턴 탐사에는 한계가 있다. 따라서 사용자들의 특성에 맞게 개인화되고 세분화된 서비스를 제공하기 위해서는 방대한 이동 객체의 위치 이력 데이터로부터 의미있는 지식인 유용한 패턴을 탐색하기 위한 시간 패턴 탐사가 필요하다. 시간 패턴은 시간 속성을 가진 데이터로부터 찾아낼 수 있는 시간 지식으로 현재 시간 패턴의 유형별로 순차 패턴[3], 주기 패턴[4], 시간 관계[5]에 관한 많은 기법들이 제시되었다.

하지만 기존의 시간 패턴 탐사 기법들은 대부분 시간 스탬프를 갖는 데이터를 대상으로 패턴 탐사를 수행하기 때문에 시공간 속성을 동시에 고려해야 하는 이동 객체의 패턴 탐사 문제에 적합하지 않다. 또한, [6,7]과 같은 기법들은 시간과 공간 속성을 개별적으로 고려하는 문제가 있고, [8,9]는 시공간 속성을 동시에 고려하여 패턴 탐사를 수행할 수 있으나, 시공간 제약을 만족하는 패턴을 추출하기 위한 탐사에는 적용하기 어렵다. 이에 본 논문에서는 이동 객체의 위치 데이터들에 대한 시공간적 속성들을 고려하여 다양한 이동 패턴들 중 최적 이동 경로나 스케줄링 경로와 같은 공간 제약을 가진 이동 패턴들을 추출할 수 있는 새로운 패턴 탐사 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 특정 지점들 간을 이동한 객체의 위치 이력들 중 가장 빈번하게 이동한 경로를 탐색하여 최적 경로를 결정하는 빈발 패턴을 이용한 탐사 알고리즘으로, 상세 수준의 위치 이력 데이터들을 의미있는 공간 영역 정보로 위치 일반화하여 효율적으로 이동 패턴 탐사를 수행할 수 있다.

본 논문의 구성은 2장에서 관련연구로서 기존의 데이터 마이닝 기법들에 대해 기술하고, 3장에서는 시공간 제약을 만족하는 패턴의 빈발도를 이용한 패턴 탐사 기법에 대한 정의 및 탐사 과정을 유도한다. 마지막으로 4장에서는 결론 및 향후 연구 과제를 제시한다.

## 2. 관련연구

시간 데이터 마이닝은 “방대한 양의 누적된 다양한 시간 데이터로부터 이전에 잘 알려지지는 않았지만, 목적이 있고 잠재적으로 유용한 시간 지식을 추출하는 기술”로 정의된다[13]. 현재까지 시간 데이터로부터 시간 지식을 탐사하기 위한 시간 데이터 마이닝에 대한 많은 연구가 수행되었으며, 기존의 연구들은 크게 시간 규칙(temporal rules) 탐사, 시퀀스 마이닝(sequence mining), 경향 분석(trend analysis) 등으로 분류된다. 시간 규칙 탐사는 연관 규칙 탐사나 분류 등의 기존 데이터 마이닝 기법에 시간 차원을 확장하여 주기 패턴[7], 캘린더 패턴[14,15] 등과 같은 시간 패턴을 탐사하도록 확장한 기법으로 시간 연관 규칙(temporal association rule), 시간 분류, 시간 특성화 등과 같은 기법들로 구분된다. 시퀀스 마이닝은 시퀀스 데이터로부터 의미있는 패턴을 탐사하는 기법으로 순차 패턴 탐사[5,6,16], 에피소드 탐사[17][18], SPIRIT, GSP 등이 있으며, 경향 분석은 시계열 데이터로부터 여러 형태의 경향을 탐사하는 기법으로 유사 시계열 탐사[19,20], 예외분석[21] 등이 있다. 하지만 기존의 마이닝 기법들은 단순히 시간 데이터를 대상으로 하여 지식 탐사를 수행하기 때문에 시공간 속성을 모두 가지는 이동 객체의 시간 패턴 탐사에 적용하기에는 많은 문제점들이 발생할 수 있다.

이외에도 시간 데이터 마이닝 기법에 대한 연구들 뿐만 아니라 시공간 속성을 가지는 데이터에 대해 지식 탐사를 하기 위한 연구도 수행되었다. [9]는 공간 데이터에 대한 지식이 시간에 따라 어떻게 변화하는가를 탐사하는 것으로, 메타규칙(meta-rule)을 통해 규칙 속에서의 또 다른 규칙을 탐사하기 때문에 시간과 공간 속성을 동시에 다루지 않는다. [10]은 특정 지역 내에서 일어난 환경적인 사건의 패턴을 탐사하는 것으로 각 지역은 일정한 크기를 가지는 것으로 한정하고 있어 실세계 공간 영역 상에서의 공간 객체 간의 관계 및 의미를 반영하기 어렵다는 문제점이 있다. 한편, [11,12]는 기존의 마이닝 기법들이 이동 객체의 시간 및 공간 속성을 동시에 고려할 수 없는 문제를 해결하기 위한 방법으로, 이동 객체의 각 위치를 공간 영역으로 일반화하는 공간 연산을 적용함으로써 이동 객체의 시간 패턴을 탐사할 수 있도록 한 기법이다. 하지만 [11,12]의 경우 이동 객체의 공간 속성을 충분히 고려하여 공간 정보가 연속적으로 변화하는 이동 패턴 탐사는 가능하나, 제약이 있는 공간 영역에서의 위치 변화에 대한 의미있는 패턴 탐사를 수행하기는 매우 어렵다. 즉, 추출하고자 하는 패턴에 반드시 포함되어야 하는 공간 정보에 대한 제약이 없어 특정 지점들 사이의 최적 이동 경로 탐색 문제나 이동 객체가 순회해야 지점들에 대한 스케줄링 경로 예측 문제 등에 적합하지 않다. 따라서 이동 객체의 위치 이동 데이터들에 대한 시공간적인 속성들을 고려하여 다양한 이동 패턴들 중 최적 이동 경로나 스케줄링 경로 예측과 같이 공간 제약을 가진 이동 패턴을 탐사하기 위한 새로운 방법이 필요하다.

## 3. 최적 경로 탐색을 위한 이동 패턴 탐사

### 3.1 패턴 빈발도를 이용한 이동 패턴 탐사 정의

최적 경로 탐색을 위한 이동 패턴 탐사는 방대한 이동 객체의 위치 이력 데이터들로부터 특정한 지점들 간을 이동하는 객체의 다양한 패턴들 중 시공간 제약을 만족하고 가장 빈발도가 높은 패턴을 추출하여 최적의 경로를 탐색하기 위한 방법으로, 이동 객체 데이터베이스로부터 이동 객체의 연속적 위치변화를 효과적으로 패턴화하기 위해 공간 영역 일반화 접근법을 사용하여 이동 시퀀스를 생성하고, 생성된 시퀀스들 중 최대 지지도를 만족하는 빈발

시퀀스들을 탐색하여 하나의 최적 패턴으로 결정하는 기법이다. 제안된 방법의 기본 개념은 특정 지점 간을 이동하는 다양한 패턴들 중 가장 빈번하게 발생한 패턴이 가장 최적의 비용을 소요할 것이라는 가정을 기반으로 한다.

실세계에서 객체들은 특정 지점에서 목적지까지 이동하는데 있어 가장 빠르고 가장 짧은 거리의 경로를 통해 이동하려는 성향을 가진다. 이러한 성향이 부합하여 가장 대표적으로 이용되고 있는 네비게이션 서비스의 경우, 거리 대비 시간의 상관관계에서 두 요소의 증가율이 비례한다는 개념을 기반으로 최단 경로 서비스를 제공하고 있다. 사실상 최단 경로 서비스는 이동 거리가 증가하면 소요되는 시간이 증가하기 때문에 다양한 차량 소통 상황에 적절히 대처하지 못하고 상향된 대안 경로를 제공할 수 없어 최적 비용을 소요하는 경로로서의 의미가 반감된다. 실제 이동 객체들은 많은 이동 경험치에 따라 개별적으로 각 지점들 사이의 경로들 중 최적 경로를 선택하여 이주하고 있다. 따라서 이동 객체가 가장 빈번하게 이용하는 경로가 최적의 비용을 소요하는 경로가 될 수 있다. 시공간 제약 패턴 빈발도를 이용하여 최적 패턴을 탐색하기 위한 정의는 다음과 같다.

### 정의1. 패턴 빈발도를 이용한 패턴 탐사 정의

이동 객체 데이터베이스 MD, 사용자가 지정한 특정지점들 S와 F(공간제약), 시간기간 T1과 T2, 사용자가 지정한 최소 지지도 min\_sup, 공간 영역 간의 시간제약조건 max\_gap이 주어졌을 때, 최소지지도를 만족하는 S에서 F까지의 모든 빈발 이동 시퀀스를 추출하여 각 부분 시퀀스들 중 지지도가 가장 높은 부분 시퀀스들의 집합을 탐색하는 것이다. 단, 부분 시퀀스는 S에서 F까지를 도달하는 하나의 시퀀스에 포함되어야 한다.

## 3.2 최적 경로 서비스를 위한 패턴 탐사 과정

### 3.2.1 공간 영역으로의 위치 일반화

이동 객체의 위치 일반화는 시간에 따라 지속적으로 변하는 이동 객체의 위치 좌표와 공간 영역 간의 관계에 대한 분석을 통해 Contains 공간 연산을 적용하여 객체의 x, y 좌표점이 특정 영역에 포함되어 있는지를 검사하여 일정한 범위값을 가지는 공간 영역으로 변환한다. [그림 1]의 Contains 공간 연산은 시공간 질의 분석을 통해 결정된 공간 계층 레벨 수준(M)과 이동 객체의 위치 좌표점(MP), 객체의 이전 위치 영역(PrevA)에 대한 정보들을 입력받아 최상위 레벨 수준의 전체 공간 영역을 입력된 하위 레벨 수준까지 최소 영역 사각형인 MBR(MBR : Minimum Bounding Rectangle)로 분할한다. 이 때, 최상위 레벨 수준에서 하위 레벨 수준까지 MBR로 분할하는 이유는 시공간 질의 수준에 맞게 공간 개념 계층의 레벨 수준으로 이동 시퀀스를 생성하기 위함이다. Contains 연산은 공간 개념 계층의 레벨 수준을 기준으로 질의 분석을 통해 결정된 레벨 수준까지 전체의 공간 영역을 레벨 수준별 영역 MBR로 분할하고 MP가 어느 레벨 수준의 영역 MBR에 포함되는지를 검사하여 해당 MBR들을 추출한다. 또한, 추출된 MBR을 이용하여 다시 MP가 포함되는 실제 영역을 추출함으로써 이동 객체의 위치값을 영역 범위로 일반화한다. ContainedMBR 함수는 각 영역 MBR에 MP가 포함되었는지를 검사하는 공간 연산 함수이고, ContainedArea 연산은 ContainedMBR 함수를 통해 추출된 레벨 수준별 영역 MBR들의 실제 영역에 대해서 MP가 영역의 경계에 위치하는지 또는 영역 내에 포함되는지를 검사하는 공간 연산 함수이다. 이 때, ContainedArea 함수의 결과로 반환되

는 좌표점을 포함한 영역은 이동 시퀀스를 생성하기 위해 일반화된 영역이다. [표 1]은 객체의 위치 좌표를 객체 식별자를 주기로, 트랜잭션 시간을 보조키로 정렬하고, Contains 연산을 통해 각 위치 속성을 일반화한 예이다.

```

Number of Spatial Concept Level : N
Set of Spatial Concept Level : Level={L1,L2,...,LN}
Number of Area MBR in Level L : M
Set of Area MBR in Level Li : Li={MBR1,MBR2,...,MBRm}, 1 ≤ i ≤ N
Bounding Point Set of Area MBR :
    MBRi=(BP1,...,BP2,...,BP3,...,BP4,...)

String Contains (MP, PreVA, N)
Begin
    Li={MBR1,MBR2,...,MBRm};
    ContMBR=∅; // Set of MBRs Contained MP
    For (i=1 to N)
        If (ContMBR ≠ ∅) Then
            For (j=1 to ContMBR.Count) Then
                Li=ContMBR;
                Low_CA=ContainedMBR(MP,Li);
            End For
            ContMBR=Low_ContMBR;
        Else
            ContMBR=ContainedMBR(MP,Li);
        End If
    End For
    Return ContainedAre(ContMBR, MP, PreVA);
End
    
```

[그림 1] Contains 공간 연산 알고리즘

3.2.2 이동 시퀀스 추출

이동 객체의 위치 속성이 Contains 연산을 통해 공간영역으로 일반화되면 이동 객체의 이동 변화를 시간에 따라 순차적으로 나열하여 이동 시퀀스를 생성할 수 있다. 이동 시퀀스의 생성은 시간 순차의 지속기간(duration) 및 특정 공간 범위로 제한된 영역의 순차리스트로 표현할 수 있으나, 이러한 영역의 순차리스트는 사건(영역 변화) 사이의 시간 간격이 고려되지 않아 패턴 마이닝을 위한 트랜잭션인 이동 시퀀스로 사용하기에는 문제가 있다. 일반적으로 패턴 탐사의 대상이 되는 하나의 시퀀스는 패턴에 있는 사건들 사이의 시간 간격(interval)을 만족해야만 하나의 트랜잭션, 즉 시퀀스로 생성될 수 있다. 따라서 시퀀스를 구성하는 영역 간에 최대 시간 간격에 대한 제약조건을 두어 이를 만족해야만 의미있는 이동 시퀀스로 생성될 수 있도록 해야 한다. 시간제약조건은 시퀀스 내에 연속적인 이동으로 영역이 포함되기 위해 인접한 이동이 발생한 시간  $t_j - t_{j-1}$  을 의미한다. 최대 시간간격은  $max\_gap$ 으로  $t_j - t_{j-1} \leq max\_gap$ 이고,  $2 \leq j \leq k$ 이다. 즉, 이동 객체의 공간 속성에 대한 샘플링 시간을 검사하여 특정 영역에 머문 시간이 최대 시간 간격  $max\_gap$ 을 초과하면 초과 이전까지의 영역 순차리스트에 대한 이동 시퀀스와 초과 이후의 이동 시퀀스로 분리한다. 또한, 이동 객체가 특정 영역에 머무르다가 다시 이동하는 경우 특정 영역에 도달한 공간 속성으로 위치를 축약한다. 예를 들면, [표 1]에서 이동 객체 9는 영역 B에 2005년 11월 22일 18시 48분에 도달하였다가 다시 2005년 11월 24일 10시 50분에 E를 향해 이동하게 되는데 이 두 공간 속성값을 최초 영역 B에 도달한 값으로 축약한다. 즉, 이동 객체 9의 이동 경로는 영역 간을 이동한 시간 간격을 고려하지 않았을 경우 S→A→D→B→E→F로 표현될 수 있다. 만약 영역 간의 이동 시간 간격(max\_gap)이 최대 1일이라면 영역 B에서 멈추었다가 다시 E를 향해 출발하는데 걸린 시간이 1일 이상이기 때문에 이동 경로 S→A→D→B→E→F는 <S A D B>와 <E F>, 두 개의 시퀀스로 분리되어야 한다. 마찬가지로 이동 객체 10의 이동 경로는 각각 S→G→H→D→E→F로 표현되나 <S

G H D>, <E F>로 분리된다. [표 2]는 [표 1]의 일반화된 객체의 위치 속성으로부터 이동 시퀀스를 생성한 예이다.

[표 1] 정렬된 이동 객체 데이터베이스 및 위치 일반화 예

oid	ut	X	Y	Location	oid	ut	X	Y	Location
1	2005/11/20/13/10	21	73	S	6	2005/11/22/17/15	23	77	S
	2005/11/20/13/22	76	75	A		2005/11/22/17/28	72	77	A
	2005/11/20/13/35	113	98	B		2005/11/22/17/44	116	48	D
	2005/11/20/13/53	185	101	C		2005/11/22/17/50	182	43	E
	2005/11/20/14/20	234	80	F		2005/11/22/18/19	241	67	F
2	2005/11/21/12/45	23	73	S	7	2005/11/21/20/13	21	71	S
	2005/11/21/12/55	78	78	A		2005/11/21/20/25	73	71	A
	2005/11/21/13/13	117	51	D		2005/11/21/20/37	115	47	D
	2005/11/21/13/29	177	50	E		2005/11/21/20/53	177	48	E
	2005/11/21/13/51	180	100	C		2005/11/21/21/28	233	71	F
3	2005/11/21/14/12	236	70	F	8	2005/11/23/14/15	76	79	A
	2005/11/26/09/18	117	48	D		2005/11/23/14/30	118	45	D
	2005/11/26/09/30	173	50	E		2005/11/23/14/36	174	45	E
	2005/11/26/09/51	119	99	B		2005/11/23/15/00	239	69	F
	2005/11/26/10/12	179	100	C		2005/11/22/18/03	27	74	S
4	2005/11/19/08/04	24	69	S	9	2005/11/22/18/18	73	78	A
	2005/11/19/08/19	79	76	A		2005/11/22/18/37	118	47	D
	2005/11/19/08/32	118	103	B		2005/11/22/18/48	121	99	B
	2005/11/19/08/55	176	55	E		2005/11/24/10/50	121	99	B
	2005/11/19/09/17	232	70	F		2005/11/24/10/12	174	49	E
5	2005/11/21/09/30	21	78	S	10	2005/11/24/10/28	238	75	F
	2005/11/21/09/38	77	75	A		2005/11/25/18/24	22	71	S
	2005/11/21/09/45	122	95	B		2005/11/25/18/56	63	14	G
	2005/11/21/09/56	119	45	D		2005/11/25/19/18	135	23	H
	2005/11/21/10/04	133	19	H		2005/11/25/19/26	122	44	D
2005/11/21/10/31	203	23	I	2005/11/30/10/05	122	44	D		
2005/11/21/11/01	236	71	F	2005/11/30/10/16	173	51	E		
					2005/11/30/10/48	241	68	F	

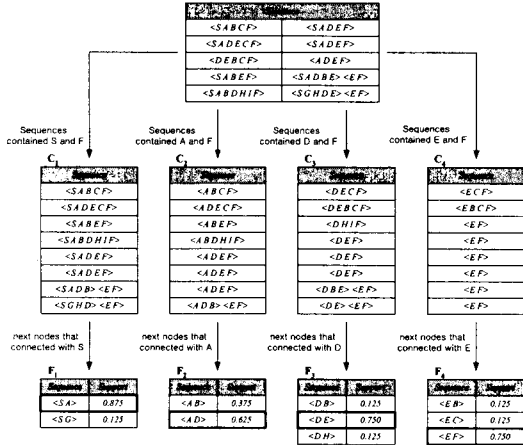
[표 2] 이동 시퀀스 (트랜잭션 데이터)

OID	Moving Sequence	OID	Moving Sequence
1	<S A B C F>	6	<S A D E F>
2	<S A D E C F>	7	<S A D E F>
3	<D E B C F>	8	<A D E F>
4	<S A B E F>	9	<S A D B>, <E F>
5	<S A B D H I F>	10	<S G H D>, <E F>

3.2.3 빈발 이동 패턴 마이닝

이 단계는 전체 이동 시퀀스로부터 최대 지지도를 가지는 가장 빈발한 이동 패턴을 마이닝하기 위한 단계이다. 기존의 연구들은 패턴 마이닝을 위해서 k번째 시퀀스 집합이 k+1번째 시퀀스 집합을 발견하기 위해 항목 차수 레벨 단위의 반복 접근법을 사용하는 Apriori 연관 규칙 알고리즘을 변형하여 사용하였다. Apriori 알고리즘은 각 레벨에서 항목 차수가 하나씩 증가하는 항목 차수에 대한 레벨 단위의 반복 접근법을 사용하지만 제안된 방식은 특정 항목 포함 기준에 따른 반복 접근법을 사용한다. 즉, 전체 시퀀스 집합에서 두 개의 특정 항목(시작점, 종료점)을 포함하는 시퀀스들을 탐색한 후 시작점과 연결된 모든 새로운 위치점만을 항목으로 가지는 2-시퀀스 집합을 생성하여 지지도를 계산한 후 최대 지지도를 가지는 2-시퀀스를 추출한다. 이 때, 추출된 2-시퀀스에 포함되는 항목들 중 시작점은 제외하고 새로 결정된 위치점은 다음 레벨에서의 부분 시퀀스 집합을 생성하기 위해 이용된다. 다음 레벨에서는 추출된 2-시퀀스에서 시작점이 아닌 새로운 결정 위치점과 종료점을 포함하는 부분 시퀀스 집합을 생성하게 된다. 따라서, 제안된 방식의 레벨 단위의 반복 접근법에서는 시퀀스의 차수가 점차 줄어든다. 이후의 과정은 최초로 시작점과 종료점을 모두 포함하는 부분 이동 시퀀스 집합을 추출했던 것과 같이 결정 위치점과 종료점을 모두 포함하는 부분 이동 시퀀스 집합을 추출하고 결정 위치점과 직접 연결된 임의의 위치점들까지의 2-시퀀스 집합에 대한 지지도를 계산하여 최대 지지도를 가진 빈발 2-시퀀스를 추출한다. 이러한 과정은 결정 위치점과 종료점이 직접 연결되는 이동 시퀀스가 추출될 때까지 반복적으로 계속 수행된다. 각 과정에서 계속 생성되는 빈발 2-시퀀스들은 최대 빈발 시퀀스가 된다. 다음 [그림 2]는

[표 2]의 이동 시퀀스들로부터 최대 빈발 시퀀스를 추출하는 예이다. [그림 3]의 Freq\_MP 알고리즘은 이동 객체 데이터베이스로부터 Conations 연산을 통해 이동 객체의 위치 속성을 공간 영역으로 일반화하고, 일반화된 영역 정보를 기반으로 이동 시퀀스를 생성한 후 [그림 4]의 Freq\_Link 함수를 통해 최대 빈발 시퀀스를 추출하여 최적 경로를 결정한다.



[그림 2] 후보 시퀀스 생성을 통한 최대 빈발 시퀀스 추출

// MODB sorted by OID and VT  
 // D: Moving Object Database is produced by Temporal Limit Condition  
 // N: Spatial Concept Level

```

Procedure Freq_MP (D, N)
Begin
    PrevA=null;
    OptPath=null;

    For each moving_point MP <math>C \subset D</math>
        CP=middle point between S and F;
        R=distance from CP to S;
        d=distance from CP to MP;

        If (d<math>\leq R</math>) Then
            PrevA=contains(MP, PrevA, N);
            Darea add PrevA;
        End If
    End For

    Dsequence=produce Moving Sequence Database(Darea);

    nextN=S;
    While (nextN&ltmath>\neq F</math>) {
        OptPath add nextN;
        nextN=Freq_Link(nextN, F, Dsequence);
    }
    OptPath add F;
End
    
```

[그림 3] Freq\_MP 알고리즘

4. 결론 및 향후 연구과제

실세계에 존재하는 이동통신기나 PDA, 노트북, 차량용 통신 기기 등과 같은 이동 객체는 공간 상을 끊임없이 이동하며 새로운 위치 정보를 지속적으로 생성한다. 이러한 객체의 위치 이력 데이터를 기반으로 위치 기반 서비스를 제공하기 위해서는 의미있는 지식인 유용한 패턴을 탐색하기 위한 시간 패턴 탐사가 필요하다. 이에 본 논문에서는 이동 객체의 위치 데이터들에 대한 시공간적 속성을 고려하여 다양한 이동 패턴들 중 공간 제약을 가진 이동 패턴들을 추출할 수 있는 패턴 빈발도를 이용한 이동 패턴 탐사 기법을 제시하였다. 제안된 기법은 특정 지

점들 간을 이동한 객체의 위치 이력들 중 가장 빈번하게 이동한 경로를 탐색하여 최적 경로로 결정하는 빈발 패턴을 이용한 탐사 방법으로, 상세 수준의 위치 이력 데이터들을 Contains 연산을 통해 공간 영역으로 위치 일반화하여 시간 제약과 위치 축약을 통해 이동 시퀀스를 생성한 후 Freq\_Link와 Freq\_Link 알고리즘을 이용하여 최대 빈발 패턴을 추출하였다. 이러한 패턴 탐사 방법을 이용한 객체의 이동 추이 분석을 통해 위치 기반 서비스 이용자들의 특성이나 활용 분야에 맞는 다양한 형태의 서비스를 개발할 수 있다.

향후 연구과제로는 제안된 기법을 이용하여 최적 경로 서비스를 제공하는 시스템의 개발이 요구되며, 최적 이동 경로를 추출하는 방법을 통해 단위 시간동안 이동 객체가 순회해야 하는 지점들에 대한 스케줄링 경로 예측을 위한 마이닝 기법도 개발이 필요하다.

// S is the first value of N  
 // C<sub>i</sub> is Set of Links between the decided Node and optional Node

Input : currN(Current Node),F(Final Node),D(Moving Sequence Database)  
 Output : Node

Procedure Freq\_Lin (CurrN, F, D<sub>sequence</sub>)

```

Begin
    subD=Search Sequence that contained Node currN and Node F;

    For each moving_sequence S <math>\in subD</math>
        c=subset(currN,S); // Link from currN to nextN that connected // with currN
        If (c&ltmath>\in C_i</math>) Then
            S, add c;
        End If

        c.count++;
    End For

    Cmax_snp=find 2-sequence with maximum support from Ci;
    nextN=another Node that compose Cmax_snp not currN;

    Return nextN;
End
    
```

[그림 4] Freq\_Link 알고리즘

참고문헌

- [1] S. Saltenis, C. S. Jensen, S. Leueneegger, and M.Lopez, "Indexing the Positions of Continuously Moving Objects", Proc. of the ACM SIGMOD conf. 2000.
- [2] O. Wolfson, A. P. Sistla, B. Xu, J. Zhou, and S. Chamberlain. "DOMINO: Databases for MovIng Objects tracking". In Proc. ACM SIGMOD Symp. on the Management of Data, 1999.
- [3] R. Agrawal and R. Srikant, "Mining sequential patterns", In Proc. 11<sup>th</sup> International Conference on Data Engineering, 1995.
- [4] B. Ozden, S. Ramaswamy, and A. Silberschatz, "Cyclic association rules", Int'l Conference on Data Engineering, Orlando, 1998.
- [5] J. Han, G. Dong, and Y. Yin, "Efficient Mining of Partial Periodic Patterns in Time Series Database", Proceedings of the 11th International Conference on Data Engineering, 1999.
- [6] T. Abraham and J. F. Roddick, "Discovering Meta-rules in Mining Temporal and Spatio-temporal data", Proc. of the International Database Workshop, Data Mining, Data Warehousing and Client/Server Databases, (IDW'97), pp.30-41, 1997.
- [7] E. Tsoukatos and D. Gunopoulos, "Efficient Mining of Spatio-Temporal Patterns", Proc. of the 7th International Symposium on Spatial and Temporal Database(SSTD), pp.425-442, 2001.
- [8] J. D. Chung , O. H. Paek , J. W. Lee , K. H. Ryu, "Temporal Pattern Mining of Moving Objects for Location-Based Service", Proc. of the 13th International Conference on Database and Expert Systems Applications, p.331-340, September 02-06, 2002.
- [9] J. W. Lee, O. H. Paek, K. H. Ryu, "Temporal moving pattern mining for location-based service", The Journal of Systems and Software, Vol. 73. 2004.